

# پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله



## پروژه سازه های مقاوم فولادی در برابر زلزله

استاد راهنما : دکتر ناطقی الهی

دانشجو : مسعود حسن زاده

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| 2    | 1- معرفی پروژه  |
| 2    | 1-1 داده ها پروژه                                       |
| 2    | 2-1 موارد طراحی   |
| 4    | 2- بارگذاری سازه  |
| 4    | 1-2 بارهای مرده   |
| 4    | 1-1-2 بار مرده کف                                       |
| 4    | 2-1-2 بار مرده بام                                      |
| 5    | 3-1-2 بار تیغه های داخلی                                |
| 6    | 4-1-2 بار مرده استفاده شده در برنامه <i>Etabs</i>       |
| 6    | 5-1-2 بار دیوار های پیرامونی                            |
| 7    | 6-1-2 بار مرده راه پله                                  |
| 9    | 7-1-2 بار مرده چیلر                                     |
| 9    | 2-2 بار زنده  |
| 9    | 2-2-1 بار زنده طبقات                                    |
| 9    | 2-2-2 بار زنده راه پله                                  |
| 9    | 3-2 بار آسانسور   |
| 10   | 4-2 بار باد   |
| 12   | 5-2 بار زلزله   |
| 12   | 1-5-2 روش استاتیکی معادل                                |
| 12   | 2-5-2 محاسبه وزن سازه                                   |
| 13   | 3-5-2 تعیین ضریب زلزله                                  |
| 13   | 2-5-4 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع                       |
| 14   | 5-5-2 لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی                  |
| 14   | 6-5-2 تحلیل دینامیکی خطی طیفی                           |
| 18   | 7-5-2 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات                       |
| 19   | 2-6 محاسبه لنگر واژگونی                                 |
| 21   | 7-2 اثر $P - \Delta$                                    |
| 23   | 3- طراحی تیر مرکب                                       |
| 46   | 4- طراحی تیر ستون                                       |
| 69   | 1-4 کنترل روابط آیین نامه 2800 در طراحی ستونها          |
| 72   | 5- طراحی تیر ورق  |
| 92   | 6- کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر بر اساس آیین نامه 2800 |
| 112  | 7- طراحی صفحه ستون                                      |
| 124  | 8- طراحی وصله ستون                                      |
| 144  | 9- طراحی تیر راه پله                                    |
| 145  | 10- طراحی اتصالات چیلر                                  |
| 146  | 11- کنترل دیافراگم                                      |
| 147  | 12- تحلیل و طراحی پی                                    |



## 1- معرفی پروژه

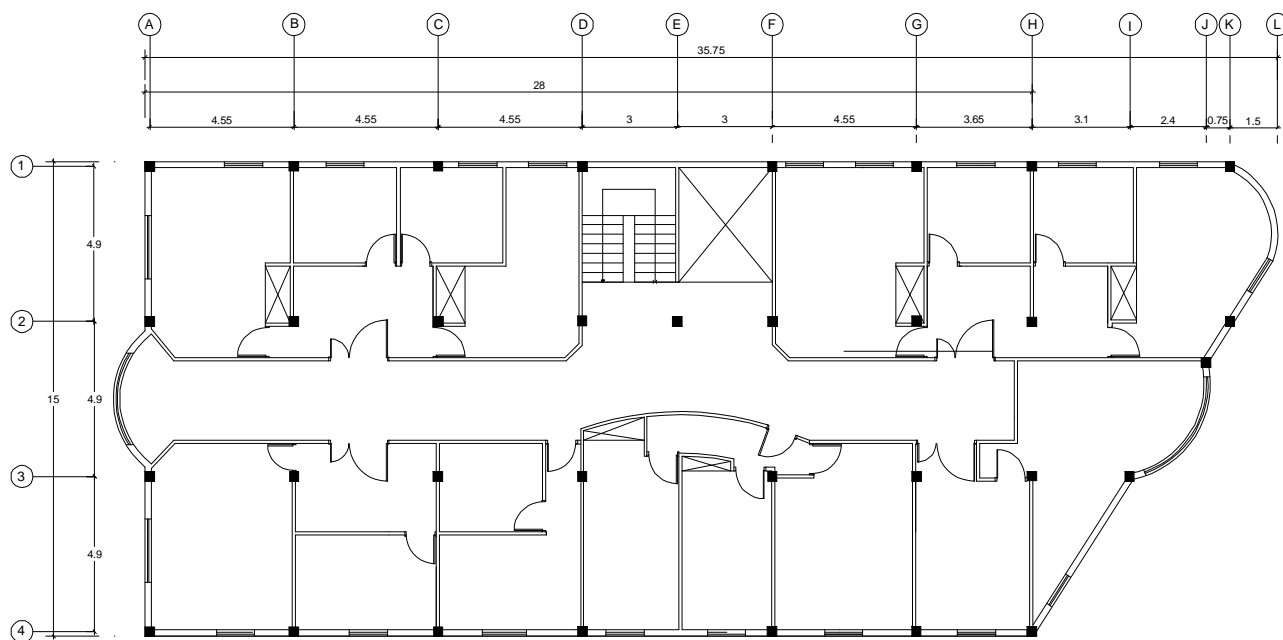
### 1-1 داده ها پروژه

- 1- نقشه های معماری یک ساختمان 15 طبقه بتنی
- 2- دو طبقه اول ساختمان به پارکینگ و زیر زمین اختصاص داده خواهد شد .
- 3- از آیین نامه ها و استانداردهای زیر استفاده کنید .
  - AISC - 1978
  - ACI - 318 - 83
  - آیین نامه حداقل بارهای وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی (استاندارد 519)
  - آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد 2800)
- 4- ظرفیت باربری خاک  $q_u = 2 \text{ kg/cm}^2$  است
- 5- برای میلگردهای A-I تنش تسلیم برابر  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$  است
- 6- برای میلگردهای A-II تنش تسلیم برابر  $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$  است
- 7- عمق یخبندان را  $80 \text{ cm}$  در نظر بگیرید
- 8- فولاد مصرفی را از نوع ST-37 و با تنش تسلیم  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$  در نظر بگیرید .
- 9- مقاومت فشاری بتن  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  است .

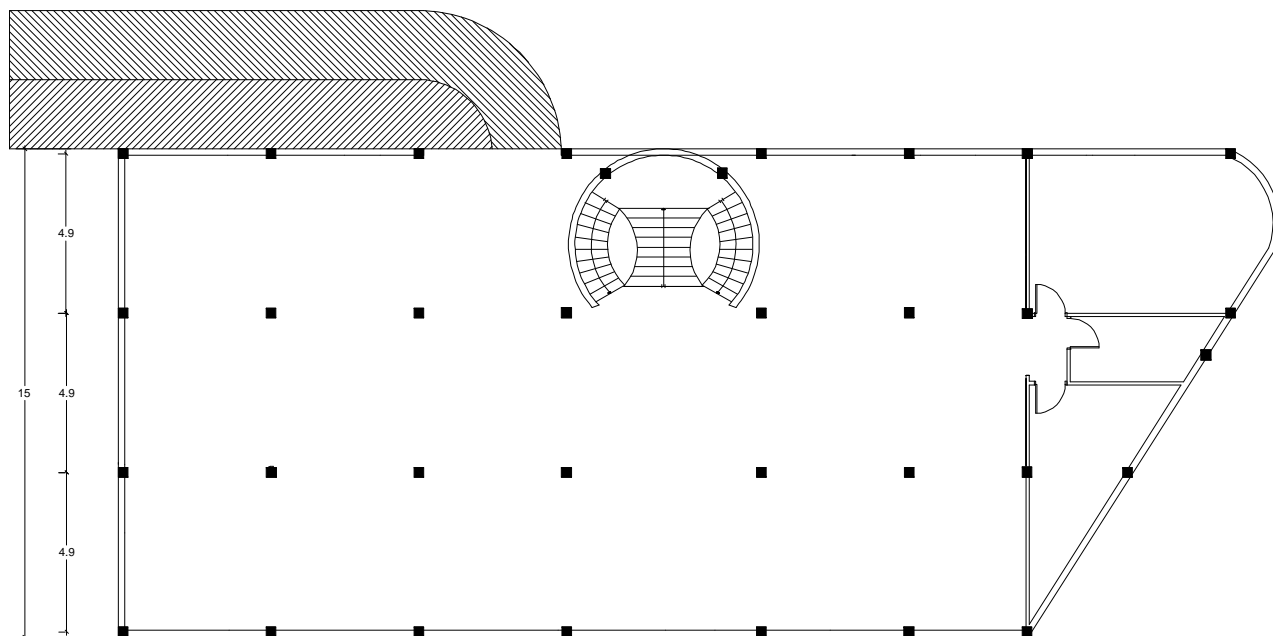
### 2-1 موارد طراحی

- الف) قاب خمشی (MRF)
- ب) مهاربند در یک طرف و قاب خمشی در طرف دیگر (CBF)
- ج) مهاربندهای واگرا در دو جهت (EBF)
- د) مقایسه وزنی حالت های الف ، ب و ج

- 1- محاسبات کامل ساختمان
  - 2- نقشه پی و جزئیات استفاده شده
  - 3- نقشه تیرها و جزئیات استفاده شده
  - 4- نقشه راه پله و جزئیات استفاده شده
  - 5- نقشه اتصالات و جزئیات استفاده شده
- یک چیلر به وزن  $12 \text{ ton}$  در بام قرار دارد .



شکل 1-1 پلان طبقات ساختمان



شکل 2-1 پلان طبقه زیر زمین

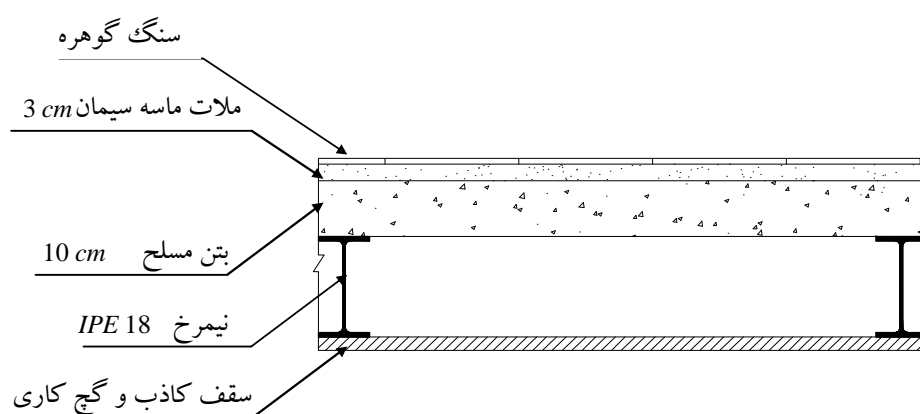
## 2- بارگذاری سازه

در مبحث بارگذاری، بارها به دو دسته بارهای ثقلی و بارهای جانبی تقسیم می شوند. بار ثقلی شامل بارهای مرده، زنده و بار برف می شود و از بارهای جانبی می توان به بارهای باد و زلزله اشاره کرد.

### 2-1 بارهای مرده

بار مرده شامل اجزای دائمی ساختمان مانند تیرها، ستونها، کف ها، بامها، راه پله ها و تیغه ها می شود. همچنین تاسیسات و تجهیزات نیز در ردیف این بارها محسوب می شوند.

### 2-1-1 بار مرده کف

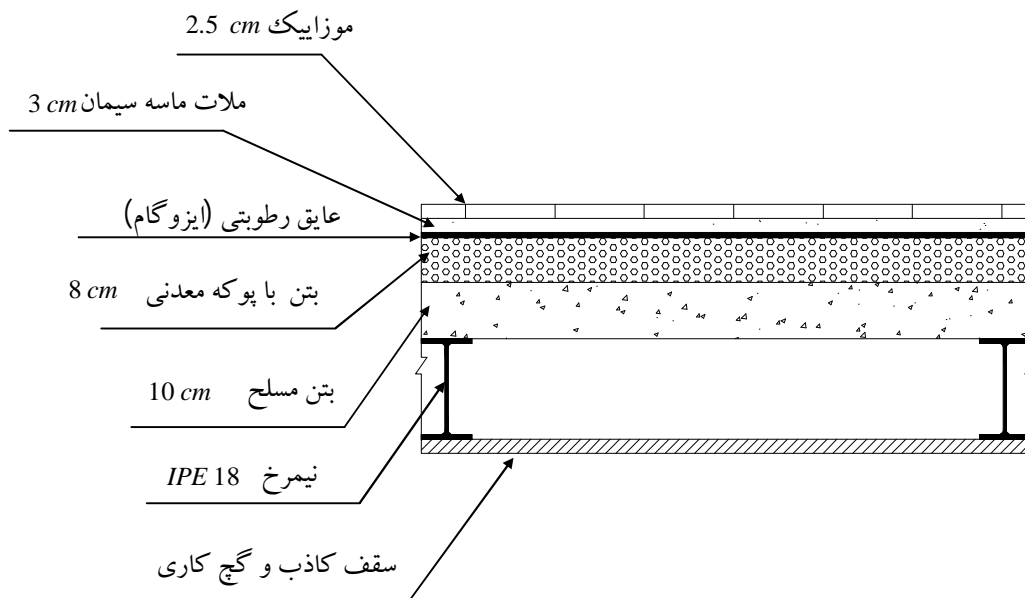


شکل 2-1: جزئیات اجرای کف

### جدول 2-1 محاسبه بار مرده کف

| مصلح               | وزن واحد حجم ( $kg/m^3$ ) | ضخامت (cm) | وزن واحد سطح ( $kg/m^2$ ) |
|--------------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| سنگ گوهره          | 2700                      | 2          | 54                        |
| ملات ماسه سیمان    | 2100                      | 3          | 63                        |
| بتن مسلح           | 2500                      | 10         | 250                       |
| سقف کاذب و گچ کاری | -                         | -          | 60                        |
| مجموع              |                           | 425        |                           |

### 2-1-2 بار مرده بام

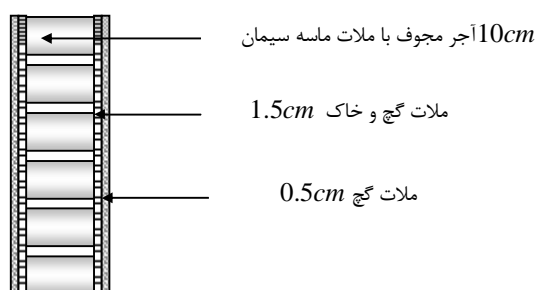


شکل 2-2: جزئیات اجرای بام

جدول 2-2 محاسبه بار مرده بام

| مصارف                 | وزن واحد حجم ( $kg / m^3$ ) | ضخامت (cm) | وزن واحد سطح ( $kg / m^2$ ) |
|-----------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| موزائیک               | 2200                        | 2/5        | 55                          |
| ملات ماسه سیمان       | 2100                        | 3          | 63                          |
| عایق رطوبتی (ایزوگام) | -                           | -          | 15                          |
| بتن با پوکه معدنی     | 1300                        | 8          | 104                         |
| بتن مسلح              | 2500                        | 10         | 250                         |
| سقف کاذب و گچ کاری    | -                           | -          | 60                          |
| مجموع                 |                             | 550        |                             |

3-1-2 بار تیغه های داخلی



شکل 3-2: جزئیات اجرای تیغه ها



### جدول 2-3 محاسبه بار تیغه های داخلی

| مصلح                        | وزن واحد حجم ( $kg / m^3$ ) | ضخامت ( $cm$ ) | وزن واحد سطح ( $kg / m^2$ ) |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| آجر مجوف با ملات ماسه سیمان | 850                         | 10             | 85                          |
| ملات گچ و خاک               | 1600                        | 3              | 48                          |
| ملات گچ                     | 1300                        | 1              | 13                          |
| مجموع                       |                             | 146            |                             |

طبق بند 2-2-2 آیین نامه 519 در صورتیکه وزن واحد سطح تیغه ها از  $275 kg / m^2$  کمتر باشد می توان بصورت بار معادل که بطور یکنواخت بر کف ها گسترده می شود در نظر گرفت بنابراین داریم :

طول کل تیغه ها :  $145 m$

ارتفاع تیغه ها :  $2.9 m$

مساحت طبقه :  $490 m$

$$\frac{145 \times 2.9 \times 146}{490} = 125 kg / m^2$$

بار گسترده معادل تیغه های داخلی :  $125 kg / m^2$

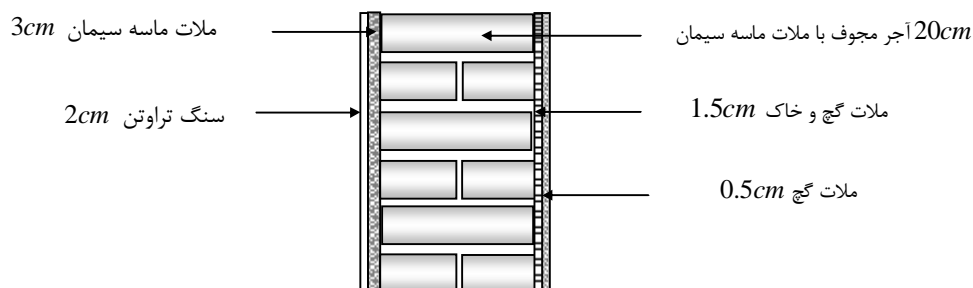
### 2-1-4 بار مرده استفاده شده در برنامه Etabs

بدلیل اینکه سقف کامپوزیت را می توان در برنامه Etabs مدل نمود و وزن عناصر سازه ای سقف از جمله دال بتنی و تیر های فرعی توسط خود برنامه محاسبه می شود پس در اینجا این مقدار بار را از بار مرده طبقات و بام کم می نمایم . همچنین بار مرده گسترده ناشی از بار تیغه ها را به بار طبقات اضافه می کنیم .

$$425 - 250 + 125 = 300 kg / m^2 \quad \text{بار مرده طبقات در برنامه Etabs}$$

$$550 - 250 = 300 kg / m^2 \quad \text{بار مرده بام در برنامه Etabs}$$

### 2-1-5 بار دیوار های پیرامونی



شکل 2-4 : جزئیات اجرایی دیوار های پیرامونی



جدول 4-2: محاسبه بار دیوارهای پیرامونی در واحد سطح

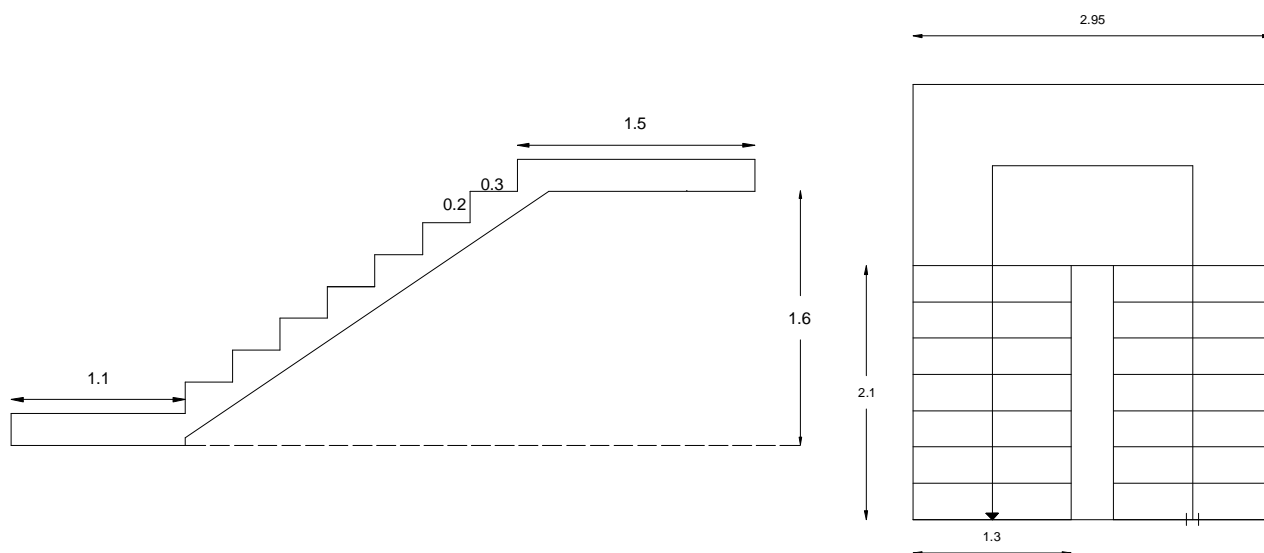
| مصلح                        | وزن واحد حجم ( $kg / m^3$ ) | ضخامت ( $cm$ ) | وزن واحد سطح ( $kg / m^2$ ) |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| آجر مجوف با ملات ماسه سیمان | 850                         | 20             | 170                         |
| ملات گچ و خاک               | 1600                        | 1/5            | 24                          |
| ملات گچ                     | 1300                        | 0/5            | 6/5                         |
| سنگ تراورتن                 | 2500                        | 2              | 50                          |
| ملات ماسه سیمان             | 2100                        | 3              | 63                          |
| مجموع                       | 315                         |                |                             |

با در نظر گرفتن 40% باز شو در دیوارهای پیرامونی مقدار بار بصورت زیر محاسبه می شود .

جدول 5-2: محاسبه بار گسترده دیوارهای پیرامونی در واحد طول

| ارتفاع ( $m$ ) | در صد باز شو | وزن واحد سطح ( $kg / m^2$ ) | بار گسترده در واحد طول ( $kg / m$ ) |
|----------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 2/9            | 40           | 315                         | 550                                 |
| 0/8            | 0            | 315                         | 250                                 |

6-1-2 بار مرده راه پله

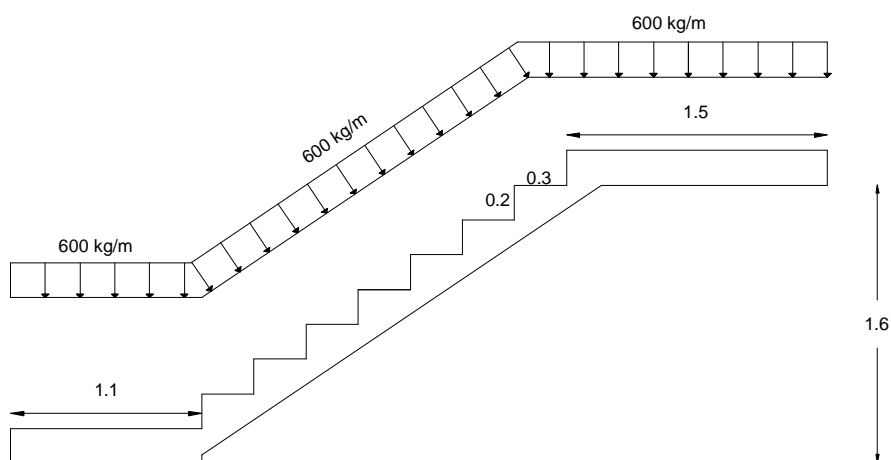


شکل 5-2: نمای و پلان راه پله



جدول 6-2: محاسبه بار مرده راه پله

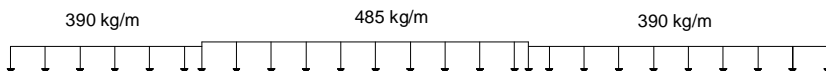
| مصلح            | وزن واحد حجم ( $kg/m^3$ ) | ضخامت (cm) | وزن واحد سطح ( $kg/m^2$ ) |
|-----------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| سنگ گوهره       | 2700                      | 3/5        | 94/5                      |
| ملات گچ و خاک   | 1600                      | 2          | 32                        |
| ملات گچ         | 1300                      | 0/5        | 6/5                       |
| 2IPE16          | -                         | -          | 31/6                      |
| ملات ماسه سیمان | 2100                      | 3          | 63                        |
| دال بتنی مسلح   | 2500                      | 15         | 375                       |
| مجموع           |                           | 600        |                           |



بار مرده در یک متر عرض راه پله



بار مرده در هر یک از تیرهای راه پله



بار مرده متمرکز بر روی تیرهای اصلی



شکل 6-2: بار گذاری راه پله



## 2-1-7 بار مرده چیلر

بار مرده چیلر که 15 ton می باشد را بصورت گسترده بر پانل  $\frac{D-F}{3-2}$  در بام پخش می کنیم .

$$\frac{15000}{6 \times 4.9} = 510 \text{ kg} / \text{m}^2$$

## 2-2 بار زنده

بار زنده عبارتست از بارهای غیر دائمی که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شود .

### 2-2-1 بار زنده طبقات

بر طبق جدول شماره (3-1) آئین نامه 519 بار زنده بصورت زیر در نظر گرفته می شود .

بار اتاقها :  $200 \text{ kg} / \text{m}^2$

بار راهروهای اصلی ساختمان :  $350 \text{ kg} / \text{m}^2$

بار پارکینگها :  $500 \text{ kg} / \text{m}^2$

بدلیل مشترک بودن پانلهای سقف اتاقها و راهروهای اصلی ساختمان بار زنده آنها بصورت ترکیبی از بارهای زنده هر کدام در نظر می

گیریم . پانل های مشترک  $\frac{A-B}{3-2}$  و  $\frac{B-C}{3-2}$  و  $\frac{C-D}{3-2}$  و  $\frac{D-E}{3-2}$  و  $\frac{E-F}{3-2}$  و  $\frac{F-G}{3-2}$  و  $\frac{G-H}{3-2}$  می باشد و 35% بار ناشی از بار اتاقها و 65% بار ناشی از بار راهروها می باشد . بنابراین داریم .

$$0.35 \times 200 + 0.65 \times 350 \approx 300 \text{ kg} / \text{m}^2$$

### 2-2-2 بار زنده راه پله

بار زنده راه پله :  $350 \text{ kg} / \text{m}^2$

$$\frac{350 \times 1.3 \times 4.7}{2 \times 2} = 535 \text{ kg} \quad \text{بار زنده متمرکز راه پله بر روی تیرهای اصلی}$$

## 2-3 بار آسانسور

بر طبق بند 3-5-3 آئین نامه 519 وزن اتاقک ، ماشین آلات ، وزنه تعادل و بار ناشی از وزن مسافران باید در ضریب 2 ضرب شوند . با فرض اینکه وزن اتاقک ، ماشین آلات ، وزنه تعادل و بار ناشی از وزن مسافران  $2/5$  تن باشد باری برابر 5 تن برای آسانسور در نظر می گیریم . این بار در در نیم طبقه واقع در خرپشته وارد می گردد .

$$\frac{5000}{1.3 \times 4.7} = 820 \text{ kg}$$



## 4-2 بار باد

سرعت مبنای باد، سرعت متوسط ساعته باد در ارتفاع 10 متری از سطح زمین در منطقه ای مسطح و بدون مانع است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال کمتر 2% (دوره بازگشت 50 ساله) است.

فشار مبنای باد، فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مبنای باد بر سطحی عمود بر جهت وزش باد وارد می کند. مقدار این با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$q = 0.005 V^2$$

برای سرعت مبنای باد در تهران با استفاده از جدول (1-6) آئین نامه 519 داریم:

$$V = 100$$

$$q = 0.005 \times 100^2 = 50 \text{ kg} / \text{m}^2$$

فشار باد بر روی سطوح ساختمان، در هر ارتفاعی از آن، از رابطه زیر استفاده می شود:

$$P = C_e \cdot C_q \cdot q$$

$C_e$ : ضریب اثر تغییر سرعت که از رابطه زیر بدست می آید.

$$C_e = 1.6 \left( \frac{Z}{10} \right)^{0.24}$$

که  $Z$  ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان بری محاسبه فشار باد است.

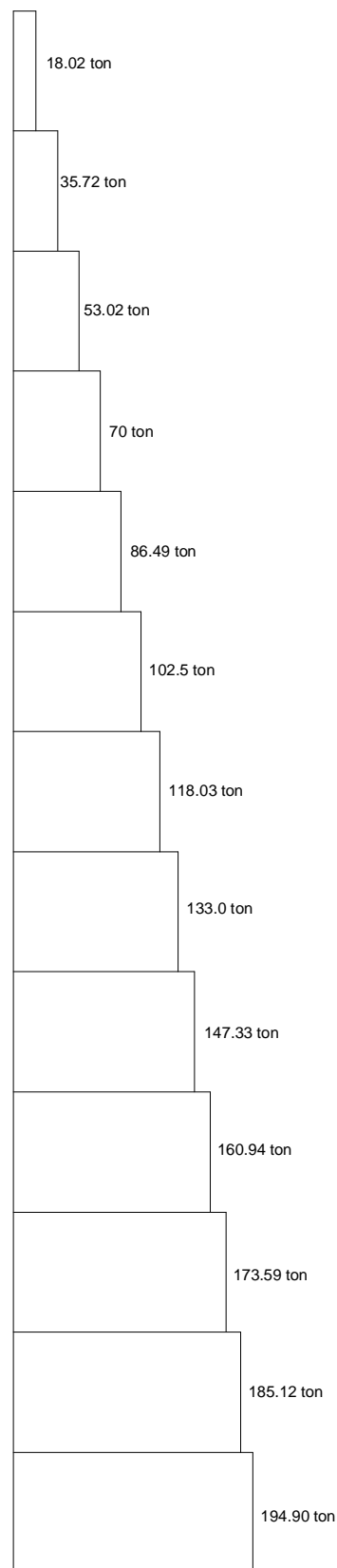
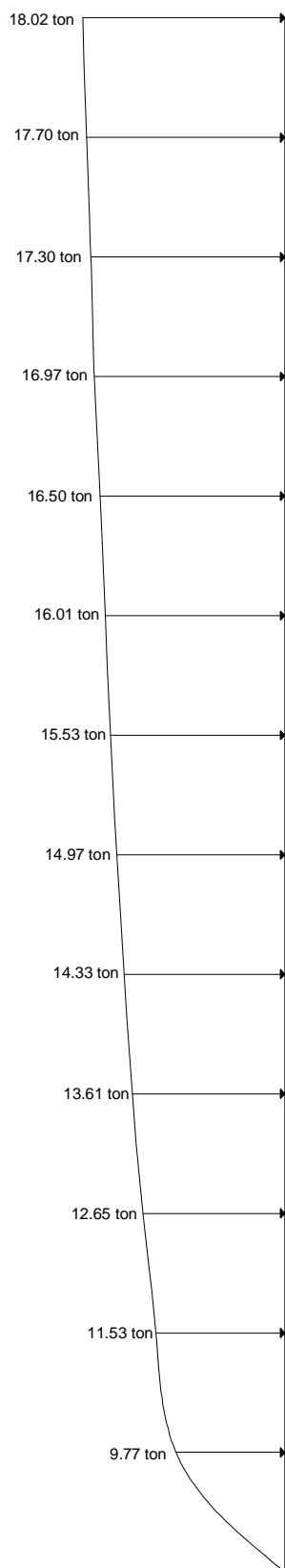
$$C_q = 1.4$$

$$P = 1.4 \times 1.6 \times 50 = 112$$

$$F = P \times A = 85.4 \times 35.75 \times 3.2 = 9769 \text{ kg}$$

جدول 7-2: محاسبه بار باد

| ارتفاع (m) | ضریب اثر تغییر سرعت $C_e$ | ضریب تغییر شکل $C_q$ | $q$ | فشار باد $P (\text{kg} / \text{m}^2)$ | نیروی باد $F (\text{kg})$ |
|------------|---------------------------|----------------------|-----|---------------------------------------|---------------------------|
| 0-3/2      | 1/22                      | 1/4                  | 50  | 85/4                                  | 9769                      |
| 3/2-6/4    | 1/44                      | 1/4                  | 50  | 100/8                                 | 11531                     |
| 6/4-9/6    | 1/58                      | 1/4                  | 50  | 110/6                                 | 12652                     |
| 9/6-12/8   | 1/70                      | 1/4                  | 50  | 119                                   | 13613                     |
| 12/8-16    | 1/79                      | 1/4                  | 50  | 125/3                                 | 14334                     |
| 16-19/2    | 1/87                      | 1/4                  | 50  | 130/9                                 | 14974                     |
| 19/2-22/4  | 1/94                      | 1/4                  | 50  | 135/8                                 | 15535                     |
| 22/4-25/6  | 2                         | 1/4                  | 50  | 140                                   | 16016                     |
| 25/6-28/8  | 2/06                      | 1/4                  | 50  | 144/2                                 | 16496                     |
| 28/8-32    | 2/12                      | 1/4                  | 50  | 148/4                                 | 16976                     |
| 32-35/2    | 2/16                      | 1/4                  | 50  | 151/2                                 | 17297                     |
| 35/2-38/4  | 2/21                      | 1/4                  | 50  | 154/7                                 | 17697                     |
| 38/4-41/6  | 2/25                      | 1/4                  | 50  | 157/5                                 | 18018                     |
| مجموع      |                           |                      |     |                                       | 194908 kg                 |



شکل 7-2: بار جانبی و نیروی برشی ناشی از بار باد

## 2-5 بار زلزله

نیروهای ناشی از زلزله به عامل های زیادی از جمله بزرگی و سایر مشخصات زلزله ، فاصله از مرکز زلزله ، شرایط زمین ساختی منطقه ، نوع سیستم مقاوم در برابر زلزله و ... بستگی دارد . در آئین نامه 2800 دو روش برای تعیین بار زلزله وجود دارد؛ روش تحلیل استاتیکی معادل و روش تحلیل دینامیکی (طیفی و تاریخچه زمانی) . در این پروژه از روش دینامیکی طیفی استفاده خواهد شد . طبق بند 2-5-3 آئین نامه 2800 در مواردی که برش پایه بدست آمده برای کل سازه از روش تحلیل طیفی با برش پایه استاتیکی معادل متفاوت باشد باید مقادیر بازتاب ها را اصلاح نمود بنابراین ابتدا با استفاده از روش استاتیکی معادل برش پایه را بدست می آوریم .

### 2-5-1 روش استاتیکی معادل

در روش تحلیل استاتیکی معادل اثرات زلزله بر یک ساختمان با تخمین نیروی برشی پایه ساختمان در اثر زلزله برآورد می شود  
 $V = C.W$   
 که  $V$  نیروی برشی پایه ،  $C$  ضریب زلزله ،  $W$  بار قائم موثر است . و در نهایت لازم است نیروی برشی پایه به طور مناسب بین طبقات تقسیم شود .

### 2-5-2 محاسبه وزن سازه

وزن ساختمان شامل بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه 20% بار زنده می باشد . وزن ساختمان به تفکیک طبقه ها تعیین و در نهایت وزن کل آن محاسبه می شود . برای محاسبه وزن ساختمان از برنامه *Etabs* استفاده شده است . برنامه بر اساس بارگذاری انجام گرفته بر روی سازه و وزن اعضای سازه ای این وزن را محاسبه می کند . بدیهی است وزن اعضای سازه ای بعد از انجام طراحی تغییر خواهد نمود .

جدول 2-8: وزن موثر طبقات

| وزن (ton) | طبقه             |
|-----------|------------------|
| 412       | طبقه 15 + خرپشته |
| 363       | طبقه 14          |
| 363       | طبقه 13          |
| 363       | طبقه 12          |
| 363       | طبقه 11          |
| 381       | طبقه 10          |
| 381       | طبقه 9           |
| 384       | طبقه 8           |
| 384       | طبقه 7           |
| 384       | طبقه 6           |
| 410       | طبقه 5           |
| 410       | طبقه 4           |
| 410       | طبقه 3           |
| 415       | طبقه 2           |
| 415       | طبقه 1           |
| 5839      | مجموع            |



## 2-5-3 تعیین ضریب زلزله

ضریب زلزله از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$C = \frac{ABI}{R}$$

که در آن  $A$  شتاب مبنای طرح ،  $B$  ضریب بازتاب ساختمان ،  $I$  ضریب اهمیت ساختمان و  $R$  ضریب رفتار ساختمان می باشد .

که ضریب بازتاب  $B$  از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 2.5$$

که در این رابطه  $T$  زمان تناوب اصلی ساختمان بر حسب ثانیه ،  $T_0$  بر حسب نوع زمین تعیین می گردد .

زمان تناوب تجربی ساختمان برای ساختمانهای فولادی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$T = 0.08 H^{\frac{3}{4}}$$

$$A = 0.35 \text{ (شهر تهران)}$$

$$I = 1 \text{ (ضریب اهمیت)}$$

$$T_0 = 0.5 \text{ (خاک نوع 2)}$$

$$R = 10 \text{ (قاب خمشی فولادی ویژه)}$$

$$H = 47.6 \text{ m}$$

$$T = 0.08 H^{\frac{3}{4}} = 0.08 \times 47.6^{\frac{3}{4}} = 1.45 \text{ s}$$

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = 2.5 \left( \frac{0.5}{1.45} \right)^{\frac{2}{3}} = 1.23$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.35 \times 1.23 \times 1}{10} = 0.043$$

$$V = C.W = 0.043 \times 5839 = 251 \text{ ton}$$

## 2-5-4 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع

نیروی برشی پایه ( $V$ ) که در قسمت قبل محاسبه شد بصورت زیر در ارتفاع ساختمان و در تراز طبقات توزیع می شود .

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j} (V - F_t)$$

در رابطه فوق ،  $F_i$  نیروی جانبی زلزله در تراز  $i$  ،  $W_i$  وزن طبقه  $i$  ،  $h_i$  ارتفاع تراز  $i$  و  $F_t$  نیروی جانبی اضافی در تراز  $n$  است و از رابطه زیر محاسبه می شود .

$$F_t = 0.07 T.V \leq 0.25V$$

$$\left. \begin{aligned} F_t &= 0.07 T.V = 0.07 \times 1.45 \times 251 = 25.48 \\ 0.25V &= 0.25 \times 251 = 62.75 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_t = 25.48$$

$$V - F_t = 251 - 25.48 = 225.52 \text{ ton}$$

جدول 2-9: توزیع نیروی زلزله (روش استاتیکی معادل)

| طبقه    | وزن (ton) | ارتفاع (m) | $W_i h_i$ | $\frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$ | $V - F_i$ | $V_i$ |
|---------|-----------|------------|-----------|--|-----------|-------|
| طبقه 15 | 412       | 47/6       | 19611     | 0/135                                  | 225/52    | 56/03 |
| طبقه 14 | 363       | 44/4       | 16117     | 0/111                                  | 225/52    | 25/11 |
| طبقه 13 | 363       | 41/2       | 14955     | 0/103                                  | 225/52    | 23/30 |
| طبقه 12 | 363       | 38         | 13794     | 0/095                                  | 225/52    | 21/49 |
| طبقه 11 | 363       | 34/8       | 12632     | 0/085                                  | 225/52    | 19/68 |
| طبقه 10 | 381       | 31/6       | 12039     | 0/083                                  | 225/52    | 18/76 |
| طبقه 9  | 381       | 28/4       | 10820     | 0/075                                  | 225/52    | 16/86 |
| طبقه 8  | 384       | 25/2       | 9679      | 0/067                                  | 225/52    | 15/08 |
| طبقه 7  | 384       | 22         | 8448      | 0/058                                  | 225/52    | 13/16 |
| طبقه 6  | 384       | 18/8       | 7219      | 0/050                                  | 225/52    | 11/25 |
| طبقه 5  | 410       | 15/6       | 6396      | 0/044                                  | 225/52    | 9/96  |
| طبقه 4  | 410       | 12/4       | 5084      | 0/035                                  | 225/52    | 7/92  |
| طبقه 3  | 410       | 9/2        | 3772      | 0/026                                  | 225/52    | 5/88  |
| طبقه 2  | 415       | 6          | 2940      | 0/020                                  | 225/52    | 4/58  |
| طبقه 1  | 415       | 3          | 1245      | 0/009                                  | 225/52    | 1/94  |
| مجموع   | 5839      |            | 144751    |  |           | 251   |

## 2-5-5 لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی

لنگر پیچشی به دو قسمت تقسیم می شود

- لنگر ناشی از اختلاف بین مرکز جرم و سختی که با قرار دادن نیروی افقی در مرکز جرم اعمال می شود .
- لنگر ناشی از پیچش تصادفی که معادل 5% بعد ساختمان می شود و برای جلوگیری از اثرات کاهنده بر روی اجزا در دو جهت (با علامت  $\pm$ ) در نرم افزار اعمال می گردد .

## 2-5-6 تحلیل دینامیکی خطی طیفی

در این روش ، تحلیل دینامیکی با فرض رفتار الاستیک سازه و با استفاده از حداکثر بازتاب کلیه مدهای نوسانی که در بازتاب کل سازه اثر قابل توجهی دارند انجام می گیرد . حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست می آید . سپس بازتاب کلی سازه از ترکیب آماری بازتاب های حداکثر هر مد تخمین زده می شود . در سازه های منظم مقادیر بازتاب ها باید در 80 درصد نسبت برش پایه استاتیکی ضرب شود .

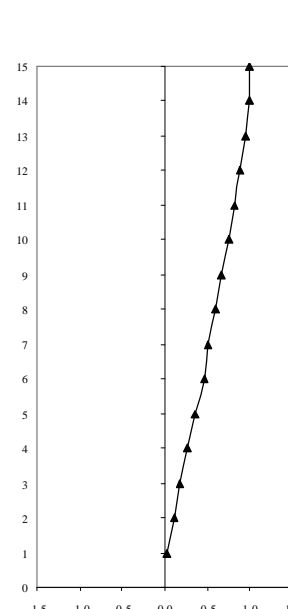
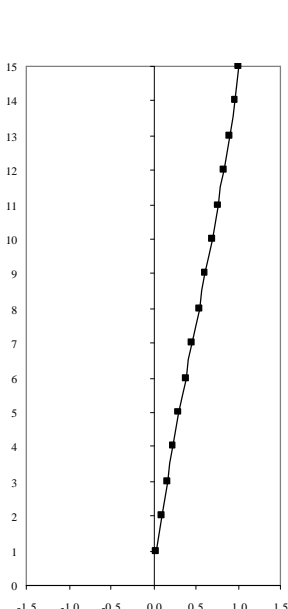
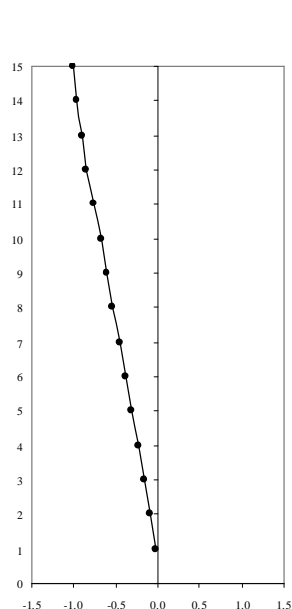


$$0.8 \frac{V_{static}}{V_{dynamic}} = \text{ضریب اصلاح}$$

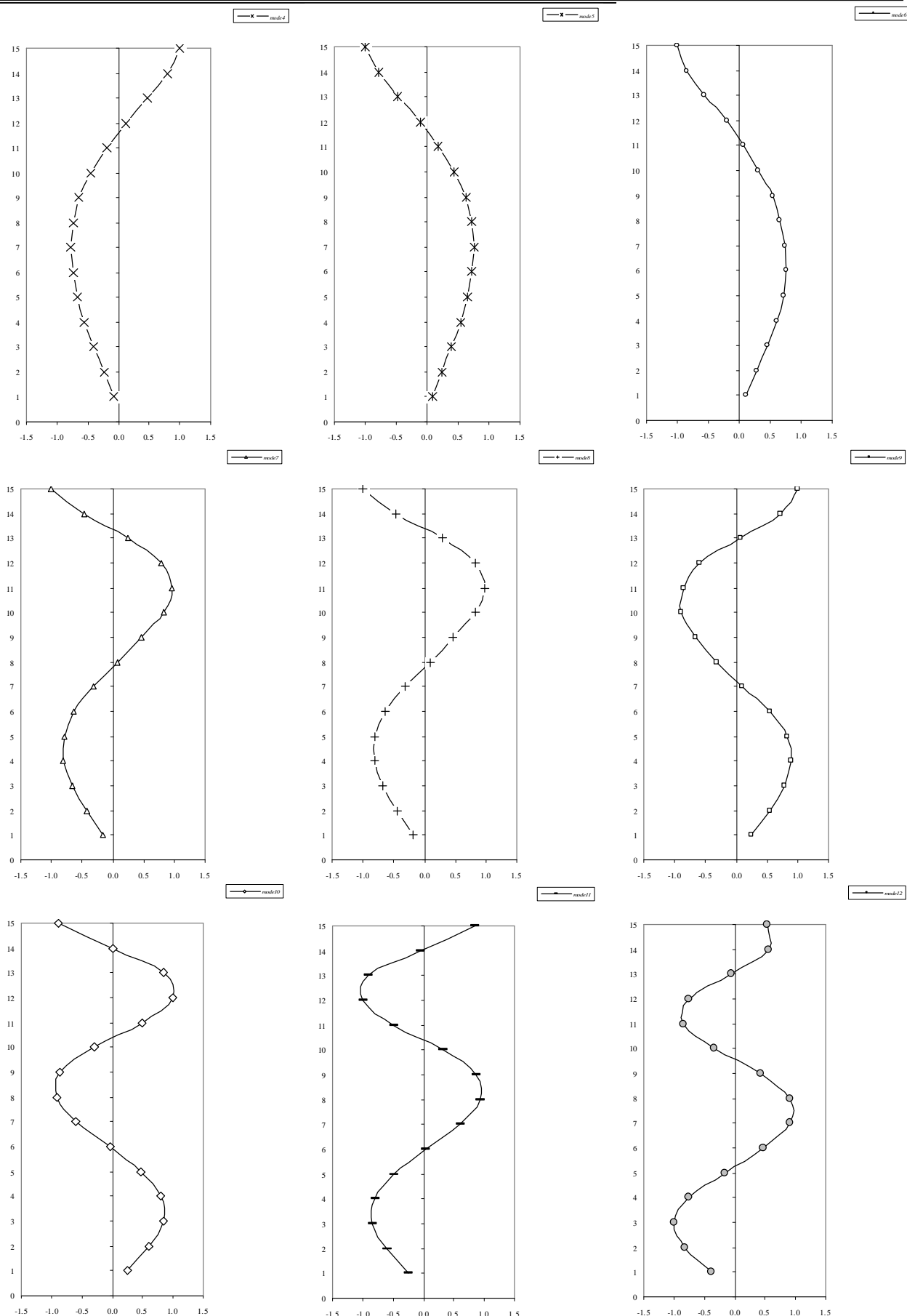
بدلیل اینکه نیروهای ناشی از تحلیل طیفی مقادیر مثبت هستند در طراحی سازه نمی توان از آن استفاده کرد . در حقیقت تحلیل طیفی توزیع بار جانبی متناسب با ترکیب کلیه مدهای نوسانی را به درستی ارائه می کند . بنا براین توزیع بار جانبی را به روش طیفی محاسبه کرده و این نیروها را بصورت استاتیکی بر سازه اعمال می کنیم . تعداد مدهای نوسان باید حداقل سه مد اول نوسان ، یا تمام مدهای نوسان با زمان تناوب بیشتر از 0/4 ثانیه و یا تمام مدهای نوسان که مجموع جرم های موثر ساختمان در آنها حداقل برابر 90 در صد جرم کل سازه باشند ، هر کدام که تعدادشان بیشتر است در نظر گرفته شود .

جدول 2-10: تعداد مدهای در نظر گرفته و جرم موثر هر مد

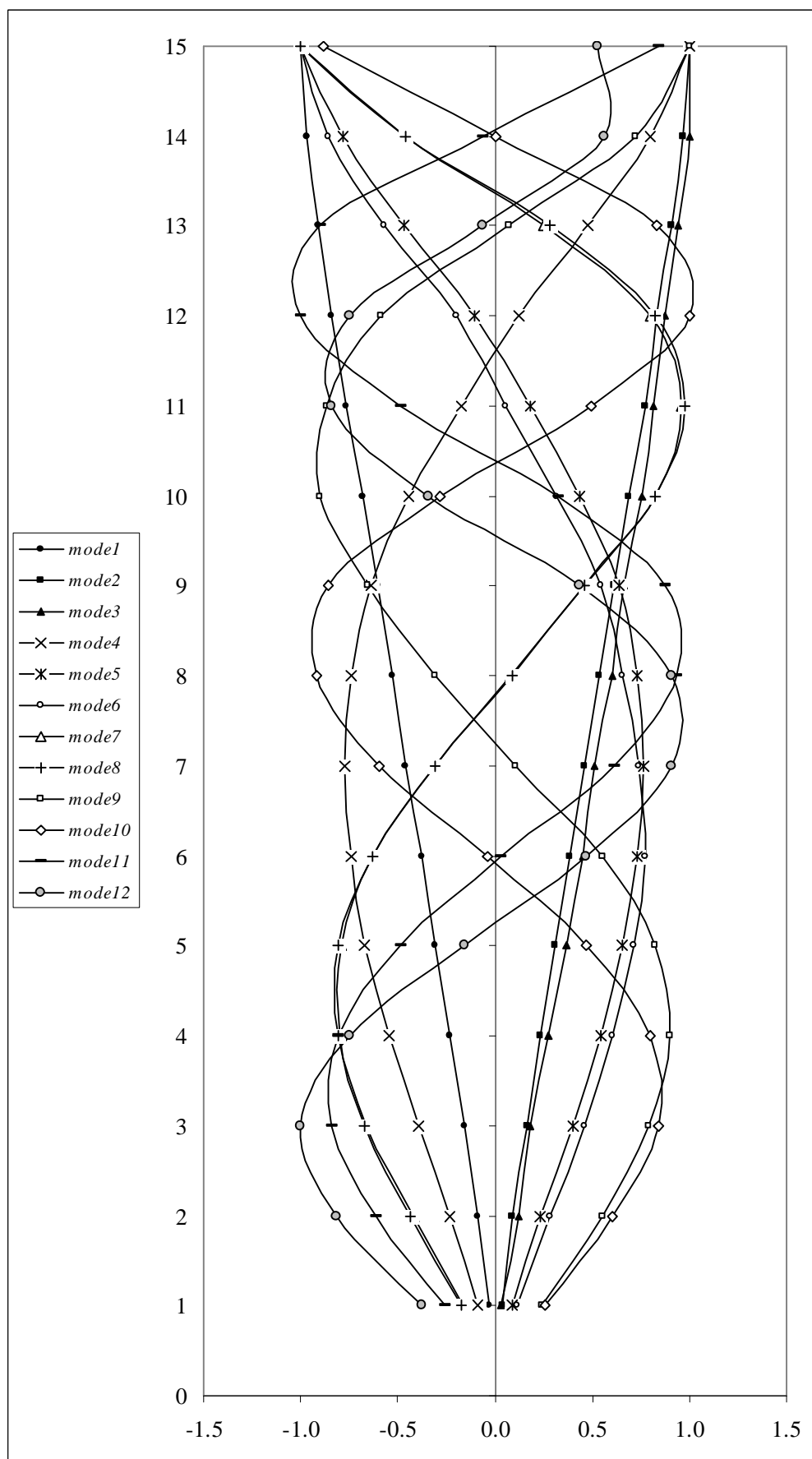
| Mode | Period | UX     | UY     | RZ     | SumUX  | SumUY  | SumRZ  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1    | 2.976  | 43.032 | 30.190 | 0.105  | 43.032 | 30.190 | 0.105  |
| 2    | 2.852  | 27.863 | 41.545 | 4.522  | 70.895 | 71.735 | 4.627  |
| 3    | 2.508  | 2.687  | 1.788  | 70.399 | 73.582 | 73.523 | 75.026 |
| 4    | 1.123  | 10.969 | 1.316  | 0.218  | 84.551 | 74.839 | 75.244 |
| 5    | 1.049  | 1.065  | 10.478 | 0.412  | 85.616 | 85.316 | 75.656 |
| 6    | 0.914  | 0.387  | 0.377  | 10.721 | 86.003 | 85.693 | 86.377 |
| 7    | 0.653  | 4.084  | 0.433  | 0.071  | 90.087 | 86.126 | 86.448 |
| 8    | 0.610  | 0.343  | 4.016  | 0.179  | 90.430 | 90.143 | 86.627 |
| 9    | 0.535  | 0.147  | 0.154  | 4.167  | 90.576 | 90.297 | 90.794 |
| 10   | 0.460  | 2.468  | 0.139  | 0.054  | 93.044 | 90.435 | 90.848 |
| 11   | 0.422  | 0.098  | 2.423  | 0.094  | 93.142 | 92.859 | 90.942 |
| 12   | 0.370  | 0.114  | 0.079  | 2.356  | 93.256 | 92.938 | 93.298 |







شکل 8-2: مدهای نوسان



شکل 2-9: مدهای نوسان



جدول 2-11: نیروی برشی طبقات با استفاده از روش تحلیل طیفی

| STORY   | V <sub>x</sub> | V <sub>y</sub> |
|---------|----------------|----------------|
| STORY15 | 46.15          | 44.97          |
| STORY14 | 21.79          | 21.61          |
| STORY13 | 18.03          | 18.20          |
| STORY12 | 15.55          | 15.88          |
| STORY11 | 14.48          | 14.75          |
| STORY10 | 12.63          | 12.46          |
| STORY9  | 12.14          | 11.42          |
| STORY8  | 10.84          | 11.03          |
| STORY7  | 9.34           | 10.35          |
| STORY6  | 9.01           | 8.49           |
| STORY5  | 8.21           | 7.48           |
| STORY4  | 7.67           | 8.59           |
| STORY3  | 8.10           | 7.72           |
| STORY2  | 5.39           | 5.45           |
| STORY1  | 1.53           | 2.44           |

2-5-7 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات

بر طبق آئین نامه 2800 تغییر مکان نسبی طبقات در اثر زلزله نباید از  $\frac{0.03}{R}$  برابر آن طبقه تجاوز نماید .

جدول 2-12: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت X

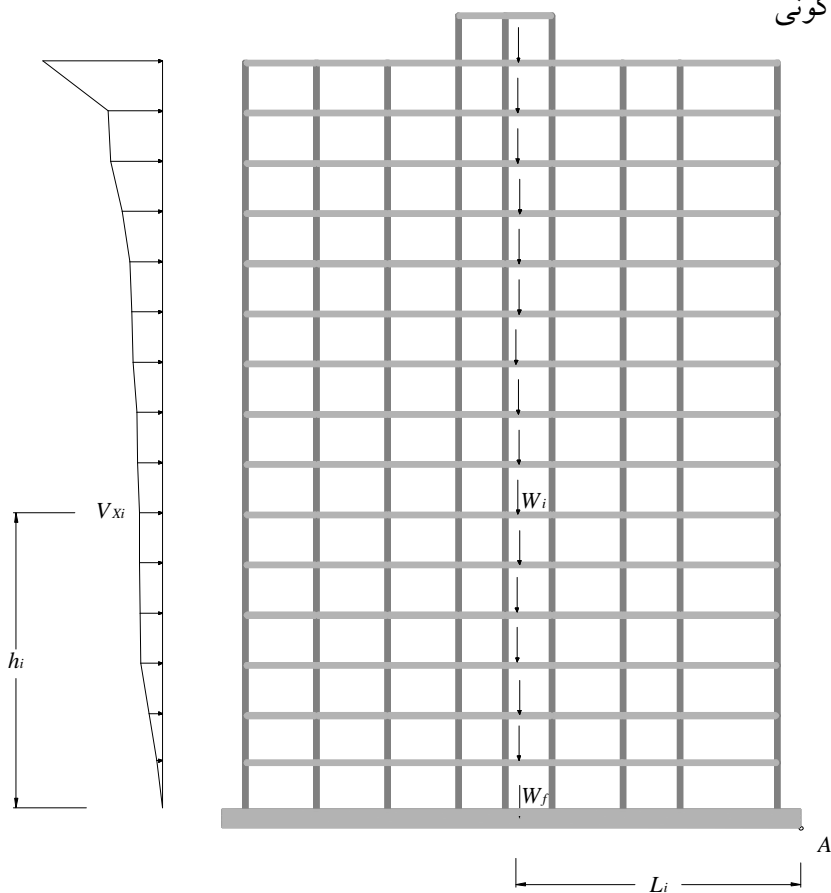
| Story   | Item        | Load | DriftX  |
|---------|-------------|------|---------|
| STORY15 | Max Drift X | EX   | 0.00228 |
| STORY14 | Max Drift X | EX   | 0.00281 |
| STORY13 | Max Drift X | EX   | 0.00282 |
| STORY12 | Max Drift X | EX   | 0.00267 |
| STORY11 | Max Drift X | EX   | 0.00289 |
| STORY10 | Max Drift X | EX   | 0.00288 |
| STORY9  | Max Drift X | EX   | 0.00261 |
| STORY8  | Max Drift X | EX   | 0.00276 |
| STORY7  | Max Drift X | EX   | 0.00282 |
| STORY6  | Max Drift X | EX   | 0.00276 |
| STORY5  | Max Drift X | EX   | 0.00277 |
| STORY4  | Max Drift X | EX   | 0.00262 |
| STORY3  | Max Drift X | EX   | 0.00236 |
| STORY2  | Max Drift X | EX   | 0.00208 |
| STORY1  | Max Drift X | EX   | 0.00123 |



جدول 13-2: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت Y

| Story   | Item        | Load | DriftY  |
|---------|-------------|------|---------|
| STORY15 | Max Drift Y | EY   | 0.00243 |
| STORY14 | Max Drift Y | EY   | 0.00281 |
| STORY13 | Max Drift Y | EY   | 0.00277 |
| STORY12 | Max Drift Y | EY   | 0.00255 |
| STORY11 | Max Drift Y | EY   | 0.00268 |
| STORY10 | Max Drift Y | EY   | 0.00260 |
| STORY9  | Max Drift Y | EY   | 0.00233 |
| STORY8  | Max Drift Y | EY   | 0.00243 |
| STORY7  | Max Drift Y | EY   | 0.00251 |
| STORY6  | Max Drift Y | EY   | 0.00251 |
| STORY5  | Max Drift Y | EY   | 0.00258 |
| STORY4  | Max Drift Y | EY   | 0.00263 |
| STORY3  | Max Drift Y | EY   | 0.00256 |
| STORY2  | Max Drift Y | EY   | 0.00221 |
| STORY1  | Max Drift Y | EY   | 0.00117 |

6-2 محاسبه لنگر واژگونی



شکل 10-2: نیروهای وارد بر ساختمان جهت محاسبه لنگر واژگونی



جدول 14-2 محاسبه لنگر واژگونی

| STORY     | V <sub>x</sub> | V <sub>y</sub> | h <sub>i</sub> | W <sub>i</sub> | L <sub>x i</sub> | L <sub>y i</sub> | M <sub>ox</sub> | M <sub>oy</sub> | M <sub>Rx</sub> | M <sub>Ry</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| STORY15   | 46.15          | 44.97          | 47.6           | 412            | 18               | 8                | 2196.80         | 2140.41         | 7416            | 3296            |
| STORY14   | 21.79          | 21.61          | 44.4           | 363            | 18               | 8                | 967.50          | 959.49          | 6534            | 2904            |
| STORY13   | 18.03          | 18.20          | 41.2           | 363            | 18               | 8                | 742.66          | 749.82          | 6534            | 2904            |
| STORY12   | 15.55          | 15.88          | 38             | 363            | 18               | 8                | 591.00          | 603.36          | 6534            | 2904            |
| STORY11   | 14.48          | 14.75          | 34.8           | 363            | 18               | 8                | 503.82          | 513.16          | 6534            | 2904            |
| STORY10   | 12.63          | 12.46          | 31.6           | 381            | 18               | 8                | 398.96          | 393.66          | 6858            | 3048            |
| STORY9    | 12.14          | 11.42          | 28.4           | 381            | 18               | 8                | 344.83          | 324.44          | 6858            | 3048            |
| STORY8    | 10.84          | 11.03          | 25.2           | 384            | 18               | 8                | 273.14          | 277.85          | 6912            | 3072            |
| STORY7    | 9.34           | 10.35          | 22             | 384            | 18               | 8                | 205.45          | 227.64          | 6912            | 3072            |
| STORY6    | 9.01           | 8.49           | 18.8           | 384            | 18               | 8                | 169.42          | 159.55          | 6912            | 3072            |
| STORY5    | 8.21           | 7.48           | 15.6           | 410            | 18               | 8                | 128.05          | 116.64          | 7380            | 3280            |
| STORY4    | 7.67           | 8.59           | 12.4           | 410            | 18               | 8                | 95.09           | 106.52          | 7380            | 3280            |
| STORY3    | 8.10           | 7.72           | 9.2            | 410            | 18               | 8                | 74.56           | 71.02           | 7380            | 3280            |
| STORY2    | 5.39           | 5.45           | 6              | 415            | 18               | 8                | 32.33           | 32.71           | 7470            | 3320            |
| STORY1    | 1.53           | 2.44           | 3              | 415            | 18               | 8                | 4.60            | 7.33            | 7470            | 3320            |
| Fundation | -              | -              | -              | 1748           | 18               | 8                | -               | -               | 31464           | 13984           |
| Sum       |                |                |                |                |                  |                  | 6728            | 6684            | 136548          | 60688           |

$$\frac{M_{Rx}}{M_{Ox}} = \frac{136548}{6728} = 20.29 > 1.75 \quad \frac{M_{Ry}}{M_{Oy}} = \frac{60688}{6684} = 9.07 > 1.75$$



## 7-2 اثر $P-\Delta$

اثر  $P-\Delta$  در هر طبقه بدلیل برون محوری بارهای ثقلی طبقات ایجاد می شود و سبب ایجاد یک نیروی برشی افقی در طبقه می گردد این نیروی برشی به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$V_{i \ P-\Delta} = V_i \left( \frac{1}{1 - 0.4 R q_i} \right)$$

$V_i$ : برش طبقه  $i$

$R$ : ضریب رفتار ساختمان

$q_i$ : شاخص پایداری طبقه که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$q_i = \left( \frac{\sum P_i \times \Delta_i}{V_i \times h_i} \right)$$

$\sum P_i$ : مجموع بارهای ثقلی روی طبقه  $i$

$\Delta_i$ : تغییر مکان نسبی طبقه  $i$

$h_i$ : ارتفاع طبقه  $i$



جدول 2-15: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $X$

| STORY   | $V_x$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{iP-\Delta}$ | $V_{xP-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|-----------------|-----------------|
| STORY15 | 46.15 | 46.15  | 412   | 412        | 0.585      | 320   | 0.0163 | 49.38           | 49.38           |
| STORY14 | 21.79 | 67.94  | 363   | 775        | 0.834      | 320   | 0.0297 | 77.11           | 27.73           |
| STORY13 | 18.03 | 85.97  | 363   | 1138       | 0.906      | 320   | 0.0375 | 101.12          | 24.01           |
| STORY12 | 15.55 | 101.52 | 363   | 1501       | 0.819      | 320   | 0.0378 | 119.62          | 18.50           |
| STORY11 | 14.48 | 116.00 | 363   | 1864       | 0.894      | 320   | 0.0449 | 141.40          | 21.79           |
| STORY10 | 12.63 | 128.62 | 381   | 2245       | 0.920      | 320   | 0.0502 | 160.92          | 19.52           |
| STORY9  | 12.14 | 140.76 | 381   | 2626       | 0.817      | 320   | 0.0476 | 173.88          | 12.95           |
| STORY8  | 10.84 | 151.60 | 384   | 3010       | 0.860      | 320   | 0.0533 | 192.71          | 18.84           |
| STORY7  | 9.34  | 160.94 | 384   | 3394       | 0.902      | 320   | 0.0594 | 211.15          | 18.44           |
| STORY6  | 9.01  | 169.95 | 384   | 3778       | 0.874      | 320   | 0.0607 | 224.46          | 13.31           |
| STORY5  | 8.21  | 178.16 | 410   | 4188       | 0.888      | 320   | 0.0652 | 241.03          | 16.57           |
| STORY4  | 7.67  | 185.83 | 410   | 4598       | 0.837      | 320   | 0.0647 | 250.75          | 9.72            |
| STORY3  | 8.10  | 193.94 | 410   | 5008       | 0.754      | 320   | 0.0608 | 256.27          | 5.52            |
| STORY2  | 5.39  | 199.32 | 415   | 5423       | 0.624      | 300   | 0.0566 | 257.64          | 1.37            |
| STORY1  | 1.53  | 200.86 | 415   | 5838       | 0.370      | 300   | 0.0358 | 234.47          | -23.18          |

جدول 2-16: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $Y$

| STORY   | $V_y$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{iP-\Delta}$ | $V_{yP-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|-----------------|-----------------|
| STORY15 | 44.97 | 44.97  | 412   | 412        | 0.663      | 320   | 0.0190 | 48.66           | 48.66           |
| STORY14 | 21.61 | 66.58  | 363   | 775        | 0.882      | 320   | 0.0321 | 76.38           | 27.72           |
| STORY13 | 18.20 | 84.78  | 363   | 1138       | 0.904      | 320   | 0.0379 | 99.94           | 23.55           |
| STORY12 | 15.88 | 100.65 | 363   | 1501       | 0.812      | 320   | 0.0379 | 118.62          | 18.68           |
| STORY11 | 14.75 | 115.40 | 363   | 1864       | 0.858      | 320   | 0.0433 | 139.59          | 20.97           |
| STORY10 | 12.46 | 127.86 | 381   | 2245       | 0.831      | 320   | 0.0456 | 156.38          | 16.79           |
| STORY9  | 11.42 | 139.28 | 381   | 2626       | 0.737      | 320   | 0.0434 | 168.54          | 12.16           |
| STORY8  | 11.03 | 150.31 | 384   | 3010       | 0.765      | 320   | 0.0479 | 185.93          | 17.39           |
| STORY7  | 10.35 | 160.65 | 384   | 3394       | 0.802      | 320   | 0.0530 | 203.84          | 17.90           |
| STORY6  | 8.49  | 169.14 | 384   | 3778       | 0.798      | 320   | 0.0557 | 217.66          | 13.82           |
| STORY5  | 7.48  | 176.62 | 410   | 4188       | 0.824      | 320   | 0.0611 | 233.69          | 16.03           |
| STORY4  | 8.59  | 185.21 | 410   | 4598       | 0.842      | 320   | 0.0653 | 250.75          | 17.05           |
| STORY3  | 7.72  | 192.93 | 410   | 5008       | 0.820      | 320   | 0.0665 | 262.89          | 12.14           |
| STORY2  | 5.45  | 198.38 | 415   | 5423       | 0.664      | 300   | 0.0605 | 261.71          | -1.18           |
| STORY1  | 2.44  | 200.82 | 415   | 5838       | 0.352      | 300   | 0.0341 | 232.57          | -29.14          |

- طبق آیین نامه 2800 در صورتیکه از آنالیز  $P-\Delta$  مطابق با پیوست آیین نامه استفاده شود نسبت تنش عضو فشاری در

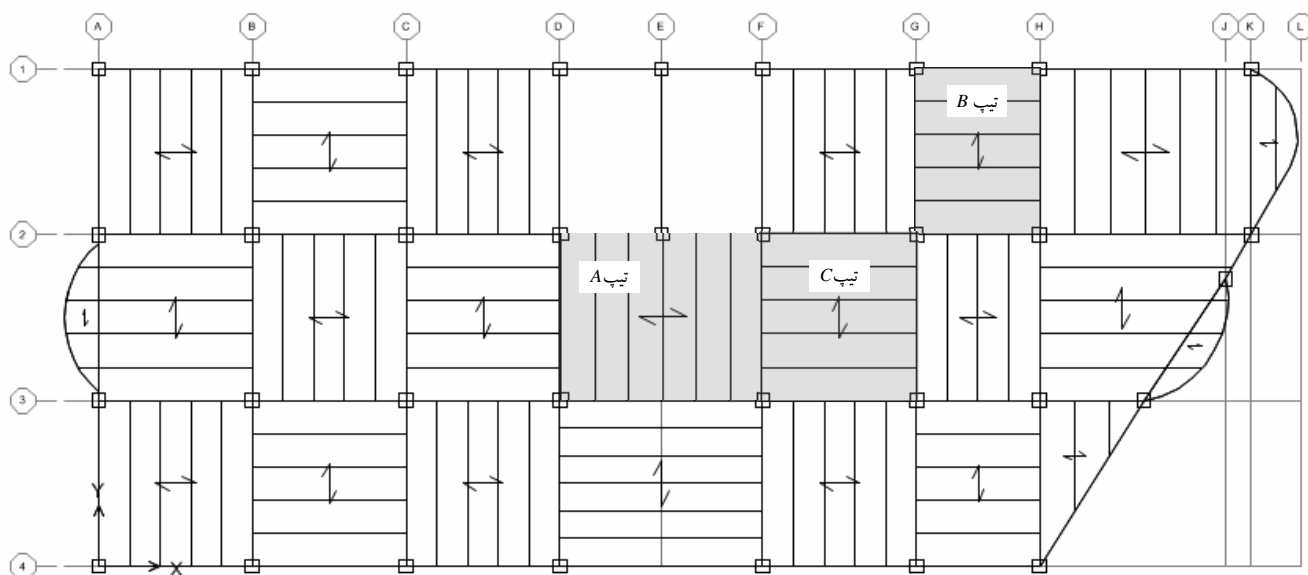
صورتیکه  $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$  باید با روابط زیر کنترل گردند :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

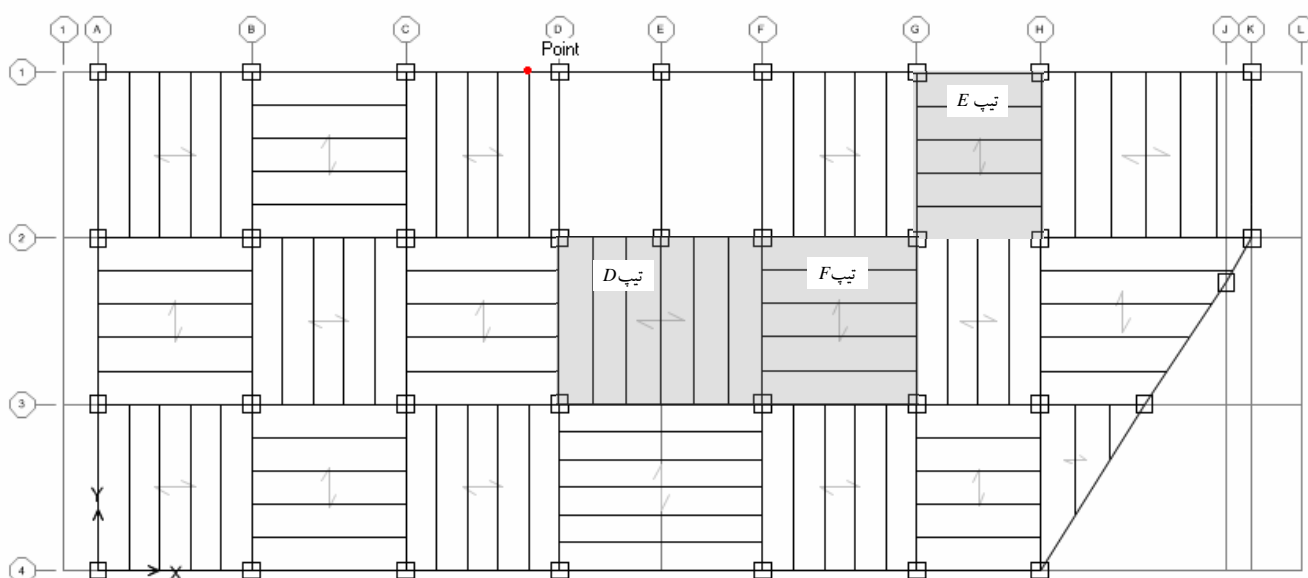
$$\frac{f_a}{0.6f_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

### 3- طراحی تیر مرکب

طراحی تیرهای مرکب بر اساس آئین نامه AISC صورت می گیرد. طراحی در تپ های A, B, C برای طبقات 2 الی 15 و تپ های D, E, F برای طبقات 1 و تپ G برای طبقه 15 انجام گرفته است. موقعیت هر یک از تپ ها در شکل های آمده است.

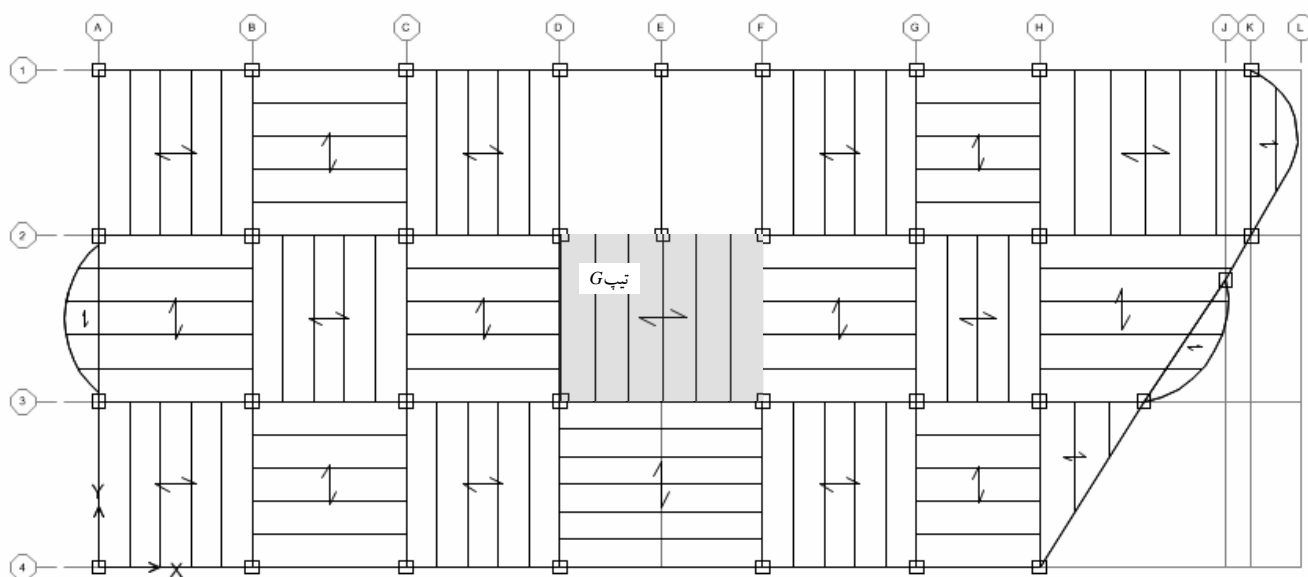


شکل 3-1: موقعیت تپ های A, B, C در طراحی تیرهای مرکب

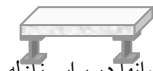


شکل 3-2: موقعیت تپ های D, E, F در طراحی تیرهای مرکب



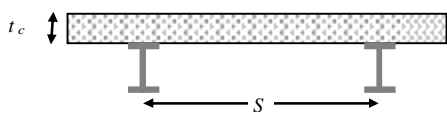


شکل 3-3: موقعیت تیرهای G در طراحی تیرهای مرکب



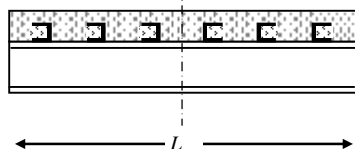
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | A                      | تیپ   |

طراحی تیر مرکب



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 4.9 \text{ m}$$

مشخصات تیر کامپوزیت



بار وارد بر هر تیر مرکب

|   |                         |
|---|-------------------------|
| $1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$ | وزن دال بتنی :          |
| $1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$                | وزن سقف کاذب و گچکاری : |
| $1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$  | سنگ گوهره :             |
| $1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$  | ملات ماسه سیمان :       |
| $1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$              | بار تیغه ها :           |
| $1.00 \times 200 = 200 \text{ kg/m}$              | بار زنده :              |
| $15.8 \text{ kg/m}$                               | وزن تیر فولادی :        |

$$W_D = 250 + 15.8 = 265.8 \text{ kg/m} \quad \text{بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :}$$

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 200 = 502 \text{ kg/m} \quad \text{بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :}$$

حداکثر اولیه نیمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 797.7 \text{ kg.m}$$

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

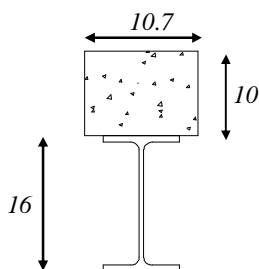
$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 1507 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_s \text{ مورد نیاز} = \frac{M_D}{F_b} = \frac{797.7}{1440} = 55.4 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE16 | 869   | 106   | 8.2   | 20.1 | 16  | 0.5  |

$$b_e = \text{تعیین عرض موثر} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{490}{4} = 122.5 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 8.2 + 16 \times 10 = 168.2 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 100 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$F_{ys} = 2400$$

$$E_s = 2.04E+06$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9$$

$$f_c = 210$$

$$E_c = 2.2E+05$$

$$\frac{b_e}{n} = 10.66$$

$$\bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 10.7 \times 10 \times 21}{20.1 + 10.7 \times 10}$$

$$\bar{y} = 18.94 \text{ cm}$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | A                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 869 + 20.1 \times (18.94 - 8)^2 + \frac{10.66 \times 10^3}{12} + 10.66 \times 10 \times 2.063$$

$$I_{tr} = 4381 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{4381}{7.1} = 620.3 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{4381}{18.9} = 231.4 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{79773}{106} = 752.6 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} = \frac{79773}{106} + \frac{150663}{231} = 1404 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_{tr})_t} = \frac{79773.23 + 150662.8}{9 \times 620} = 41.28 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 100 \times 10}{2} = 89250 \\ \frac{A_s F_y}{2} = \frac{20.1 \times 2400}{2} = 24120 \end{array} \right. \Rightarrow V_h = 24120$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 6     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 6 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 5473$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{24120}{5473} = 4.407$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2N} = 0.556 \Rightarrow \boxed{\text{Use UNP 6 @ } 50 \text{ cm } (L = 6 \text{ cm})}$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

$$\left. \begin{array}{l} V_D = \frac{W_D L}{2} = 651 \text{ kg} \\ V_L = \frac{W_L L}{2} = 1230 \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 1881 \text{ kg}$$

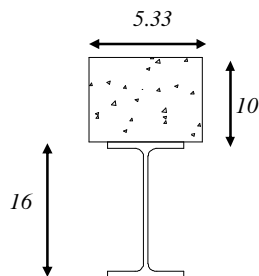
$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{1881}{16 \times 0.5} = 235.1 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | A                      | تیپ   |

طراحی تیر مرکب

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 5.328$$

$$\bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 5.3 \times 10 \times 21}{20.1 + 5.3 \times 10} = 17.44$$

استفاده از ضریب 2n بخاطر منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 869 + 20.1 \times (17.44 - 8)^2 + \frac{5.328 \times 10^3}{12} + 5.328 \times 10 \times 3.561$$

$$I_{tr}^* = 3293 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.658 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 869} + \frac{5 \times 5.02 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293}$$

$$d_{\max} = 1.686 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{490}{240} = 2.04 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر

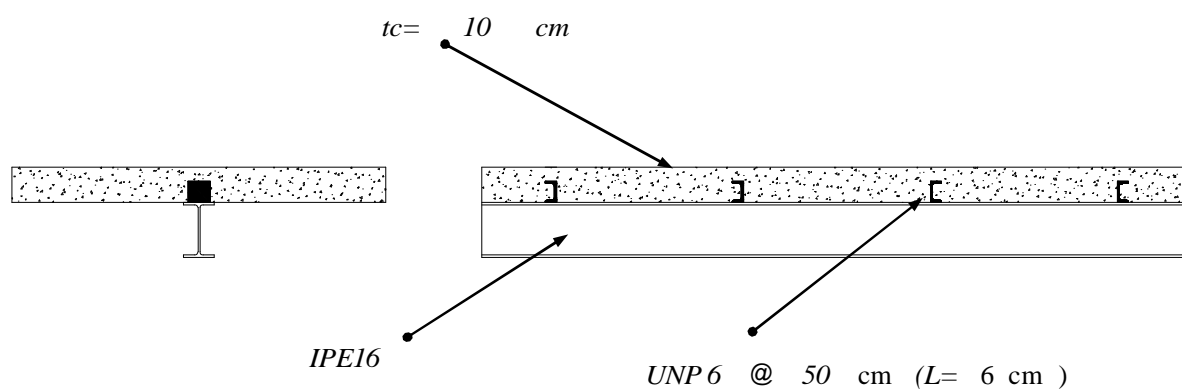
بارهای مرده و زنده

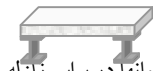
$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 5.02 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293} = 0.56 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.56 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{490}{360} = 1.36 \text{ cm}$$

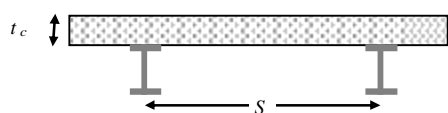
تغییر مکان تحت اثر بارهای

اعمالی بعد از سفت شدن بتن



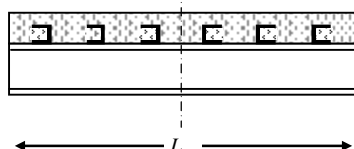


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/3     | صفحه  | B                      | تیپ   |                |



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 3.65 \text{ m}$$

مشخصات تیر کامپوزیت



|   |                         |
|---|-------------------------|
| $1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$ | وزن دال بتنی :          |
| $1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$                | وزن سقف کاذب و گچکاری : |
| $1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$  | سنگ گوهه :              |
| $1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$  | ملات ماسه سیمان :       |
| $1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$              | بار تیغه ها :           |
| $1.00 \times 200 = 200 \text{ kg/m}$              | بار زنده :              |
| $12.9 \text{ kg/m}$                               | وزن تیر فولادی :        |

$$W_D = 250 + 12.9 = 262.9 \text{ kg/m}$$

بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 200 = 502 \text{ kg/m}$$

بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :

حدس اولیه نیمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 437.8 \text{ kg.m}$$

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

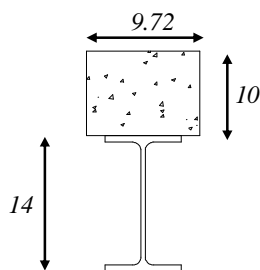
$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 836 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_s = \frac{M_D}{F_b} = \frac{43781}{1440} = 30.4 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE14 | 541   | 77.3  | 7.3   | 16.4 | 14  | 0.47 |

$$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{365}{4} = 91.25 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 7.3 + 16 \times 10 = 167.3 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 91.25 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$F_{ys} = 2400$$

$$E_s = 2.04E+06$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9$$

$$f_c = 210$$

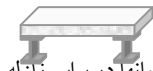
$$E_c = 2.2E+05$$

$$\frac{b_e}{n} = 9.723$$

$$\bar{y} = \frac{16.4 \times 7 + 9.7 \times 10 \times 19}{16.4 + 9.7 \times 10}$$

$$\bar{y} = 17.27 \text{ cm}$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | B                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 541 + 16.4 \times (17.27 - 7)^2 + \frac{9.723 \times 10^3}{12} + 9.723 \times 10 \times 1.732$$
$$I_{tr} = 3249 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{3249}{6.7} = 482.6 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{3249}{17.3} = 188.1 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{43781}{77} = 566.4 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} = \frac{43781}{77} + \frac{83599}{188} = 1011 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آیین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_{tr})_t} = \frac{43781.07 + 83598.69}{9 \times 483} = 29.33 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{aligned} &\frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 91.25 \times 10}{2} = 81441 \\ &\frac{A_s F_y}{2} = \frac{16.4 \times 2400}{2} = 19680 \end{aligned} \right. \Rightarrow V_h = 19680$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 5     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 5 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 4561$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{19680}{4561} = 4.315$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2 N} = 0.423 \Rightarrow \boxed{\text{Use UNP 6 @ 40 cm (L= 5 cm)}}$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

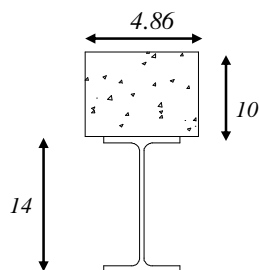
کنترل برشی تیر

$$V_D = \frac{W_D L}{2} = 480 \text{ kg}$$
$$V_L = \frac{W_L L}{2} = 916.2 \text{ kg}$$
$$\Rightarrow V = V_D + V_L = 1396 \text{ kg}$$
$$fv = \frac{V}{h t_w} = \frac{1396}{14 \times 0.47} = 212.1 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/21 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | B                      | تیپ   |                |

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 4.862 \quad \bar{y} = \frac{16.4 \times 7 + 4.9 \times 10 \times 19}{16.4 + 4.9 \times 10} = 15.97$$

استفاده از ضریب 2n بخاطر منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 541 + 16.4 \times (15.97 - 7)^2 + \frac{4.862 \times 10^3}{12} + 4.862 \times 10 \times 3.027$$

$$I_{tr}^* = 2414 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.629 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 541} + \frac{5 \times 5.02 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 2414}$$

$$d_{\max} = 0.786 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{365}{240} = 1.52 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر

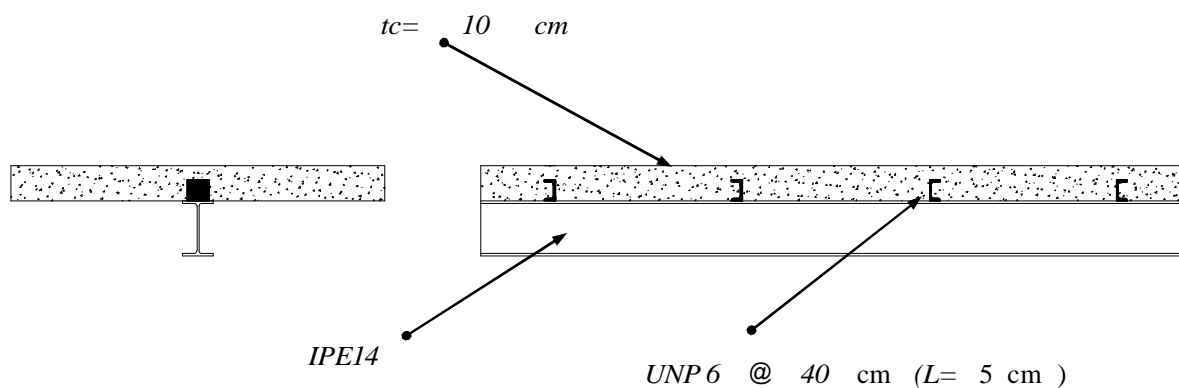
بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 5.02 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 2414} = 0.24 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.24 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{365}{360} = 1.01 \text{ cm}$$

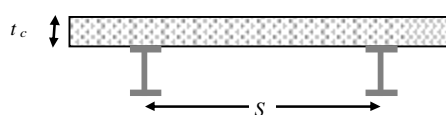
تغییر مکان تحت اثر بارهای

اعمالی بعد از سفت شدن بتن



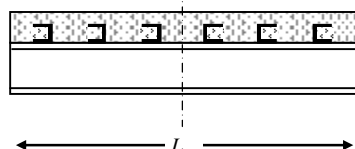


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
| 1/3     | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
|         | صفحه  | C                      | تیپ   |                |



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 4.55 \text{ m}$$

مشخصات تیر کامپوزیت



$$1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$$

وزن دال بتنی :

$$1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$$

وزن سقف کاذب و گچکاری :

$$1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$$

سنگ گوهره :

$$1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$$

ملات ماسه سیمان :

$$1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$$

بار تیغه ها :

$$1.00 \times 200 = 200 \text{ kg/m}$$

بار زنده :

$$15.8 \text{ kg/m}$$

وزن تیر فولادی :

$$W_D = 250 + 15.8 = 265.8 \text{ kg/m}$$

بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 200 = 502 \text{ kg/m}$$

بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :

حدس اولیه نیمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 687.8 \text{ kg.m}$$

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

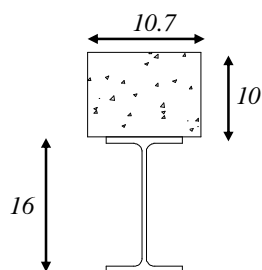
$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 1299 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_s = \frac{M_D}{F_b} = \frac{68784}{1440} = 47.77 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE16 | 869   | 106   | 8.2   | 20.1 | 16  | 0.5  |

$$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{455}{4} = 113.8 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 8.2 + 16 \times 10 = 168.2 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 100 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$F_{ys} = 2400$$

$$E_s = 2.04E+06$$

$$f_c = 210$$

$$E_c = 2.2E+05$$

$$\frac{b_e}{n} = 10.66$$

$$\bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 10.7 \times 10 \times 21}{20.1 + 10.7 \times 10}$$

$$\bar{y} = 18.94 \text{ cm}$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی





|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | C                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 869 + 20.1 \times (18.94 - 8)^2 + \frac{10.66 \times 10^3}{12} + 10.66 \times 10 \times 2.063$$

$$I_{tr} = 4381 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{4381}{7.1} = 620.3 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{4381}{18.9} = 231.4 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{68784}{106} = 648.9 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(Str)_b} = \frac{68784}{106} + \frac{129908}{231} = 1210 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_w)_t} = \frac{68784.06 + 129908.2}{9 \times 620} = 35.59 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 100 \times 10}{2} = 89250 \\ \frac{A_s F_y}{2} = \frac{20.1 \times 2400}{2} = 24120 \end{array} \right. \Rightarrow V_h = 24120$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 6     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 6 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 5473$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{24120}{5473} = 4.407$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2N} = 0.516 \Rightarrow \text{Use UNP 6 @ 50 cm (L= 6 cm)}$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

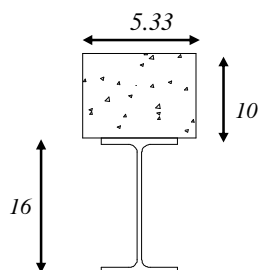
$$\left. \begin{array}{l} V_D = \frac{W_D L}{2} = 605 \text{ kg} \\ V_L = \frac{W_L L}{2} = 1142 \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 1747 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{1747}{16 \times 0.5} = 218.3 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | C                      | تیپ   |                |

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 5.328$$

$$\bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 5.3 \times 10 \times 21}{20.1 + 5.3 \times 10} = 17.44$$

استفاده از ضریب  $2n$  بخاطر منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 869 + 20.1 \times (17.44 - 8)^2 + \frac{5.328 \times 10^3}{12} + 5.328 \times 10 \times 3.561$$

$$I_{tr}^* = 3293 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.658 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 869} + \frac{5 \times 5.02 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293}$$

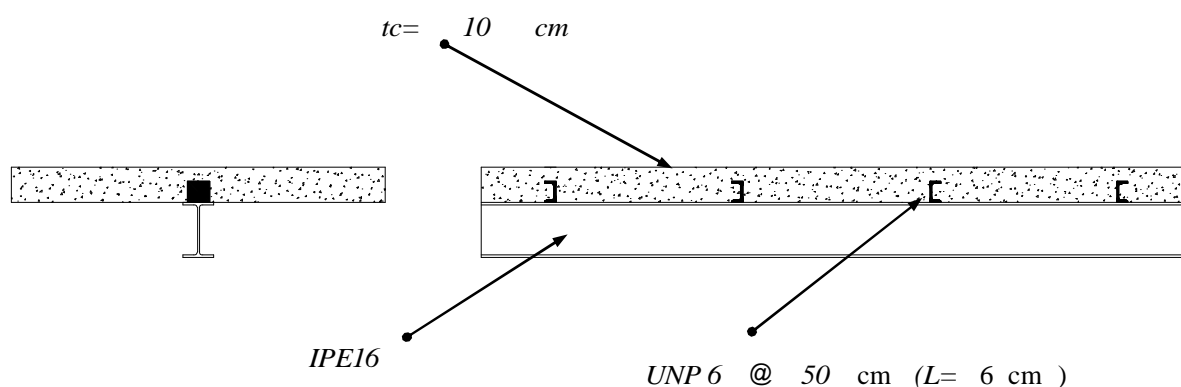
$$d_{\max} = 1.254 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{455}{240} = 1.90 \text{ cm}$$

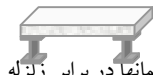
تغییر مکان تحت اثر بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 5.02 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293} = 0.42 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.42 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{455}{360} = 1.26 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر بارهای اعمالی بعد از سفت شدن بتن



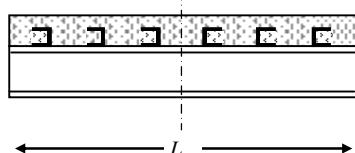


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
|         |       | D                      | تیپ   |                |



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 4.9 \text{ m}$$

مشخصات تیر کامپوزیت



$$1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 500 = 500 \text{ kg/m}$$

$$18.8 \text{ kg/m}$$

بار وارد بر هر تیر مرکب

وزن دال بتنی :

وزن سقف کاذب و گچکاری :

سنگ گوهره :

ملات ماسه سیمان :

بار تیغه ها :

بار زنده :

وزن تیر فولادی :

$$W_D = 250 + 18.8 = 268.8 \text{ kg/m}$$

بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 500 = 802 \text{ kg/m}$$

بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :

حدس اولیه نيمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 806.7 \text{ kg.m}$$

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

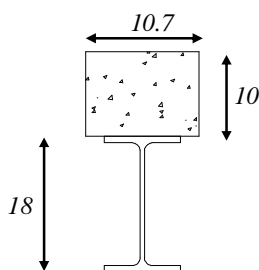
$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 2407 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_s \text{ مورد نیاز} = \frac{M_D}{F_b} = \frac{80674}{1440} = 56.02 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE18 | 1320  | 146   | 9.1   | 23.9 | 18  | 0.53 |

$$b_e = \text{تعیین عرض موثر} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{490}{4} = 122.5 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 9.1 + 16 \times 10 = 169.1 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 100 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$F_{ys} = 2400$$

$$f_c = 210$$

$$\frac{b_e}{n} = 10.66$$

$$\bar{y} = 20.44 \text{ cm}$$

$$E_s = 2.04E+06$$

$$E_c = 2.2E+05$$

$$\bar{y} = \frac{23.9 \times 9 + 10.7 \times 10 \times 23}{23.9 + 10.7 \times 10}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | D                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 1320 + 23.9 \times (20.44 - 9)^2 + \frac{10.66 \times 10^3}{12} + 10.66 \times 10 \times 2.565$$

$$I_{tr} = 5606 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{5606}{7.6} = 741.1 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{5606}{20.4} = 274.4 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{80674}{146} = 552.6 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(Str)_b} = \frac{80674}{146} + \frac{240700}{274} = 1430 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_w)t} = \frac{80673.6 + 240700.3}{9 \times 741} = 48.18 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 100 \times 10}{2} = 89250 \\ \frac{A_s F_y}{2} = \frac{23.9 \times 2400}{2} = 28680 \end{array} \right. \Rightarrow V_h = 28680$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 7     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 7 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 6385$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{28680}{6385} = 4.492$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2N} = 0.545 \Rightarrow \text{Use UNP 6 @ 50 cm (L= 7 cm)}$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

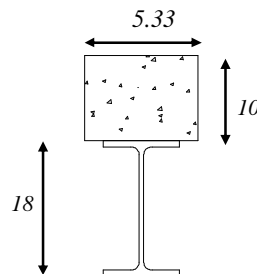
$$\left. \begin{array}{l} V_D = \frac{W_D L}{2} = 659 \text{ kg} \\ V_L = \frac{W_L L}{2} = 1965 \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 2623 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{2623}{18 \times 0.53} = 275 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | D                      | تیپ   |                |

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 5.328$$

$$\bar{y} = \frac{23.9 \times 9 + 5.3 \times 10 \times 23}{23.9 + 5.3 \times 10} = 18.66$$

استفاده از ضریب 2n بخاطر منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 1320 + 23.9 \times (18.66 - 9)^2 + \frac{5.328 \times 10^3}{12} + 5.328 \times 10 \times 4.335$$

$$I_{tr}^* = 4227 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.688 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 1320} + \frac{5 \times 8.02 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 4227}$$

$$d_{\max} = 1.447 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{490}{240} = 2.04 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر

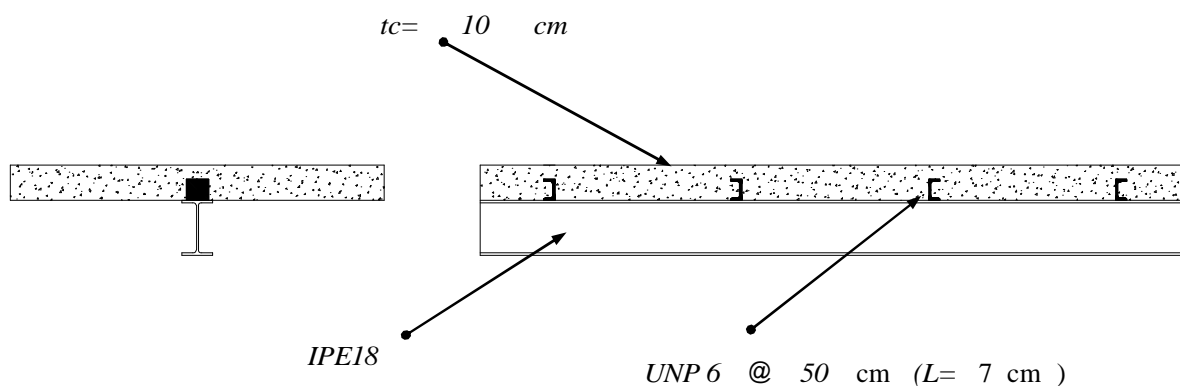
بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 8.02 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 4227} = 0.70 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.70 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{490}{360} = 1.36 \text{ cm}$$

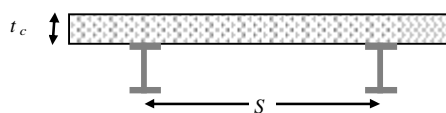
تغییر مکان تحت اثر بارهای

اعمالی بعد از سفت شدن بتن



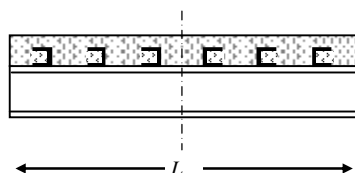


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/3     | صفحه  | E                      | تیپ   |                |



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 3.65 \text{ m}$$

مشخصات تیر کامپوزیت



$$1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$$

$$1.00 \times 500 = 500 \text{ kg/m}$$

$$12.9 \text{ kg/m}$$

بار وارد بر هر تیر مرکب

وزن دال بتنی :

وزن سقف کاذب و گچکاری :

سنگ گوهره :

ملات ماسه سیمان :

بار تیغه ها :

بار زنده :

وزن تیر فولادی :

$$W_D = 250 + 12.9 = 262.9 \text{ kg/m}$$

بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 500 = 802 \text{ kg/m}$$

بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :

حداکثر خمشی اولیه نیمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 437.8 \text{ kg.m}$$

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

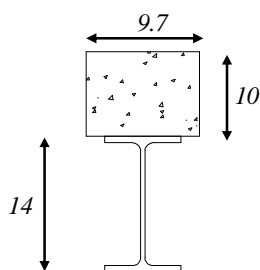
$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 1336 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_s \text{ مورد نیاز} = \frac{M_D}{F_b} = \frac{43781}{1440} = 30.4 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE14 | 541   | 77.3  | 7.3   | 16.4 | 14  | 0.47 |

$$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{365}{4} = 91.25 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 7.3 + 16 \times 10 = 167.3 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 91.25 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$F_{ys} = 2400$$

$$f_c = 210$$

$$\frac{b_e}{n} = 9.723$$

$$\bar{y} = 17.27 \text{ cm}$$

$$E_s = 2.04E+06$$

$$E_c = 2.2E+05$$

$$\bar{y} = \frac{16.4 \times 7 + 9.7 \times 10 \times 19}{16.4 + 9.7 \times 10}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | E                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 541 + 16.4 \times (17.27 - 7)^2 + \frac{9.723 \times 10^3}{12} + 9.723 \times 10 \times 1.732$$

$$I_{tr} = 3249 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{3249}{6.7} = 482.6 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{3249}{17.3} = 188.1 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{43781}{77} = 566.4 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سخت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} = \frac{43781}{77} + \frac{133558}{188} = 1276 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_{tr})_t} = \frac{43781.07 + 133558.1}{9 \times 483} = 40.83 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 91.25 \times 10}{2} = 81441 \\ \frac{A_s F_y}{2} = \frac{16.4 \times 2400}{2} = 19680 \end{array} \right. \Rightarrow V_h = 19680$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 5     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 5 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 4561$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{19680}{4561} = 4.315$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2N} = 0.423 \Rightarrow \text{Use UNP 6 @ 40 cm (L= 5 cm)}$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

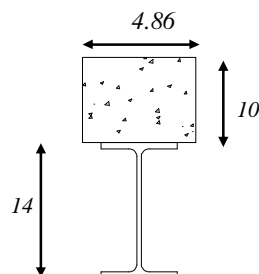
$$\left. \begin{array}{l} V_D = \frac{W_D L}{2} = 480 \text{ kg} \\ V_L = \frac{W_L L}{2} = 1464 \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 1943 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{1943}{14 \times 0.47} = 295.4 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | E                      | تیپ   |                |

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 4.862 \quad \bar{y} = \frac{16.4 \times 7 + 4.9 \times 10 \times 19}{16.4 + 4.9 \times 10} = 15.97$$

استفاده از ضریب 2n بخاط منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 541 + 16.4 \times (15.97 - 7)^2 + \frac{4.862 \times 10^3}{12} + 4.862 \times 10 \times 3.027$$

$$I_{tr}^* = 2414 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.629 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 541} + \frac{5 \times 8.02 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 2414}$$

$$d_{\max} = 0.927 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{365}{240} = 1.52 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر

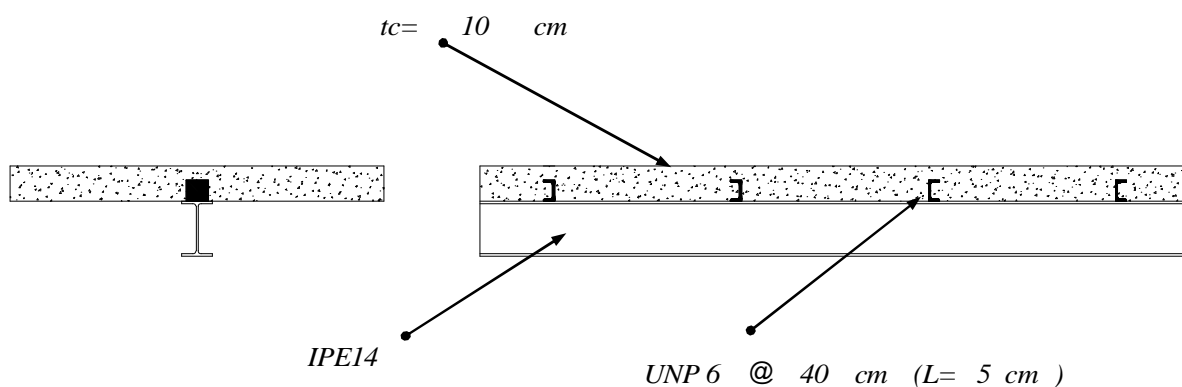
بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 8.02 \times 365^4}{384 \times 2.04E+06 \times 2414} = 0.38 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.38 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{365}{360} = 1.01 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر بارهای

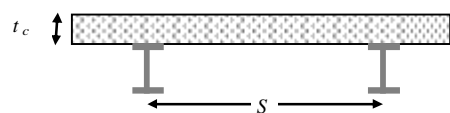
اعمالی بعد از سفت شدن بتن



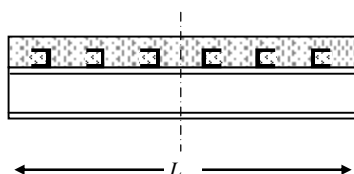




|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/3     | صفحه  | F                      | تیپ   |                |



$$S = 100 \text{ cm} \quad t_c = 10 \text{ cm} \quad L = 4.55 \text{ m}$$



مشخصات تیر کامپوزیت

بار وارد بر هر تیر مرکب

|   |                         |
|---|-------------------------|
| $1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$ | وزن دال بتنی :          |
| $1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$                | وزن سقف کاذب و گچکاری : |
| $1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$  | سنگ گوهره :             |
| $1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$  | ملات ماسه سیمان :       |
| $1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$              | بار تیغه ها :           |
| $1.00 \times 500 = 500 \text{ kg/m}$              | بار زنده :              |
| $15.8 \text{ kg/m}$                               | وزن تیر فولادی :        |

$$W_D = 250 + 15.8 = 265.8 \text{ kg/m} \quad \text{بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن :}$$

$$W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 500 = 802 \text{ kg/m} \quad \text{بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن :}$$

حداکثر اولیه نیمرخ IPE

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = 687.8 \text{ kg.m}$$

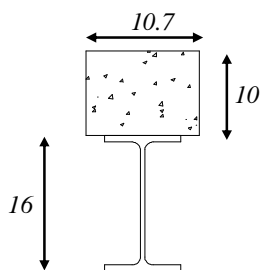
لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = 2075 \text{ kg.m}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2 \quad S_s \text{ مورد نیاز} = \frac{M_D}{F_b} = \frac{68784}{1440} = 47.77 \text{ cm}^3$$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE16 | 869   | 106   | 8.2   | 20.1 | 16  | 0.5  |

$$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{455}{4} = 113.8 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 8.2 + 16 \times 10 = 168.2 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 100 \text{ cm}$$



تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

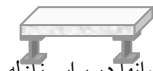
$$F_{ys} = 2400 \quad E_s = 2.04E+06 \quad n = \frac{E_s}{E_c} = 9$$

$$f'_c = 210 \quad E_c = 2.2E+05$$

$$\frac{b_e}{n} = 10.66 \quad \bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 10.7 \times 10 \times 21}{20.1 + 10.7 \times 10}$$

$$\bar{y} = 18.94 \text{ cm}$$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | F                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 869 + 20.1 \times (18.94 - 8)^2 + \frac{10.66 \times 10^3}{12} + 10.66 \times 10 \times 2.063$$

$$I_{tr} = 4381 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{4381}{7.1} = 620.3 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{4381}{18.9} = 231.4 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{68784}{106} = 648.9 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} = \frac{68784}{106} + \frac{207543}{231} = 1546 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_{tr})_t} = \frac{68784.06 + 207542.6}{9 \times 620} = 49.5 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{aligned} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} &= \frac{0.85 \times 210 \times 100 \times 10}{2} = 89250 \\ \frac{A_s F_y}{2} &= \frac{20.1 \times 2400}{2} = 24120 \end{aligned} \right. \Rightarrow V_h = 24120$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 6     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 6 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 5473$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{24120}{5473} = 4.407$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

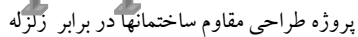
$$s = \frac{L}{2N} = 0.516 \Rightarrow \text{Use UNP 6 @ } 50 \text{ cm } (L = 6 \text{ cm})$$

فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

$$\left. \begin{aligned} V_D &= \frac{W_D L}{2} = 605 \text{ kg} \\ V_L &= \frac{W_L L}{2} = 1825 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 2429 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{2429}{16 \times 0.5} = 303.7 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | F                      | تیپ   |                |

A diagram of a square plate with a width of 5.33 and a height of 10. The plate is supported by a vertical stand. A dimension of 16 is shown for the total height of the assembly.

$$\frac{b_e}{2n} = 5.328$$

$$\bar{y} = \frac{20.1 \times 8 + 5.3 \times 10 \times 21}{20.1 + 5.3 \times 10} = 17.44$$

$$I_{tr}^* = 869 + 20.1 \times (17.44 - 8)^2 + \frac{5.328 \times 10^3}{12} + 5.328 \times 10 \times 3.561$$

$$I_{tr}^* = 3293 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_r^*} = \frac{5 \times 2.658 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 869} + \frac{5 \times 8.02 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293}$$

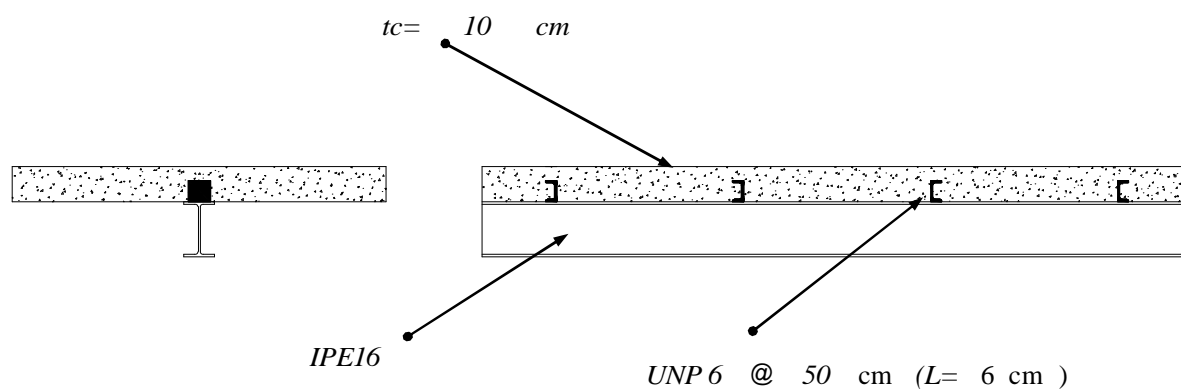
$$d_{\max} = 1.503 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{455}{240} = 1.90 \text{ cm}$$

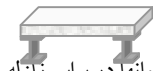
تغییر مکان تحت اثر بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{r^*}} = \frac{5 \times 8.02 \times 455^4}{384 \times 2.04E+06 \times 3293} = 0.67 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.67 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{455}{360} = 1.26 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر بارهای  
اعمالی بعد از سفت شدن بتن





|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
|         |       | G                      | تیپ   |                |

مشخصات تیر کامپوزیت

$S = 100 \text{ cm}$      $t_c = 10 \text{ cm}$      $L = 4.9 \text{ m}$

بار وارد بر هر تیر مرکب

وزن دال بتنی:  $1.00 \times 0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$

وزن سقف کاذب و گچکاری:  $1.00 \times 60 = 60 \text{ kg/m}$

سنگ گوهه:  $1.00 \times 0.02 \times 2700 = 54 \text{ kg/m}$

ملات ماسه سیمان:  $1.00 \times 0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}$

بار تیغه ها:  $1.00 \times 125 = 125 \text{ kg/m}$

بار زنده:  $1.00 \times 150 = 150 \text{ kg/m}$

وزن تیر فولادی:  $18.8 \text{ kg/m}$

بارچیلر:  $1.00 \times 510 = 510 \text{ kg/m}$

بار مرده وارد بر تیر مرکب قبل از سفت شدن بتن:  $W_D = 250 + 18.8 = 268.8 \text{ kg/m}$

بار های وارد بر تیر مرکب بعد از سفت شدن بتن:  $W_L = 60 + 54 + 63 + 125 + 660 = 962 \text{ kg/m}$

حداکثر خمشی ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های قبل از سفت شدن بتن

حداکثر خمشی ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

لنگر خمشی حداکثر ناشی از بار های بعد از سفت شدن بتن

$F_b = 0.6 F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$

مورد نیاز  $S_s = \frac{M_D}{F_b} = \frac{80674}{1440} = 56.02 \text{ cm}^3$

| نوع   | $I_s$ | $S_s$ | $b_f$ | $A$  | $h$ | $tw$ |
|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|
| IPE18 | 1320  | 146   | 9.1   | 23.9 | 18  | 0.53 |

$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{490}{4} = 122.5 \text{ cm} \\ B = 100 \text{ cm} \\ b_f + 16 t_c = 9.1 + 16 \times 10 = 169.1 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow b_e = 100 \text{ cm}$

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$F_{ys} = 2400$      $E_s = 2.04E+06$      $n = \frac{E_s}{E_c} = 9$

$f_c = 210$      $E_c = 2.2E+05$

$\frac{b_e}{n} = 10.66$      $\bar{y} = \frac{23.9 \times 9 + 10.7 \times 10 \times 23}{23.9 + 10.7 \times 10}$

$\bar{y} = 20.44 \text{ cm}$

فاصله مرکز سطح مقطع تبدیل یافته از تار پائینی



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/3     | صفحه  | G                      | تیپ   |                |

تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب

$$I_{tr} = 1320 + 23.9 \times (20.44 - 9)^2 + \frac{10.66 \times 10^3}{12} + 10.66 \times 10 \times 2.565$$

$$I_{tr} = 5606 \text{ cm}^4$$

ممان اینرسی مقطع تبدیل یافته

$$(Str)_t = \frac{5606}{7.6} = 741.1 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار فوقانی

$$(Str)_b = \frac{5606}{20.4} = 274.4 \text{ cm}^3$$

اساس مقطع نسبت به تار تحتانی

کنترل تنشها در حالت بدون استفاده از شمع بندی

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} = \frac{80674}{146} = 552.6 \text{ kg/cm}^2 < 0.6 F_y = 1440$$

تنش در تیر فولادی قبل از سفت شدن بتن

$$f_s = \frac{M_D}{S_s} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} = \frac{80674}{146} + \frac{288720}{274} = 1605 < 0.9 F_y = 2160$$

تنش کششی در فولاد بر اساس آئین نامه AISC

$$f_c = \frac{M_D + M_L}{n(S_{tr})_t} = \frac{80673.6 + 288720.3}{9 \times 741} = 55.38 < 0.45 f'_c = 94.5$$

تنش فشاری در بتن

طراحی برشگیرها

$$V_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.85 f'_c b_e t_c}{2} = \frac{0.85 \times 210 \times 100 \times 10}{2} = 89250 \\ \frac{A_s F_y}{2} = \frac{23.9 \times 2400}{2} = 28680 \end{array} \right. \Rightarrow V_h = 28680$$

نیروی برشی برای طراحی

| نوع   | $t_f$ | $t_w$ | $L_c$ |
|-------|-------|-------|-------|
| UNP 6 | 0.6   | 0.6   | 7     |

$$q_{all} = 0.15 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c} = 0.15 (1 + 0.5 \times 1) \times 7 \sqrt{210 \times 2.2E+05} = 6385$$

نیروی برشی مجاز برشگیر

$$N = \frac{V_h}{q_{all}} = \frac{28680}{6385} = 4.492$$

تعداد برشگیرها در محدوده لنگر حداکثر و صفر

$$s = \frac{L}{2N} = 0.545 \Rightarrow \boxed{\text{Use UNP 6 @ } 50 \text{ cm } (L = 7 \text{ cm})}$$

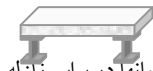
فاصله برشگیرها در طول تیر

کنترل برشی تیر

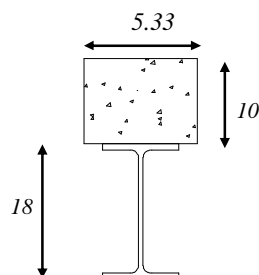
$$\left. \begin{array}{l} V_D = \frac{W_D L}{2} = 659 \text{ kg} \\ V_L = \frac{W_L L}{2} = 2357 \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_D + V_L = 3015 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{3015}{18 \times 0.53} = 316.1 < 0.4 F_y = 960 \text{ kg}$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/22 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر مرکب |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 3/3     | صفحه  | G                      | تیپ   |                |

کنترل تغییر مکان



$$\frac{b_e}{2n} = 5.328$$

$$\bar{y} = \frac{23.9 \times 9 + 5.3 \times 10 \times 23}{23.9 + 5.3 \times 10} = 18.66$$

استفاده از ضریب 2n بخاطر منظور نمودن اثرات افت و خزش بتن در بارگذاری طولانی است

$$I_{tr}^* = 1320 + 23.9 \times (18.66 - 9)^2 + \frac{5.328 \times 10^3}{12} + 5.328 \times 10 \times 4.335$$

$$I_{tr}^* = 4227 \text{ cm}^4$$

$$d_{\max} = \frac{5 W_D L^4}{384 E I_s} + \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 2.688 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 1320} + \frac{5 \times 9.62 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 4227}$$

$$d_{\max} = 1.587 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{490}{240} = 2.04 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر

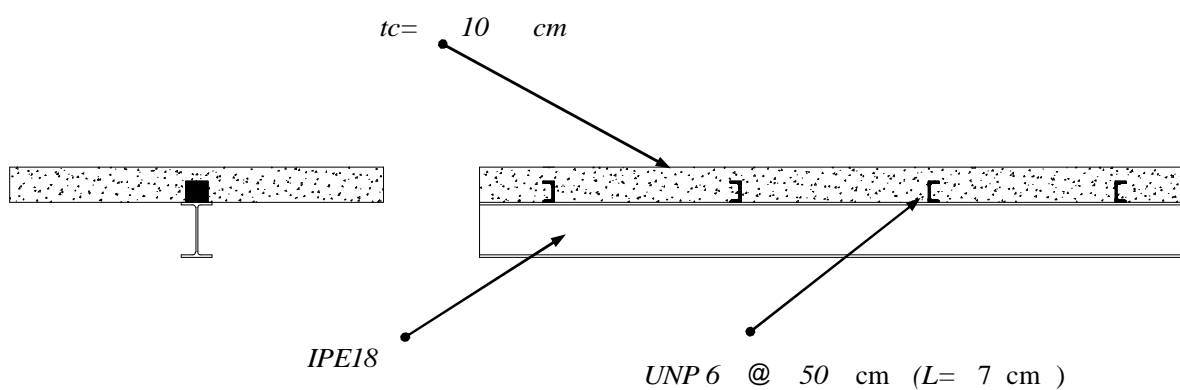
بارهای مرده و زنده

$$d_{\max} = \frac{5 W_L L^4}{384 E I_{tr}^*} = \frac{5 \times 9.62 \times 490^4}{384 \times 2.04E+06 \times 4227} = 0.84 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 0.84 \text{ cm} < \frac{L}{360} = \frac{490}{360} = 1.36 \text{ cm}$$

تغییر مکان تحت اثر بارهای

اعمالی بعد از سفت شدن بتن

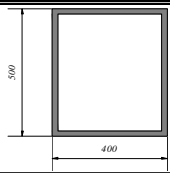
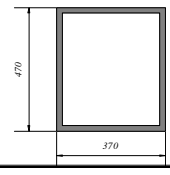
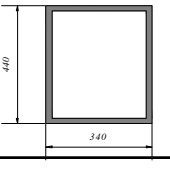
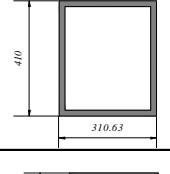
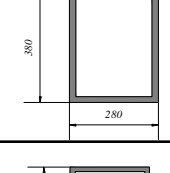
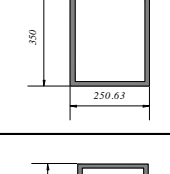
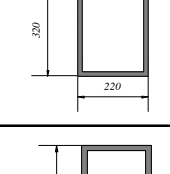
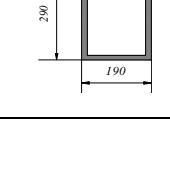


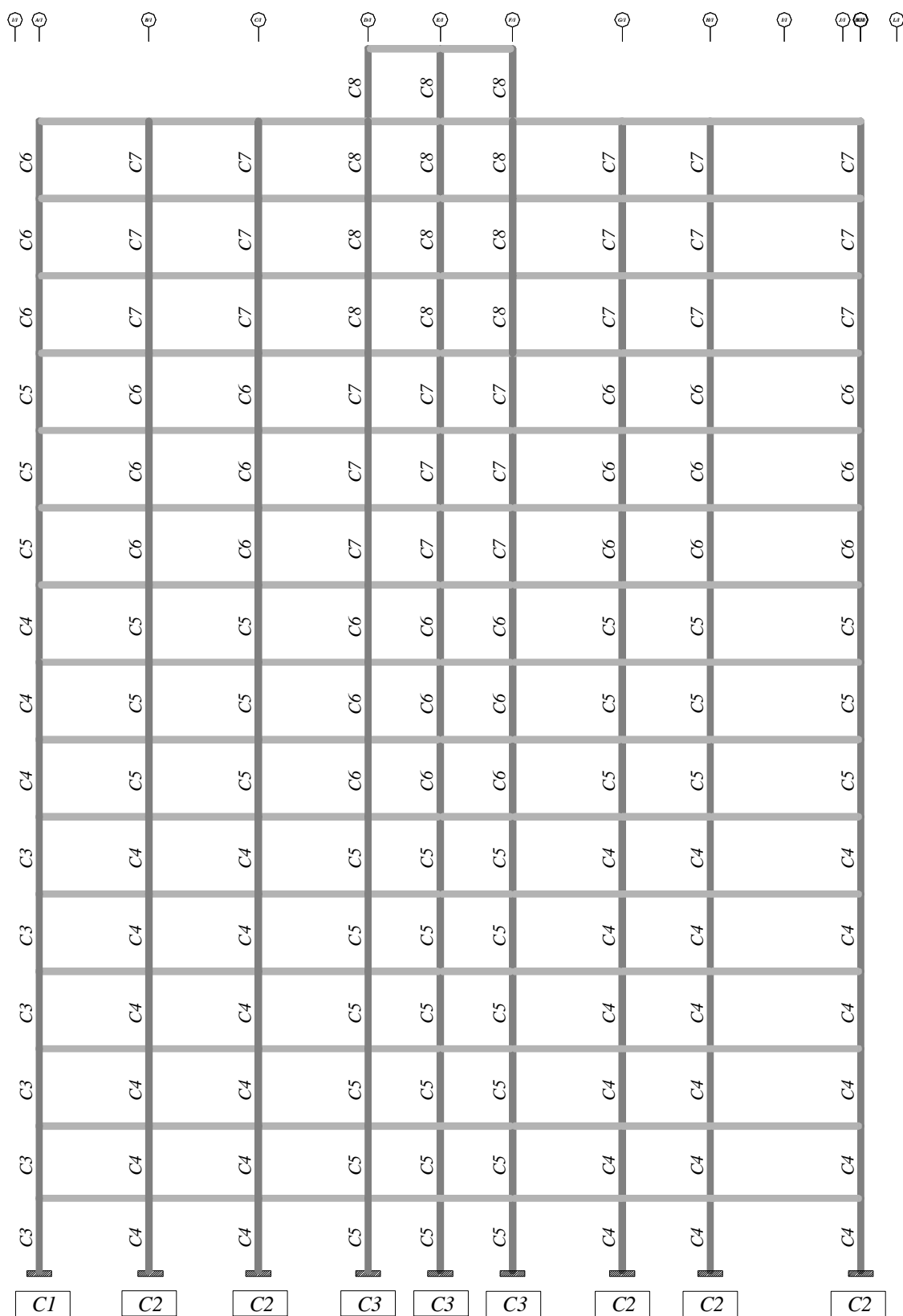


#### 4- طراحی تیر ستون

تیر ستون ها در 8 تیپ بر اساس آیین نامه *AISC* طراحی شده اند. مقاطع ستون ها بصورت جعبه ای مستطیلی می باشد. ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 14- می باشد.

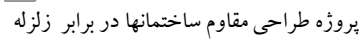
جدول 14-4: مشخصات هندسی مقاطع ستونها

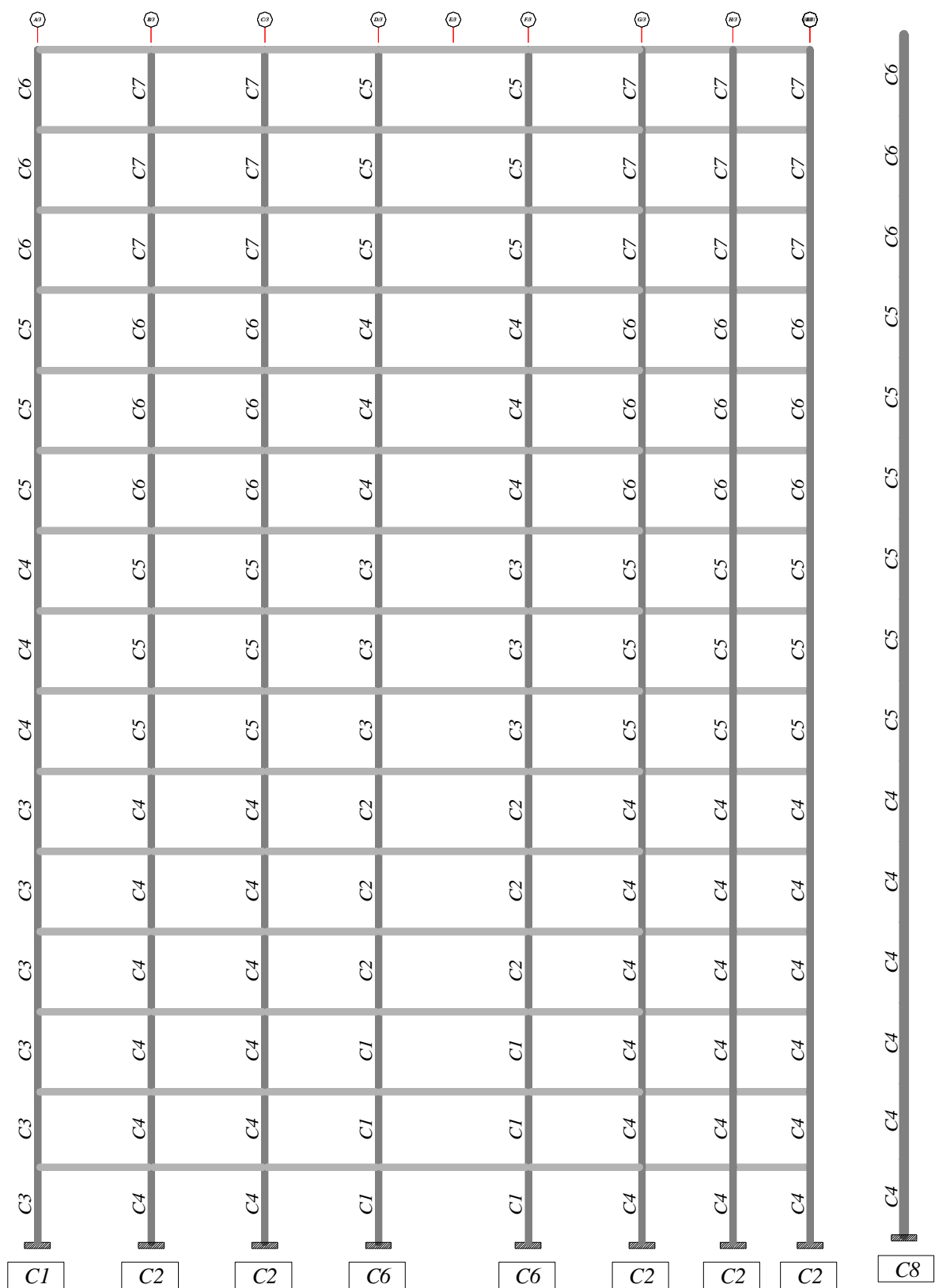
| SectionName | Shape   | $d$ | $b$ | $t_f$ | $t_w$ | $A$ | $I_{33}$ | $I_{22}$ | $A_2$ | $A_3$ | $S_{33}$ | $S_{22}$ | $Z_{33}$ | $Z_{22}$ | $R_{33}$ | $R_{22}$ |
|-------------|---|-----|-----|-------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| C1          |    | 50  | 40  | 2     | 2     | 344 | 124659   | 87819    | 200   | 160   | 4986     | 4391     | 5956     | 5096     | 19.04    | 15.98    |
| C2          |    | 47  | 37  | 2     | 2     | 320 | 101477   | 69617    | 188   | 148   | 4318     | 3763     | 5179     | 4379     | 17.81    | 14.75    |
| C3          |   | 44  | 34  | 2     | 2     | 296 | 81355    | 54115    | 176   | 136   | 3698     | 3183     | 4456     | 3716     | 16.58    | 13.52    |
| C4          |  | 41  | 31  | 2     | 2     | 272 | 64077    | 41097    | 164   | 124   | 3126     | 2651     | 3787     | 3107     | 15.35    | 12.29    |
| C5          |  | 38  | 28  | 2     | 2     | 248 | 49427    | 30347    | 152   | 112   | 2601     | 2168     | 3172     | 2552     | 14.12    | 11.06    |
| C6          |  | 35  | 25  | 1.5   | 1.5   | 171 | 29248    | 17178    | 105   | 75    | 1671     | 1374     | 2024     | 1597     | 13.08    | 10.02    |
| C7          |  | 32  | 22  | 1.5   | 1.5   | 153 | 21459    | 11819    | 96    | 66    | 1341     | 1074     | 1637     | 1255     | 11.84    | 8.79     |
| C8          |  | 29  | 19  | 1.5   | 1.5   | 135 | 15181    | 7701     | 87    | 57    | 1047     | 811      | 1291     | 953      | 10.60    | 7.55     |



*Elevation 1*

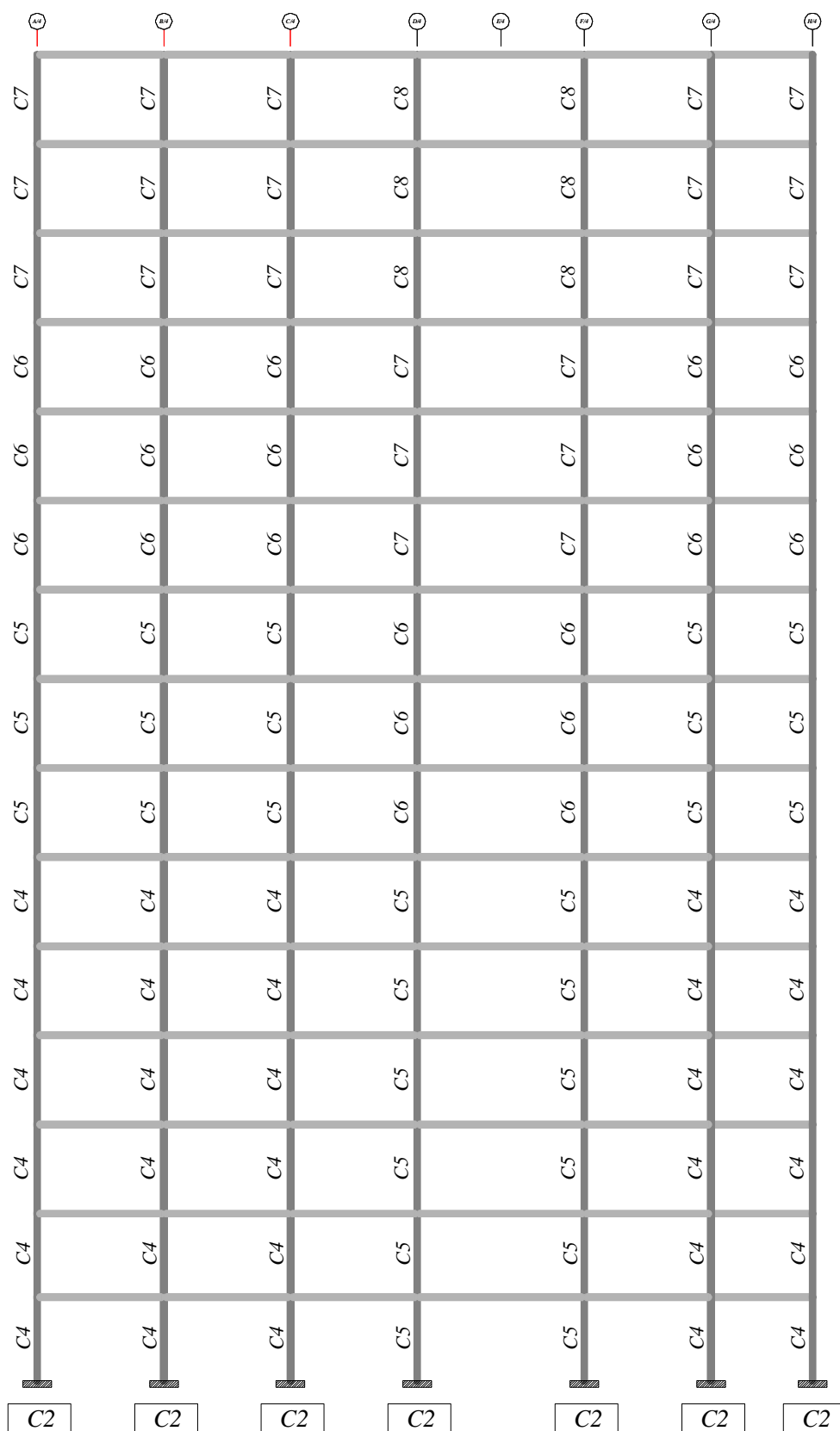






Elevation 3

Elevation J



Elevation 4



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | CI( story1-A1)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |          |                |                |                |                |
|----------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P        | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -137819  | 461.49         | 1089.43        | 106785.8       | 31553.33       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -61073.6 | 643.7          | -3959.89       | -1217088       | 114654.4       |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -145655  | 48.54          | 5594.04        | 1377267        | -67324.4       |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -55445.2 | -268.77        | -3670.17       | -1134293       | -160645        |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -151283  | 961.01         | 5304.31        | 1294472        | 207974.6       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -152966  | 4597.13        | 1206.17        | 198033.6       | 1376907        |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -53762.1 | -3904.89       | 427.97         | -37855         | -1329577       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -166721  | 6850.77        | 489.84         | -7924.59       | 2061559        |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -40007   | -6158.53       | 1144.31        | 168103.2       | -2014229       |

$L = 285$   
 $K_x = 1.873 \quad K_y = 1.79$

|                    |                      |              |               |                |  |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|--|
| مشخصات هندسی نيمرخ |                      |              |               |                |  |
|                    | $A = 296$            | $S_x = 3698$ | $r_x = 16.58$ | $A_{vx} = 170$ |  |
|                    |                      | $S_y = 3183$ | $r_y = 13.52$ | $A_{vy} = 134$ |  |
|                    |                      | $t_f = 2$    | $t_w = 2$     |                |  |
|                    | $C_3 = 44 \times 34$ |              |               |                |  |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| محاسبه تنش های مجاز   |  |  |  |  |  |
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.873 \times 285}{16.58} = 32.2 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.79 \times 285}{13.52} = 37.73 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 37.73$ |  |  |  |  |  |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.29$  |  |  |  |  |  |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.771$   |  |  |  |  |  |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1299$  |  |  |  |  |  |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$  |  |  |  |  |  |
| مقطع غير فشرده  |  |  |  |  |  |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| محاسبه تنش های موجود                                      |  |  |  |  |  |
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{166721}{296} = 563.2$          |  |  |  |  |  |
| $f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{2061559}{3698} = 557.5$ |  |  |  |  |  |
| $f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{7925}{3183} = 2.49$     |  |  |  |  |  |



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | CI( story1-A1)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{40}{2} = 20 \leq 40.72 \quad \frac{34}{2} = 17 \leq 40.72$$
  

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{563.2}{1299} = 0.434$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (III) \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{563.2}{1299} + \frac{473.9}{1440} + \frac{2.116}{1440} = 0.434 + 0.329 + 0.001 = 0.764 \leq 1$$

$$\frac{563.2}{1440} + \frac{557.5}{1440} + \frac{2.49}{1440} = 0.391 + 0.387 + 0.002 = 0.780 \leq 1$$
  

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I)   | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-------|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 466   | 0.358             | 0.323                 | 9        | 0.006                   | 34       | 0.023                   | -     | 0.383 | 0.353 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 206   | 0.159             | 0.143                 | 31       | 0.022                   | 382      | 0.266                   | -     | 0.403 | 0.430 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 492   | 0.379             | 0.342                 | 18       | 0.013                   | 433      | 0.300                   | -     | 0.645 | 0.655 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 187   | 0.144             | 0.130                 | 43       | 0.030                   | 356      | 0.247                   | 0.422 | -     | -     |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 511   | 0.393             | 0.355                 | 56       | 0.039                   | 407      | 0.282                   | -     | 0.667 | 0.676 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 517   | 0.398             | 0.359                 | 372      | 0.259                   | 62       | 0.043                   | -     | 0.654 | 0.661 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 182   | 0.140             | 0.126                 | 360      | 0.250                   | 12       | 0.008                   | 0.398 | -     | -     |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 563   | 0.434             | 0.391                 | 557      | 0.387                   | 2        | 0.002                   | -     | 0.764 | 0.780 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 135   | 0.104             | 0.094                 | 545      | 0.378                   | 53       | 0.037                   | 0.519 | -     | -     |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

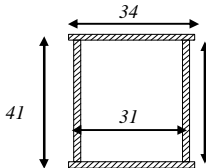
$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{5594}{170} = 33 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{33}{960} = 0.034$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{6851}{134} = 51 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{51}{960} = 0.053$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C2( story1-B1)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |           |                |                |                |                |  |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| ترکیب بار                  | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |  |
| 1 DL+LL                    | -187089   | 1121.28        | -511.94        | -44191.49      | 98290.83       | L = 285                                      |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -141631.7 | 989.96         | -5731.56       | -1184676       | 115935.7       |  |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -139001.8 | 691.96         | 4963.65        | 1118389        | 31500.53       |  |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -136336.4 | 460.03         | -5394.34       | -1110355       | -41953.13      | K <sub>x</sub> = 1.861 K <sub>y</sub> = 1.51 |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -144297.1 | 1221.89        | 4626.43        | 1044068        | 189389.4       |  |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -180507.9 | 4517.1         | 85.05          | 74535.99       | 1219124        |  |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -100125.6 | -2835.18       | -852.96        | -140823.2      | -1071688       |  |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -193462.4 | 5826.15        | -751.8         | -110466.2      | 1611784        |  |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -87171.13 | -4144.23       | -16.11         | 44178.99       | -1464348       |  |



A = 272 S<sub>x</sub> = 3126 r<sub>x</sub> = 15.35 A<sub>vx</sub> = 164  
S<sub>y</sub> = 2651 r<sub>y</sub> = 12.29 A<sub>vy</sub> = 124  
t<sub>f</sub> = 2 t<sub>w</sub> = 2  
C<sub>4</sub> = 41 × 31

| محاسبه تنش های مجاز  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.861 \times 285}{15.35} = 34.55 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.51 \times 285}{12.29} = 35.02 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 35.02$ |  |  |  |  |  |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5$  |  |  | $\beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.27$ |  |  |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.764$  |  |  |  |  |  |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1312$   |  |  |  |  |  |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$   |  |  |  |  |  |
| مقطع غیر فشرده   |  |  |  |  |  |

| محاسبه تنش های موجود  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{193462}{272} = 711.3$              |  |  |  |  |  |
| $f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{1611784}{3125.691} = 515.7$ |  |  |  |  |  |
| $f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{110466}{2651} = 41.67$      |  |  |  |  |  |



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | C2( story I-B1)        | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72 \qquad \frac{31}{2} = 15.5 \leq 40.72$$
  

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{711.3}{1312} = 0.542$$

(I)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$
  

(II)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{711.3}{1312} + \frac{438.3}{1440} + \frac{35.42}{1440} = 0.542 + 0.304 + 0.025 = 0.871 \leq 1$$

$$\frac{711.3}{1440} + \frac{515.7}{1440} + \frac{41.67}{1440} = 0.494 + 0.358 + 0.029 = 0.881 \leq 1$$
  

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 688   | 0.524             | 0.478                 | 31       | 0.022                   | 17       | 0.012                   | -   | 0.553 | 0.511 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 521   | 0.397             | 0.362                 | 37       | 0.026                   | 447      | 0.310                   | -   | 0.683 | 0.698 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 511   | 0.389             | 0.355                 | 10       | 0.007                   | 422      | 0.293                   | -   | 0.644 | 0.655 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 501   | 0.382             | 0.348                 | 13       | 0.009                   | 419      | 0.291                   | -   | 0.637 | 0.648 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 531   | 0.404             | 0.368                 | 61       | 0.042                   | 394      | 0.273                   | -   | 0.673 | 0.684 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 664   | 0.506             | 0.461                 | 390      | 0.271                   | 28       | 0.020                   | -   | 0.753 | 0.751 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 368   | 0.281             | 0.256                 | 343      | 0.238                   | 53       | 0.037                   | -   | 0.514 | 0.531 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 711   | 0.542             | 0.494                 | 516      | 0.358                   | 42       | 0.029                   | -   | 0.871 | 0.881 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 320   | 0.244             | 0.223                 | 468      | 0.325                   | 17       | 0.012                   | -   | 0.531 | 0.559 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

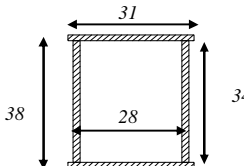
$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{4964}{164} = 30 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{30}{960} = 0.032$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{5826}{124} = 47 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{47}{960} = 0.049$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C3( story1-D1)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |           |                |                |                |                |   |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
| ترکیب بار                  | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |   |
| 1 DL+LL                    | -180894   | 230.6          | 648.48         | 4061.244       | 20643.13       | L = 285                                       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -98500.13 | 155.98         | -6037.21       | -900714        | 2041.53        |   |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -172840.9 | 189.92         | 7009.94        | 906805.9       | 28923.17       | K <sub>x</sub> = 1.785 K <sub>y</sub> = 1.618 |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -99885.17 | 53.15          | -5621.9        | -842682.3      | -26064.53      |   |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -171455.9 | 292.76         | 6594.63        | 848774.1       | 57029.23       |   |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -181989.8 | 3683.71        | 1074.47        | 87026.2        | 1035897        |   |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -89351.25 | -3337.8        | -101.75        | -80934.33      | -1004933       |   |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -178580.4 | 3938.08        | 42.56          | -57370.21      | 1105827        |   |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -92760.69 | -3592.18       | 930.16         | 63462.08       | -1074862       |   |



A = 248 S<sub>x</sub> = 2601 r<sub>x</sub> = 14.12 A<sub>vx</sub> = 152  
S<sub>y</sub> = 2168 r<sub>y</sub> = 11.06 A<sub>vy</sub> = 112  
t<sub>f</sub> = 2 t<sub>w</sub> = 2  
C<sub>s</sub> = 38 × 28

| محاسبه تنش های مجاز   |                |
|---|----------------|
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.785 \times 285}{14.12} = 36.03 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.618 \times 285}{11.06} = 41.69 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 41.69$ |                |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.32$  |                |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.782$   |                |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1279$  |                |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$  | مقطع غیر فشرده |

| محاسبه تنش های موجود                                     |  |
|--|--|
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{181990}{248} = 733.8$         |  |
| $f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{1035897}{2601} = 398.3$ |  |
| $f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{87026}{2168} = 40.14$   |  |





|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | C3( story1-D1)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.72 \qquad \frac{28}{2} = 14 \leq 40.72$$
  

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{733.8}{1279} = 0.574$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$
  

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{733.8}{1279} + \frac{338.5}{1440} + \frac{34.12}{1440} = 0.574 + 0.235 + 0.024 = 0.832 \leq 1$$

$$\frac{733.8}{1440} + \frac{398.3}{1440} + \frac{40.14}{1440} = 0.510 + 0.277 + 0.028 = 0.814 \leq 1$$
  

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 729   | 0.570             | 0.507                | 8        | 0.006                   | 2        | 0.001                   | -   | 0.576 | 0.513 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 397   | 0.310             | 0.276                | 1        | 0.001                   | 415      | 0.289                   | -   | 0.556 | 0.565 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 697   | 0.545             | 0.484                | 11       | 0.008                   | 418      | 0.290                   | -   | 0.798 | 0.782 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 403   | 0.315             | 0.280                | 10       | 0.007                   | 389      | 0.270                   | -   | 0.550 | 0.557 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 691   | 0.540             | 0.480                | 22       | 0.015                   | 392      | 0.272                   | -   | 0.784 | 0.767 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 734   | 0.574             | 0.510                | 398      | 0.277                   | 40       | 0.028                   | -   | 0.832 | 0.814 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 360   | 0.282             | 0.250                | 386      | 0.268                   | 37       | 0.026                   | -   | 0.532 | 0.544 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 720   | 0.563             | 0.500                | 425      | 0.295                   | 26       | 0.018                   | -   | 0.829 | 0.814 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 374   | 0.292             | 0.260                | 413      | 0.287                   | 29       | 0.020                   | -   | 0.554 | 0.567 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{7010}{152} = 46 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{46}{960} = 0.048$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{3938}{112} = 35 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{35}{960} = 0.037$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C4( story1-D2)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |         |                |                |                |                |
|----------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P       | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -287048 | 871.62         | -216.52        | -16979.7       | 78308.08       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -191886 | 632.69         | -6545.17       | -1439735       | 37336.74       |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -238686 | 674.74         | 6220.39        | 1414265        | 80125.38       |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -192421 | 456.09         | -6421.4        | -1410666       | -9254.7        |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -238151 | 851.34         | 6096.62        | 1385196        | 126716.8       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -215760 | 6884.84        | 53.49          | 49721.14       | 1766141        |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -214813 | -5577.41       | -378.27        | -75190.6       | -1648679       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -214446 | 7322.01        | -253.75        | -22688         | 1882091        |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -216126 | -6014.57       | -71.03         | -2781.53       | -1764628       |

$L = 285$   
 $K_x = 1.727 \quad K_y = 1.522$

|                    |                      |              |               |                |  |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|--|
| مشخصات هندسی نیمرخ |                      |              |               |                |  |
|                    | $A = 296$            | $S_x = 3698$ | $r_x = 16.58$ | $A_{vx} = 170$ |  |
|                    |                      | $S_y = 3183$ | $r_y = 13.52$ | $A_{vy} = 134$ |  |
|                    |                      | $t_f = 2$    | $t_w = 2$     |                |  |
|                    | $C_3 = 44 \times 34$ |              |               |                |  |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| محاسبه تنش های مجاز   |  |  |  |  |  |
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.727 \times 285}{16.58} = 29.69 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.522 \times 285}{13.52} = 32.08 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 32.08$ |  |  |  |  |  |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.24$  |  |  |  |  |  |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.756$   |  |  |  |  |  |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1326$  |  |  |  |  |  |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$  |  |  |  |  |  |
| مقطع غیر فشرده  |  |  |  |  |  |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| محاسبه تنش های موجود                                    |  |  |  |  |  |
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{287048}{296} = 969.8$        |  |  |  |  |  |
| $f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{78308}{3698} = 21.18$ |  |  |  |  |  |
| $f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{16980}{3183} = 5.334$ |  |  |  |  |  |



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | CI( story1-D2)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{40}{2} = 20 \leq 40.72$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{969.8}{1326} = 0.731$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (I)$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (II) \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (III) \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{969.8}{1326} + \frac{18}{1440} + \frac{4.534}{1440} = 0.731 + 0.012 + 0.003 = 0.747 \leq 1$$

$$\frac{969.8}{1440} + \frac{21.18}{1440} + \frac{5.334}{1440} = 0.673 + 0.015 + 0.004 = 0.692 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 970   | 0.731             | 0.673                 | 21       | 0.015                   | 5        | 0.004                   | -   | 0.747 | 0.692 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 648   | 0.489             | 0.450                 | 10       | 0.007                   | 452      | 0.314                   | -   | 0.762 | 0.771 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 806   | 0.608             | 0.560                 | 22       | 0.015                   | 444      | 0.309                   | -   | 0.883 | 0.884 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 650   | 0.490             | 0.451                 | 3        | 0.002                   | 443      | 0.308                   | -   | 0.753 | 0.761 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 805   | 0.607             | 0.559                 | 34       | 0.024                   | 435      | 0.302                   | -   | 0.884 | 0.885 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 729   | 0.550             | 0.506                 | 478      | 0.332                   | 16       | 0.011                   | -   | 0.841 | 0.849 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 726   | 0.547             | 0.504                 | 446      | 0.310                   | 24       | 0.016                   | -   | 0.825 | 0.830 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 724   | 0.546             | 0.503                 | 509      | 0.353                   | 7        | 0.005                   | -   | 0.851 | 0.861 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 730   | 0.551             | 0.507                 | 477      | 0.331                   | 1        | 0.001                   | -   | 0.833 | 0.839 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{6220}{170} = 37 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{37}{960} = 0.038$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{7322}{134} = 55 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{55}{960} = 0.057$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C5( story1-E2)         | تیپ   |                |

نیروهای و پارامترهای طراحی

| ترکیب بار         | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|-------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 DL+LL           | -233524   | 129.29         | -217.55        | -18090.79      | 12153.04       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -175221.4 | -2.44          | -5977.44       | -1194012       | -29872.15      |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -175064.6 | 196.38         | 5651.12        | 1166875        | 48101.72       |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -175096.2 | 17.58          | -5862.41       | -1169844       | -24022.01      |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -175189.9 | 176.36         | 5536.09        | 1142708        | 42251.58       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -149613.8 | 4374.7         | 91.09          | 42564.19       | 1331140        |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -200672.2 | -4180.76       | -417.41        | -69700.38      | -1312910       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -149918.2 | 4325.35        | -194.94        | -17662.25      | 1316640        |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -200367.8 | -4131.41       | -131.38        | -9473.932      | -1298410       |

L = 285  
K<sub>x</sub> = 1.861 K<sub>y</sub> = 1.51

A = 272 S<sub>x</sub> = 3126 r<sub>x</sub> = 15.35 A<sub>vx</sub> = 164  
S<sub>y</sub> = 2651 r<sub>y</sub> = 12.29 A<sub>vy</sub> = 124  
t<sub>f</sub> = 2 t<sub>w</sub> = 2  
C<sub>4</sub> = 41 × 31

مشخصات هندسی نیرخ

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.861 \times 285}{15.35} = 34.55 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.51 \times 285}{12.29} = 35.02 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 35.02$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.27$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.764$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1312$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{233524}{272} = 858.5$$

$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{122}{3125.691} = 0.039$$

$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{181}{2651} = 0.068$$

محاسبه تنش های موجود



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | C5( story1-E2)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72 \qquad \frac{31}{2} = 15.5 \leq 40.72$$
  

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{858.5}{1312} = 0.654$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$
  

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{858.5}{1312} + \frac{0.033}{1440} + \frac{0.058}{1440} = 0.654 + 0.000 + 0.000 = 0.654 \leq 1$$

$$\frac{858.5}{1440} + \frac{0.039}{1440} + \frac{0.068}{1440} = 0.596 + 0.000 + 0.000 = 0.596 \leq 1$$
  

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 859   | 0.654             | 0.596                 | 4        | 0.003                   | 7        | 0.005                   | -   | 0.661 | 0.604 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 644   | 0.491             | 0.447                 | 10       | 0.007                   | 450      | 0.313                   | -   | 0.762 | 0.767 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 644   | 0.491             | 0.447                 | 15       | 0.011                   | 440      | 0.306                   | -   | 0.759 | 0.763 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 644   | 0.491             | 0.447                 | 8        | 0.005                   | 441      | 0.306                   | -   | 0.756 | 0.759 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 644   | 0.491             | 0.447                 | 14       | 0.009                   | 431      | 0.299                   | -   | 0.753 | 0.756 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 550   | 0.419             | 0.382                 | 426      | 0.296                   | 16       | 0.011                   | -   | 0.680 | 0.689 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 738   | 0.562             | 0.512                 | 420      | 0.292                   | 26       | 0.018                   | -   | 0.826 | 0.822 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 551   | 0.420             | 0.383                 | 421      | 0.293                   | 7        | 0.005                   | -   | 0.673 | 0.680 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 737   | 0.561             | 0.512                 | 415      | 0.288                   | 4        | 0.002                   | -   | 0.809 | 0.803 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{5651}{164} = 34 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{34}{960} = 0.036$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{4375}{124} = 35 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{35}{960} = 0.037$$

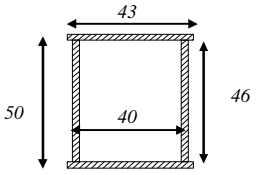


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C6( story1-D3)         | تیپ   |                |

نیروهای و پارامترهای طراحی

| ترکیب بار         | P       | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |   |
|-------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
| 1 DL+LL           | -350308 | 257.57         | 707.84         | 65688.52       | 20107.64       | L = 285                                       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -273895 | 158.87         | -7151.8        | -1965094       | -17797.4       |   |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -251567 | 227.47         | 8213.56        | 2063626        | 47958.9        | K <sub>x</sub> = 1.858 K <sub>y</sub> = 1.766 |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -274369 | -66.2          | -7341.4        | -2016196       | -84372.3       |   |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -251093 | 452.55         | 8403.16        | 2114729        | 114533.7       |   |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -259562 | 8179.55        | 468.63         | 45474.54       | 2465390        |   |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -265900 | -7793.21       | 593.13         | 53058.24       | -2435228       |   |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -258405 | 8735.93        | 937.14         | 172471.7       | 2631065        |   |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -267057 | -8349.58       | 124.62         | -73938.9       | -2600903       |   |

مشخصات هندسی نیمرخ



$$A = 344 \quad S_x = 4986 \quad r_x = 19.04 \quad A_{vx} = 200$$
$$S_y = 4391 \quad r_y = 15.98 \quad A_{vy} = 160$$
$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$
$$C_5 = 50 \times 40$$

محاسبه تنش های مجاز

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.858 \times 285}{19.04} = 27.81 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.766 \times 285}{15.98} = 31.5 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 31.5$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.24$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.755$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1328$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{350308}{344} = 1018$$
$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{20108}{4986} = 4.033$$
$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{65689}{4391} = 14.96$$



|         |       |                        |       |   |
|---------|-------|------------------------|-------|---|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی تیر ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |   |
| 2/2     | صفحه  | C6( story1-D3)         | تیپ   |   |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{46}{2} = 23 \leq 40.7 \qquad \frac{40}{2} = 20 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{1018}{1328} = 0.767$$

(I)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$


---

(II) \qquad (III)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{bx}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{1018}{1328} + \frac{3.428}{1440} + \frac{12.72}{1440} = 0.767 + 0.002 + 0.009 = 0.778 \leq 1$$

$$\frac{1018}{1440} + \frac{4.033}{1440} + \frac{14.96}{1440} = 0.707 + 0.003 + 0.010 = 0.720 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 1018  | 0.767             | 0.707                | 4        | 0.003                   | 15       | 0.010                   | -   | 0.778 | 0.720 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 796   | 0.599             | 0.553                | 4        | 0.002                   | 448      | 0.311                   | -   | 0.866 | 0.866 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 731   | 0.551             | 0.508                | 10       | 0.007                   | 470      | 0.326                   | -   | 0.834 | 0.841 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 798   | 0.600             | 0.554                | 17       | 0.012                   | 459      | 0.319                   | -   | 0.881 | 0.884 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 730   | 0.549             | 0.507                | 23       | 0.016                   | 482      | 0.334                   | -   | 0.847 | 0.857 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 755   | 0.568             | 0.524                | 494      | 0.343                   | 10       | 0.007                   | -   | 0.866 | 0.875 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 773   | 0.582             | 0.537                | 488      | 0.339                   | 12       | 0.008                   | -   | 0.877 | 0.884 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 751   | 0.565             | 0.522                | 528      | 0.366                   | 39       | 0.027                   | -   | 0.900 | 0.915 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 776   | 0.584             | 0.539                | 522      | 0.362                   | 17       | 0.012                   | -   | 0.902 | 0.913 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{8403}{200} = 42 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{42}{960} = 0.044$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{8736}{160} = 55 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{55}{960} = 0.057$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
| 1/2     | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
|         | صفحه  | C7( story1-D4)         | تیپ   |                |

| نبروهای و پارامترهای طراحی |         |                |                |                |                |
|----------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P       | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -210343 | -1349.09       | -313.76        | -30552.7       | -128441        |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -172394 | -1039.06       | -4235.02       | -848825        | -110725        |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -143122 | -984.57        | 3764.38        | 802995.5       | -81937         |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -174507 | -1139.65       | -4525.73       | -909831        | -138653        |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -141009 | -883.98        | 4055.09        | 864002.3       | -54008.3       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -112434 | 2585.42        | -457.34        | -66554.7       | 932209.5       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -203082 | -4609.05       | -13.3          | 20725.63       | -1124871       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -107258 | 2834.3         | 263.93         | 85220.79       | 1001707        |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -208257 | -4857.92       | -734.57        | -131050        | -1194368       |

$L = 285$   
 $K_x = 1.785 \quad K_y = 1.466$

| مشخصات هندسی نيمرخ |                      |              |               |                |  |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|--|
|                    | $A = 248$            | $S_x = 2601$ | $r_x = 14.12$ | $A_{vx} = 152$ |  |
|                    |                      | $S_y = 2168$ | $r_y = 11.06$ | $A_{vy} = 112$ |  |
|                    |                      | $t_f = 2$    | $t_w = 2$     |                |  |
|                    | $C_5 = 38 \times 28$ |              |               |                |  |

| محاسبه تنش های مجاز   |                |
|---|----------------|
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.785 \times 285}{14.12} = 36.03 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.466 \times 285}{11.06} = 37.78 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 37.78$ |                |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.29$  |                |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.771$   |                |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1299$  |                |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$  | مقطع غير فشرده |

| محاسبه تنش های موجود                                    |  |
|---|--|
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{210343}{248} = 848.2$        |  |
| $f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{128441}{2601} = 49.38$ |  |
| $f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{30553}{2168} = 14.09$  |  |





|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | C7( story1-D4)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.7 \qquad \frac{28}{2} = 14 \leq 40.72$$
  

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{848.2}{1299} = 0.653$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{848.2}{1299} + \frac{41.97}{1440} + \frac{11.98}{1440} = 0.653 + 0.029 + 0.008 = 0.690 \leq 1$$

$$\frac{848.2}{1440} + \frac{49.38}{1440} + \frac{14.09}{1440} = 0.589 + 0.034 + 0.010 = 0.633 \leq 1$$
  

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 848   | 0.653             | 0.589                 | 49       | 0.034                   | 14       | 0.010                   | -   | 0.690 | 0.633 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 695   | 0.535             | 0.483                 | 43       | 0.030                   | 392      | 0.272                   | -   | 0.791 | 0.784 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 577   | 0.444             | 0.401                 | 32       | 0.022                   | 370      | 0.257                   | -   | 0.682 | 0.680 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 704   | 0.542             | 0.489                 | 53       | 0.037                   | 420      | 0.291                   | -   | 0.821 | 0.817 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 569   | 0.438             | 0.395                 | 21       | 0.014                   | 399      | 0.277                   | -   | 0.685 | 0.686 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 453   | 0.349             | 0.315                 | 358      | 0.249                   | 31       | 0.021                   | -   | 0.579 | 0.585 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 819   | 0.630             | 0.569                 | 432      | 0.300                   | 10       | 0.007                   | -   | 0.891 | 0.876 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 432   | 0.333             | 0.300                 | 385      | 0.267                   | 39       | 0.027                   | -   | 0.584 | 0.595 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 840   | 0.647             | 0.583                 | 459      | 0.319                   | 60       | 0.042                   | -   | 0.953 | 0.944 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{4055}{152} = 27 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{27}{960} = 0.028$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{2834}{112} = 25 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{25}{960} = 0.026$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C8( story1-J)          | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |          |                |                |                |                |  |
|----------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| ترکیب بار                  | P        | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |  |
| 1 DL+LL                    | -154353  | 370.74         | -384.53        | -34267         | 43415.8        | L = 285                                      |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -122678  | 1208.04        | -3383.35       | -945833        | 9430.903       |  |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -108851  | -651.94        | 2806.55        | 894432.1       | 55692.8        | K <sub>x</sub> = 1.52 K <sub>y</sub> = 1.684 |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -115121  | 2120.33        | -3614.44       | -962039        | 253689.7       |  |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -116408  | -1564.23       | 3037.65        | 910638.7       | -188566        |  |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -63433.6 | 6295.99        | -1963          | -159678        | 1683181        |  |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -168096  | -5739.89       | 1386.2         | 108277.8       | -1618057       |  |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -82086   | 4037.42        | -1384.1        | -119051        | 1075556        |  |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -149443  | -3481.32       | 807.31         | 67650.8        | -1010433       |  |

| مشخصات هندسی نيمرخ |                   |         |                  |      |                  |       |
|--------------------|-------------------|---------|------------------|------|------------------|-------|
|                    | A =               | 272     | S <sub>x</sub> = | 3126 | r <sub>x</sub> = | 15.35 |
|                    |                   |         | S <sub>y</sub> = | 2651 | r <sub>y</sub> = | 12.29 |
|                    |                   |         | t <sub>f</sub> = | 2    | t <sub>w</sub> = | 2     |
|                    | C <sub>4</sub> =  | 41 × 31 |                  |      |                  |       |
|                    | A <sub>vx</sub> = | 164     |                  |      |                  |       |
|                    | A <sub>vy</sub> = | 124     |                  |      |                  |       |

| محاسبه تنش های مجاز  |  |
|--|--|
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1.52 \times 285}{15.35} = 28.22 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.684 \times 285}{12.29} = 39.05 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 39.05$ |  |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5$  | $\beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.30$ |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.775$  |  |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1293$   |  |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$   | مقطع غير فشرده                             |

| محاسبه تنش های موجود   |  |
|--|--|
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{168096}{272} = 618$               |  |
| $f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{1618057}{3125.691} = 517.7$ |  |
| $f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{108278}{2651} = 40.84$      |  |



|         |       |                        |       |   |
|---------|-------|------------------------|-------|---|
| 83/5/27 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی تیر ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |   |
| 2/2     | صفحه  | C8( story1-J)          | تیپ   |   |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72 \qquad \frac{31}{2} = 15.5 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{618}{1293} = 0.478$$

(I)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$


---

(II)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{618}{1293} + \frac{440}{1440} + \frac{34.72}{1440} = 0.478 + 0.306 + 0.024 = 0.808 \leq 1$$

$$\frac{618}{1440} + \frac{517.7}{1440} + \frac{40.84}{1440} = 0.429 + 0.359 + 0.028 = 0.817 \leq 1$$

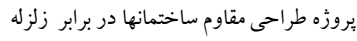
|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 567   | 0.439             | 0.394                 | 14       | 0.010                   | 13       | 0.009                   | -   | 0.455 | 0.413 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 451   | 0.349             | 0.313                 | 3        | 0.002                   | 357      | 0.248                   | -   | 0.561 | 0.563 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 400   | 0.310             | 0.278                 | 18       | 0.012                   | 337      | 0.234                   | -   | 0.519 | 0.525 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 423   | 0.327             | 0.294                 | 81       | 0.056                   | 363      | 0.252                   | -   | 0.590 | 0.602 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 428   | 0.331             | 0.297                 | 60       | 0.042                   | 344      | 0.239                   | -   | 0.569 | 0.578 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 233   | 0.180             | 0.162                 | 538      | 0.374                   | 60       | 0.042                   | -   | 0.534 | 0.578 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 618   | 0.478             | 0.429                 | 518      | 0.359                   | 41       | 0.028                   | -   | 0.808 | 0.817 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 302   | 0.233             | 0.210                 | 344      | 0.239                   | 45       | 0.031                   | -   | 0.463 | 0.480 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 549   | 0.425             | 0.382                 | 323      | 0.224                   | 26       | 0.018                   | -   | 0.631 | 0.624 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{3038}{164} = 19 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{19}{960} = 0.019$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{6296}{124} = 51 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{51}{960} = 0.053$$

[illegible][illegible]



|      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .843 | .816 | .767 | .715 | .687 | .673 | .622 | .651 | .597 | .545  | .532 | .683 | .614 | .574 | .481 | .416 | .536 | .679 | .586 | .428 | .388 |
| .468 | .857 | .796 | .741 | .681 | .621 | .554 | .646 | .585 | .533  | .478 | .786 | .526 | .495 | .527 | .526 | .524 | .621 | .534 | .293 | .384 |
| .428 | .855 | .799 | .752 | .691 | .633 | .568 | .658 | .595 | .539  | .498 | .715 | .581 | .548 | .618 | .527 | .524 | .695 | .554 | .297 | .481 |
| .466 | .791 | .786 | .697 | .654 | .597 | .604 | .682 | .555 | .4975 | .563 | .519 | .657 | .616 | .428 | .348 | .348 | .784 | .783 | .272 | .748 |
| .869 | .774 | .698 | .684 | .649 | .592 | .607 | .607 | .546 | .481  | .528 | .538 | .571 | .527 | .425 | .349 | .371 | .658 | .541 | .288 | .474 |
| .832 | .792 | .739 | .701 | .644 | .598 | .581 | .638 | .579 | .535  | .487 | .695 | .538 | .518 | .489 | .532 | .529 | .619 | .538 | .385 | .332 |
| .754 | .728 | .677 | .673 | .614 | .595 | .566 | .688 | .568 | .538  | .502 | .677 | .522 | .486 | .466 | .533 | .531 | .588 | .391 | .328 | .264 |
| .733 | .727 | .697 | .677 | .638 | .592 | .566 | .597 | .541 | .492  | .465 | .627 | .522 | .483 | .457 | .472 | .467 | .588 | .476 | .311 | .254 |



|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .771 | .789 | .584 | .648 | .600 | .578 | .537 | .486 | .624 | .588 | .454 | .571 | .546 | .542 | .585 | .482 | .433 | .386 | .433 | .295 | .433 |
| .885 | .849 | .759 | .669 | .609 | .578 | .537 | .486 | .624 | .588 | .454 | .571 | .546 | .542 | .585 | .482 | .433 | .386 | .433 | .295 | .433 |
| .377 | .462 | .542 | .558 | .492 | .535 | .531 | .541 | .513 | .489 | .583 | .468 | .431 | .484 | .449 | .478 | .519 | .378 | .465 | .301 | .433 |
| .862 | .794 | .719 | .641 | .572 | .521 | .494 | .475 | .516 | .520 | .528 | .433 | .387 | .457 | .594 | .618 | .560 | .544 | .449 | .301 | .433 |
| .948 | .946 | .854 | .759 | .683 | .627 | .597 | .742 | .541 | .560 | .528 | .433 | .387 | .457 | .594 | .618 | .560 | .544 | .449 | .301 | .433 |
| .351 | .422 | .448 | .489 | .491 | .461 | .420 | .485 | .405 | .387 | .456 | .631 | .546 | .627 | .595 | .538 | .529 | .423 | .725 | .493 | .318 |
| .928 | .908 | .815 | .721 | .651 | .601 | .629 | .625 | .561 | .561 | .712 | .572 | .546 | .684 | .595 | .538 | .529 | .423 | .725 | .493 | .318 |
| .791 | .768 | .683 | .608 | .555 | .584 | .533 | .498 | .477 | .446 | .478 | .612 | .582 | .627 | .595 | .538 | .529 | .423 | .725 | .493 | .318 |
| .841 | .835 | .769 | .699 | .639 | .581 | .594 | .477 | .446 | .446 | .478 | .612 | .582 | .627 | .595 | .538 | .529 | .423 | .725 | .493 | .318 |

ETABS v8.11

Elevation View - 4 Steel P-M Interaction Ratios

Kgt-cm Units



#### 1-4 کنترل روابط آیین نامه 2800 در طراحی ستونها

ستونها باید دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروی محوری ناشی از ترکیب زیر باشد

$$P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E \leq P_{SC}$$

که  $P_{SC} = 1.7F_a \cdot A$  مقاومت نهایی فشار محوری می باشد. برای کنترل این رابطه با استفاده از نرم افزار *Etabs* می توان با تغییر ترکیبات بارگذاری و تغییراتی در تنشهای خمشی مجاز این کار را انجام داد.

$$a = \frac{P}{P_{SC}} = \frac{F_a \cdot A}{1.7F_a \cdot A} = \frac{1}{1.7}$$

با ضرب ضریب  $a$  در رابطه آیین نامه 2800 داریم

$$a(P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E) \leq aP_{SC} = P = F_a \cdot A$$

$$0.59P_{DL} + 0.47P_{LL} + (0.24R)P_E \leq F_a \cdot A$$

لازم به ذکر است که در محاسبه نسبت تنشها توسط نرم افزار *Etabs* نسبت تنشهای ناشی از لنگر خمشی نیز وارد می گردد. برای حل این نقیصه تنشهای مجاز خمشی  $F_{b2}, F_{b3}$  را به حدی افزایش می دهیم که نسبت تنشهای خمشی برابر صفر گردد (استفاده از تنش خمشی مجاز  $100000 \text{ kg/cm}^2$  بجای  $1440 \text{ kg/cm}^2$ )  
با توجه به ضریب رفتار  $R=10$  رابطه فوق بصورت زیر در می آید:

$$0.59P_{DL} + 0.47P_{LL} + 2.4P_E \leq F_a \cdot A$$

بنابراین کنترل تنشها بر اساس ترکیبات بارگذاری زیر صورت می گیرد.

جدول 2-4: ترکیبات بارگذاری برای کنترل روابط آیین نامه 2800 در طراحی ستونها

| ترکیب بار |                           |
|-----------|---------------------------|
| 2800X1    | $0.59DL+0.47LL+2.4E_{X1}$ |
| 2800X2    | $0.59DL+0.47LL-2.4E_{X1}$ |
| 2800X3    | $0.59DL+0.47LL+2.4E_{X2}$ |
| 2800X4    | $0.59DL+0.47LL-2.4E_{X2}$ |
| 2800X5    | $0.59DL+0.47LL+2.4E_{Y1}$ |
| 2800X6    | $0.59DL+0.47LL-2.4E_{Y1}$ |
| 2800X7    | $0.59DL+0.47LL+2.4E_{Y2}$ |
| 2800X8    | $0.59DL+0.47LL-2.4E_{Y2}$ |



ETABS v8.11  
Elevation View - 1A Steel P-M Interaction Ratios

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| □ | .726 | .714 | .655 | .593 | .533 | .468 | .408 | .356 | .289 | .256 | .200 | .143 | .137 | .884 | .832 |
| □ | .766 | .755 | .691 | .617 | .545 | .473 | .458 | .379 | .312 | .367 | .289 | .211 | .164 | .186 | .843 |
| □ | .753 | .743 | .681 | .618 | .541 | .471 | .458 | .381 | .314 | .371 | .293 | .215 | .168 | .189 | .844 |
| □ | .762 | .747 | .685 | .611 | .541 | .468 | .453 | .494 | .414 | .389 | .316 | .241 | .204 | .147 | .884 |
| □ | .684 | .674 | .621 | .554 | .498 | .425 | .458 | .458 | .378 | .358 | .302 | .239 | .213 | .162 | .189 |
| □ | .686 | .678 | .613 | .546 | .483 | .419 | .452 | .442 | .371 | .348 | .283 | .215 | .183 | .134 | .881 |
| □ | .748 | .732 | .671 | .608 | .531 | .462 | .448 | .371 | .384 | .357 | .281 | .286 | .168 | .184 | .841 |
| □ | .755 | .745 | .683 | .613 | .544 | .475 | .464 | .384 | .317 | .376 | .298 | .228 | .174 | .114 | .847 |
| □ | .796 | .798 | .748 | .679 | .619 | .556 | .515 | .438 | .358 | .413 | .323 | .235 | .181 | .114 | .847 |

Kgf-m Units

ETABS v8.11  
Elevation View - 2 Steel P-M Interaction Ratios

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| □ | .786 | .693 | .648 | .563 | .533 | .467 | .447 | .380 | .318 | .296 | .227 | .177 | .185 | .117 | .849 |
| □ | .455 | .426 | .393 | .366 | .348 | .387 | .385 | .269 | .233 | .292 | .242 | .192 | .167 | .113 | .865 |
| □ | .464 | .433 | .399 | .372 | .346 | .313 | .311 | .275 | .237 | .297 | .247 | .196 | .169 | .114 | .865 |
| □ | .591 | .552 | .495 | .480 | .448 | .393 | .382 | .333 | .286 | .356 | .293 | .234 | .207 | .147 | .894 |
| □ | .585 | .578 | .512 | .580 | .434 | .392 | .468 | .398 | .332 | .323 | .276 | .224 | .214 | .181 | .139 |
| □ | .552 | .516 | .463 | .489 | .484 | .353 | .343 | .299 | .259 | .328 | .264 | .211 | .189 | .143 | .896 |
| □ | .493 | .456 | .414 | .497 | .341 | .381 | .293 | .254 | .217 | .268 | .223 | .176 | .151 | .181 | .858 |
| □ | .666 | .616 | .555 | .580 | .451 | .395 | .381 | .326 | .275 | .337 | .272 | .211 | .199 | .114 | .863 |
| □ | .815 | .747 | .659 | .567 | .477 | .448 | .362 | .295 | .241 | .279 | .283 | .143 | .112 | .872 | .866 |

Kgf-m Units



|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| □ | .784 | .692 | .639 | .582 | .533 | .487 | .447 | .388 | .318 | .296 | .238 | .176 | .184 | .117 | .848 |
| □ | .457 | .428 | .394 | .368 | .341 | .388 | .387 | .271 | .234 | .293 | .243 | .193 | .167 | .113 | .855 |
| □ | .461 | .432 | .399 | .373 | .346 | .313 | .311 | .274 | .237 | .296 | .245 | .194 | .167 | .113 | .854 |
| □ | .583 | .488 | .437 | .406 | .408 | .357 | .346 | .383 | .261 | .248 | .287 | .165 | .141 | .108 | .851 |
| □ | .582 | .479 | .456 | .435 | .399 | .356 | .345 | .382 | .261 | .248 | .286 | .163 | .140 | .899 | .851 |
| □ | .583 | .468 | .427 | .391 | .354 | .314 | .385 | .264 | .224 | .276 | .226 | .177 | .152 | .181 | .849 |
| □ | .367 | .349 | .326 | .305 | .283 | .257 | .255 | .225 | .192 | .239 | .198 | .156 | .133 | .898 | .845 |
| □ | .688 | .651 | .586 | .513 | .448 | .384 | .359 | .298 | .243 | .285 | .221 | .162 | .129 | .878 | .834 |

ETABS v8.11  
Elevation View - 3 Steel P-M Interaction Ratios

Kgf-m Units

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| □ | .742 | .721 | .688 | .597 | .535 | .459 | .405 | .368 | .289 | .332 | .256 | .187 | .143 | .898 | .836 |
| □ | .774 | .762 | .698 | .623 | .551 | .479 | .456 | .385 | .316 | .373 | .294 | .215 | .167 | .188 | .844 |
| □ | .766 | .757 | .695 | .622 | .552 | .482 | .468 | .389 | .321 | .379 | .299 | .219 | .171 | .111 | .885 |
| □ | .862 | .834 | .761 | .679 | .608 | .519 | .445 | .343 | .252 | .419 | .333 | .245 | .194 | .125 | .851 |
| □ | .849 | .821 | .758 | .678 | .592 | .512 | .437 | .337 | .247 | .414 | .329 | .243 | .194 | .125 | .851 |
| □ | .746 | .739 | .688 | .609 | .541 | .472 | .451 | .381 | .313 | .368 | .291 | .214 | .167 | .118 | .845 |
| □ | .897 | .854 | .777 | .695 | .615 | .528 | .497 | .413 | .334 | .386 | .298 | .213 | .157 | .895 | .837 |

ETABS v8.11  
Elevation View - 4 Steel P-M Interaction Ratios

Kgf-m Units

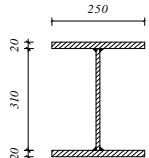
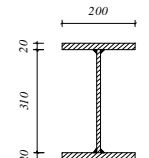
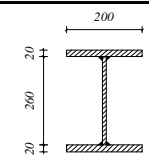
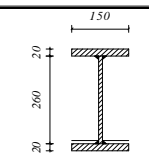
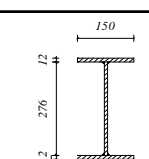
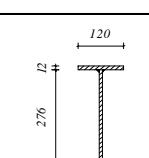
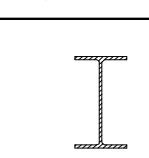


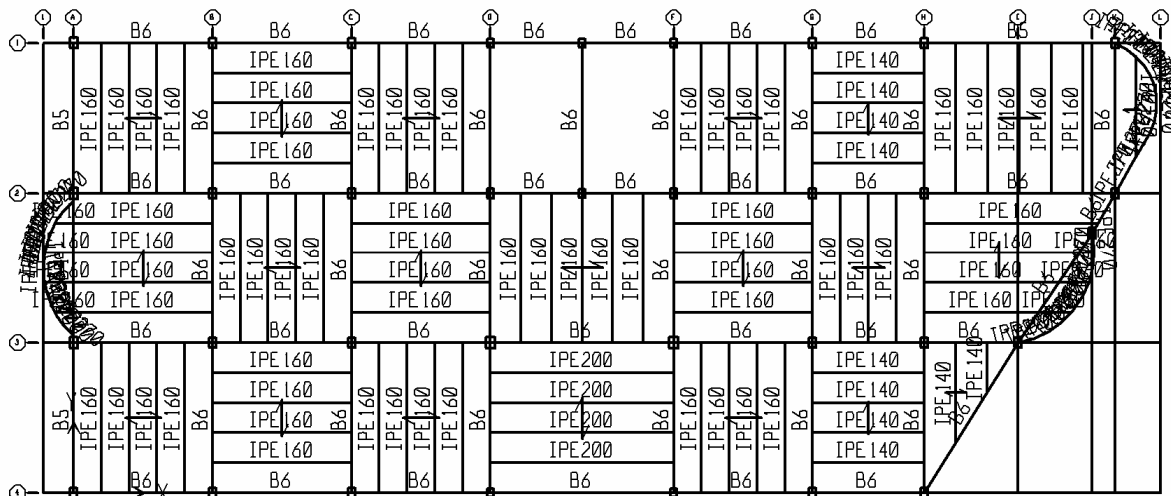


## 5- طراحی تیر ورق

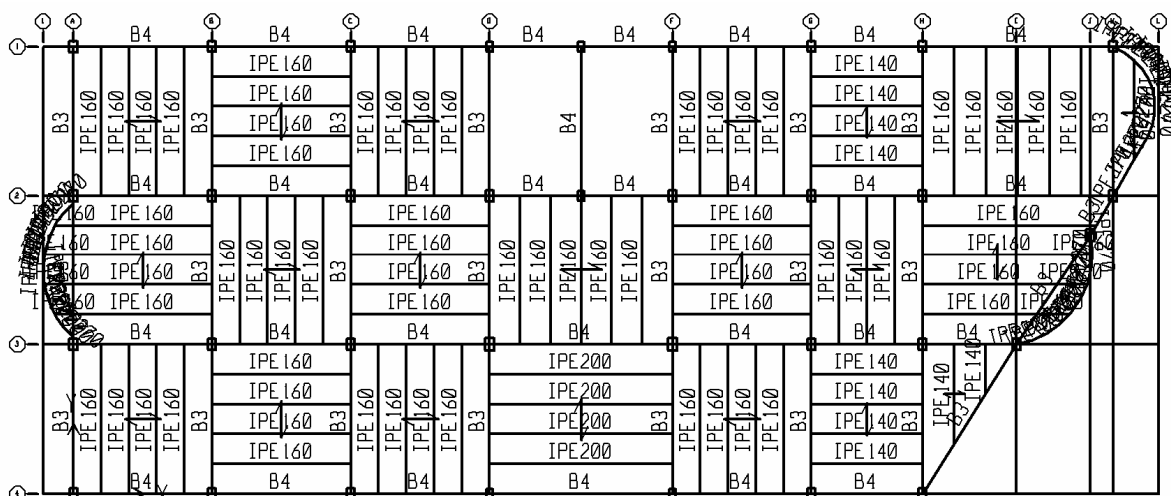
تیرورق ها در 7 تیپ بر اساس آیین نامه AISC طراحی شده اند . ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 15- می باشد .

جدول 1-5: مشخصات هندسی تیرها

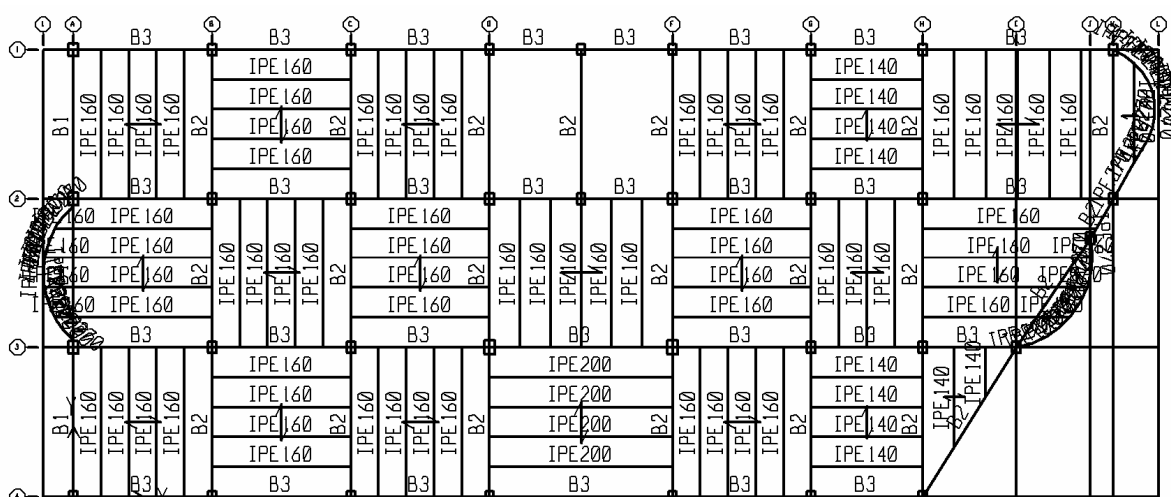
| SectionName | Shape   | d  | b    | $t_f$ | $t_w$ | A     | $I_{33}$ | $I_{22}$ | $A_2$ | $A_3$ | $S_{33}$ | $S_{22}$ | $Z_{33}$ | $Z_{22}$ | $R_{33}$ | $R_{22}$ |
|-------------|---|----|------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| B1          |    | 35 | 25   | 2     | 1     | 131   | 29741    | 5211     | 35    | 83    | 1699     | 417      | 1890     | 633      | 15.07    | 6.31     |
| B2          |    | 35 | 20   | 2     | 1     | 111   | 24289    | 2669     | 35    | 67    | 1388     | 267      | 1560     | 408      | 14.79    | 4.90     |
| B3          |    | 30 | 20   | 2     | 1     | 106   | 17171    | 2669     | 30    | 67    | 1145     | 267      | 1289     | 407      | 12.73    | 5.02     |
| B4          |  | 30 | 15   | 2     | 1     | 86    | 13245    | 1127     | 30    | 50    | 883      | 150      | 1009     | 232      | 12.41    | 3.62     |
| B5          |  | 30 | 15   | 1.2   | 0.8   | 58.08 | 8871     | 676      | 24    | 30    | 591      | 90       | 671      | 139      | 12.36    | 3.41     |
| B6          |  | 30 | 12   | 1.2   | 0.8   | 50.88 | 7377     | 347      | 24    | 24    | 492      | 58       | 567      | 91       | 12.04    | 2.61     |
| IPE270      |  | 27 | 13.5 | 1.02  | 0.66  | 45.9  | 5790     | 420      | 18    | 23    | 429      | 62       | 484      | 97       | 11.23    | 3.02     |



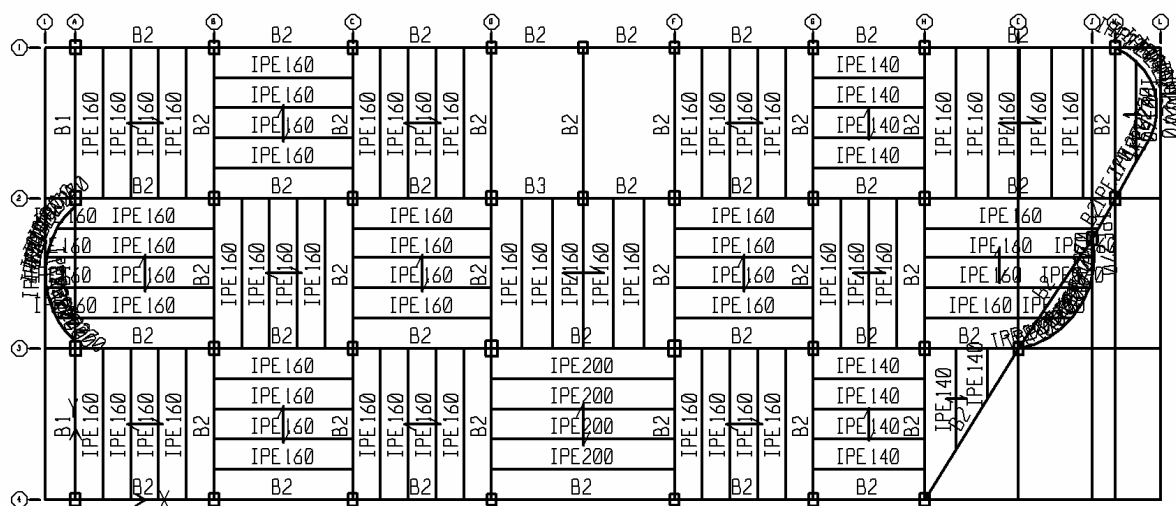
مقطع تیرهای - طبقات 13-14-15



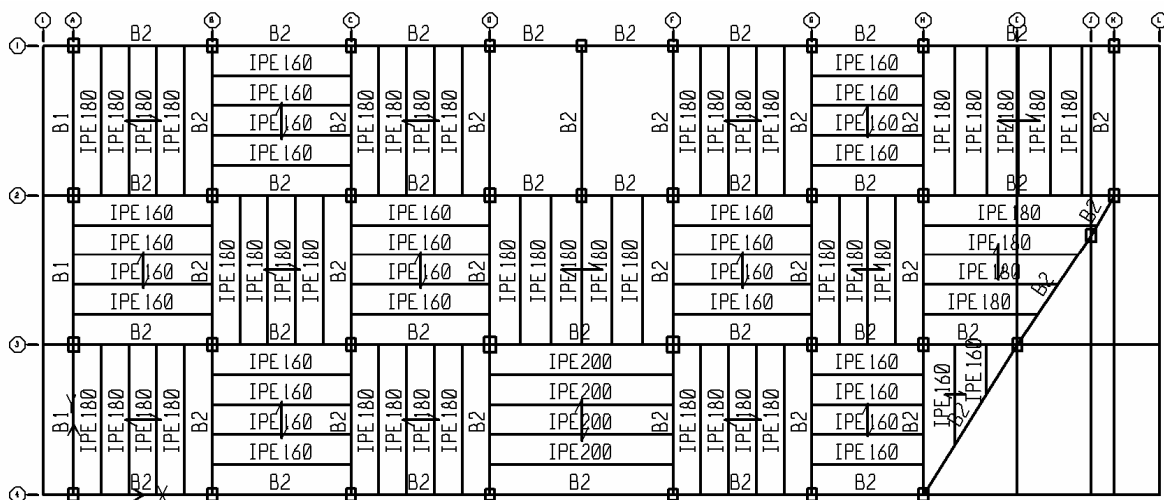
مقطع تیرهای - طبقات 10-11-12



مقطع تیرهای - طبقات 4-5-6-7-8-9



مقطع تیرهای - طبقه 3



مقطع تیرهای - طبقات 2-1



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B1(Story 1 +A2-A3)     | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           |                   |                   |                   |                   |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ترکیب بار | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|           | 6.55              | -6.61             | 8.02              | -14.58            |
|           | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL-EY2)$ | $0.75(DL+LL-EY2)$ |

خصوصیات هندسی مقطع

|         |       |         |      |         |      |
|---------|-------|---------|------|---------|------|
| $I_3 =$ | 29741 | $S_3 =$ | 1699 | $A_v =$ | 35   |
| $h =$   | 31    | $d =$   | 35   | $b =$   | 25.0 |
| $t_f =$ | 2.0   | $t_w =$ | 1.0  | $L =$   | 490  |

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1} = 31 \leq 337$$

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{25}{4} = 6.25 \leq 8.9$$

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز

$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{25^3 \times 2.0}{12} + \frac{31 \times 1.0^3}{72} = 1303$$

$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 50 + \frac{31}{6} = 55.17$$

$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{1303}{55.17}} = 4.86$$

$$L_b = 91 \quad C_b = 1.754 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{4.86} = 18.73$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$$

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b / r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b / r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$

$$(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 35 / 50} = 2313$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B1(Story I +A2-A3)     | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1.0} = 31 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1.0} = 31 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{6.61 \times 1000}{31 \times 1.0} = 213.2 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{14.58 \times 10^5}{1699} = 858 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{858}{1440} = 0.596$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h \cdot t_w \cdot F_v = 31 \times 1.0 \times 960 = 29760$

$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{29760 \times 825}{29741} = 825.5 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{825.5}{1040} = 0.794$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$L_w = 60$

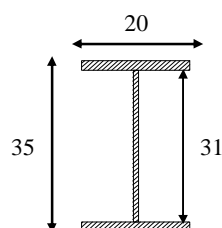


|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
| 1/2     | صفحه  | B2(Story 3 + A1-B1)    | تیر   |               |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |

نیروهای طراحی

|           | $V_2^+$                   | $V_2^-$                    | $M_3^+$                     | $M_3^-$                   |
|-----------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| ترکیب بار | 8.10<br>$0.75(DL+LL+EX1)$ | -8.73<br>$0.75(DL+LL+EX2)$ | -13.83<br>$0.75(DL+LL+EX2)$ | 8.06<br>$0.75(DL+LL+EX2)$ |

خصوصیات هندسی مقطع



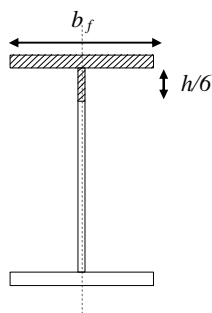
$$\begin{aligned}
 I_3 &= 24289 & S_3 &= 1388 & A_v &= 35 \\
 h &= 31 & d &= 35 & b &= 20.0 \\
 t_f &= 2.0 & t_w &= 1.0 & L &= 485
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &\leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1} = 31 \leq 337 \\
 \frac{b}{2t_f} &\leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{20}{4} = 5 \leq 8.9
 \end{aligned}$$

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز



$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{20^3 \times 2.0}{12} + \frac{31 \times 1.0^3}{72} = 667.3$$

$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 40 + \frac{31}{6} = 45.17$$

$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{667.3}{45.17}} = 3.84$$

$$L_b = 91 \quad C_b = 1.754 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{3.84} = 23.68$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$$

$$(I) \left\{ \begin{aligned} &\text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ &\text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ &\text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$

$$(II) \quad F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 35 / 40} = 1850$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B2(Story 3 + A1-B1)    | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1.0} = 31 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین  
اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{31}{1.0} = 31 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{8.73 \times 1000}{31 \times 1.0} = 281.6 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنش خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{13.83 \times 10^5}{1388} = 996 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{996}{1440} = 0.692$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h \cdot t_w \cdot F_v = 31 \times 1.0 \times 960 = 29760$

$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{29760 \times 660}{24289} = 808.7 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{808.7}{1040} = 0.778$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$L_w = 52.5$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B3(Story 4 + C1-D1)    | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           |                   |                   |                   |                   |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ترکیب بار | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|           | 8.13              | -8.32             | 8.06              | -12.55            |
|           | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL+EX1)$ |

خصوصیات هندسی مقطع

|         |         |         |  |
|---------|---------|---------|--|
| $I_3 =$ | $S_3 =$ | $A_v =$ |  |
| 17171   | 1145    | 30      |  |
| $h =$   | $d =$   | $b =$   |  |
| 26      | 30      | 20.0    |  |
| $t_f =$ | $t_w =$ | $L =$   |  |
| 2.0     | 1.0     | 455     |  |

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1} = 26 \leq 337$$

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{20}{4} = 5 \leq 8.9$$

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز

$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{20^3 \times 2.0}{12} + \frac{26 \times 1.0^3}{72} = 667.2$$

$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 40 + \frac{26}{6} = 44.33$$

$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{667.2}{44.33}} = 3.88$$

$$L_b = 91 \quad C_b = 1.754 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{3.88} = 23.46$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$$

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$

$$(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 30 / 40} = 2159$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$$





|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B3(Story 4 + Cl-D1)    | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

$$(I) \quad \frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 < 260$$
$$(II) \quad f_v < F_v \quad \text{if} \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$$
$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{8.32 \times 1000}{26 \times 1.0} = 320 < F_v = 960$$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{12.55 \times 10^5}{1145} = 1096 \leq F_b = 1440$$
$$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1096}{1440} = 0.761$$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$$V_{max} = h . t_w . F_v = 26 \times 1.0 \times 960 = 24960$$
$$f_{vs} = \frac{V_{max} . Q}{I} = \frac{24960 \times 560}{17171} = 814 \text{ kg/cm}$$

حداکثر جریان برش

$$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$$

ظرفیت برشی جوش

$$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{814}{1040} = 0.783$$

درصد جوش منقطع

$$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$$

حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$$L_w = 55$$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B4(Story10 +C1-D1)     | تیپ   |               |

|               |                   |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| نیروهای طراحی |                   |                   |                   |                   |
|               | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|               | 6.47              | -7.05             | 5.54              | -9.61             |
| ترکیب بار     | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ |

|                    |         |       |         |      |
|--------------------|---------|-------|---------|------|
| خصوصیات هندسی مقطع |         |       |         |      |
|                    | $I_3 =$ | 13244 | $S_3 =$ | 883  |
|                    | $h =$   | 26    | $d =$   | 30   |
|                    | $t_f =$ | 2.0   | $t_w =$ | 1.0  |
|                    | $L =$   | 455   | $b =$   | 15.0 |
| $A_v = 30$         |         |       |         |      |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت  |  |  |  |  |
| $\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1} = 26 \leq 337$ |  |  |  |  |
| $\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{15}{4} = 3.75 \leq 8.9$          |  |  |  |  |
| آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)  |  |  |  |  |

|   |         |   |         |   |
|---|---------|---|---------|---|
| تعیین تنش خمشی مجاز   |         |   |         |   |
|   | $I_T =$ | $\frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72}$ | $=$     | $\frac{15^3 \times 2.0}{12} + \frac{26^3 \times 1.0}{72} = 281.8$ |
|   | $A_T =$ | $A_f + \frac{A_w}{6}$                                     | $=$     | $30 + \frac{26}{6} = 34.33$                                       |
|   | $r_T =$ | $\sqrt{\frac{I_T}{A_T}}$                                  | $=$     | $\sqrt{\frac{281.8}{34.33}} = 2.86$                               |
|   | $L_b =$ | 91  | $C_b =$ | 1.332   |
| $\frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{2.86} = 31.76$   |         |   |         |   |
| $I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 63.21$   |         |   |         |   |
| $I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 141.4$  |         |   |         |   |
| $(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b / r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b / r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$ |         |   |         |   |
| $(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.332}{91 \times 30 / 30} = 1230$   |         |   |         |   |
| $F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1229.538$  |         |   |         |   |



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B4(Story10 + Cl-D1)    | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین  
اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{7.05 \times 1000}{26 \times 1.0} = 271.2 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{9.61 \times 10^5}{883} = 1088 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1088}{1440} = 0.756$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h . t_w . F_v = 26 \times 1.0 \times 960 = 24960$

$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{24960 \times 420}{13244} = 791.5 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{791.5}{1040} = 0.761$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$L_w = 50$

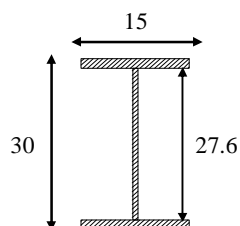


|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B5(Story13 +A3-A4)     | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ترکیب بار | 3.81              | -3.09             | 3.78              | -6.33             |
|           | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL-EY2)$ | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL+EY2)$ |

خصوصیات هندسی مقطع



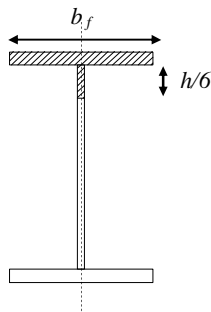
$$\begin{aligned}
 I_3 &= 8871 & S_3 &= 591 & A_v &= 24 \\
 h &= 27.6 & d &= 30 & b &= 15.0 \\
 t_f &= 1.2 & t_w &= 0.8 & L &= 490
 \end{aligned}$$

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &\leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 337 \\
 \frac{b}{2t_f} &\leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{15}{2.4} = 6.25 \leq 8.9
 \end{aligned}$$

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز



$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{15^3 \times 1.2}{12} + \frac{27.6 \times 0.8^3}{72} = 281.5$$

$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 18 + \frac{22.08}{6} = 21.68$$

$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{281.5}{21.68}} = 3.60$$

$$L_b = 45 \quad C_b = 1.803 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{45}{3.60} = 12.49$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 73.55 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 164.5$$

$$(I) \left\{ \begin{aligned} &\text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ &\text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b / r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ &\text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b / r_T)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$

$$(II) \quad F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.803}{45 \times 30 / 18} = 2019$$

$$F_b = \max(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B5(Story13 + A3-A4)    | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{3.81 \times 1000}{27.6 \times 0.8} = 172.6 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{6.33 \times 10^5}{591} = 1071 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1071}{1440} = 0.744$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h . t_w . F_v = 27.6 \times 0.8 \times 960 = 21196.8$

$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{21197 \times 259.2}{8871} = 619.3 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{619.3}{1040} = 0.596$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 0.8 = 12.8 \Rightarrow L_i = 12.5$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$L_w = 22.5$



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B5(Story13 +A3-A4)     | تیپ   |               |

|               |                   |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| نیروهای طراحی |                   |                   |                   |                   |
|               | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
| ترکیب بار     | 3.81              | -3.09             | 3.78              | -6.33             |
|               | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL-EY2)$ | $0.75(DL+LL+EY2)$ | $0.75(DL+LL+EY2)$ |

|                    |         |      |         |      |
|--------------------|---------|------|---------|------|
| خصوصیات هندسی مقطع |         |      |         |      |
|                    | $I_3 =$ | 8871 | $S_3 =$ | 591  |
|                    | $h =$   | 27.6 | $d =$   | 30   |
|                    | $t_f =$ | 1.2  | $t_w =$ | 0.8  |
|                    |         |      | $A_v =$ | 24   |
|                    |         |      | $b =$   | 15.0 |
|                    |         |      | $L =$   | 490  |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت  |  |  |  |  |
| $\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 337$ |  |  |  |  |
| $\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{15}{2.4} = 6.25 \leq 8.9$              |  |  |  |  |
| آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)  |  |  |  |  |

|   |   |   |   |       |
|---|---|---|---|-------|
| تعیین تنش خمشی مجاز   |   |   |   |       |
|   | $I_T =$   | $\frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} =$ | $\frac{15^3 \times 1.2}{12} + \frac{27.6 \times 0.8^3}{72} =$ | 281.5 |
|   | $A_T = A_f + \frac{A_w}{6} =$                                 | $18 + \frac{22.08}{6} =$                                    |   | 21.68 |
|   | $r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{281.5}{21.68}} =$ |   |   | 3.60  |
|   | $L_b =$   | 45  | $C_b =$   | 1.803 |
|   | $\frac{L_b}{r_T} =$   | $\frac{45}{3.60} =$   |   | 12.49 |
|   | $I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} =$               | 73.55   | $I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} =$              | 164.5 |
| $(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$ |   |   |   |       |
| $(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.803}{45 \times 30 / 18} = 2019$   |   |   |   |       |
| $F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$  |   |   |   |       |



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/5/29 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B5(Story13 +A3-A4)     | نیمپ  |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{3.81 \times 1000}{27.6 \times 0.8} = 172.6 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{6.33 \times 10^5}{591} = 1071 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1071}{1440} = 0.744$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h . t_w . F_v = 27.6 \times 0.8 \times 960 = 21196.8$

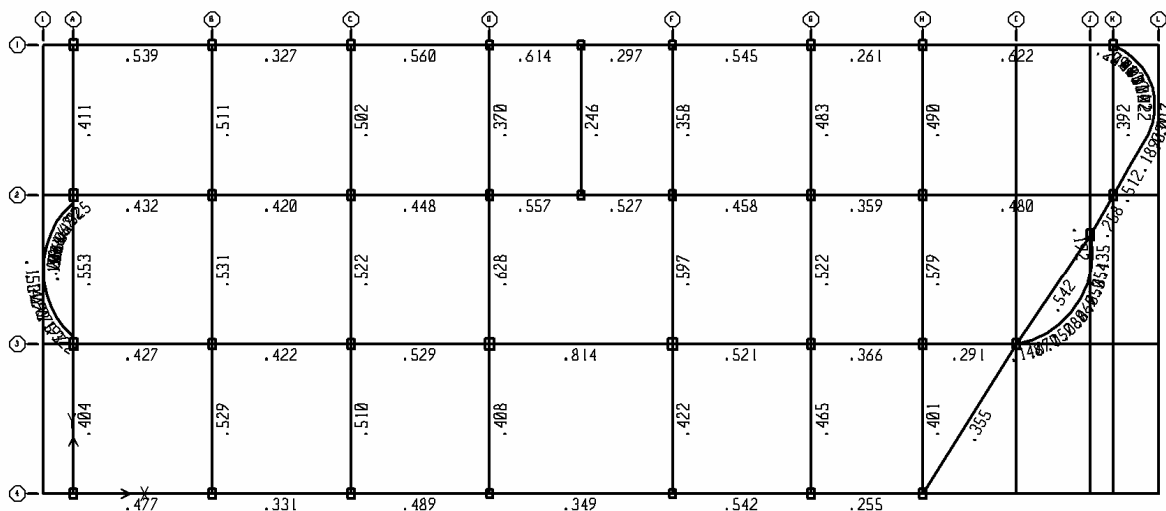
$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{21197 \times 259.2}{8871} = 619.3 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

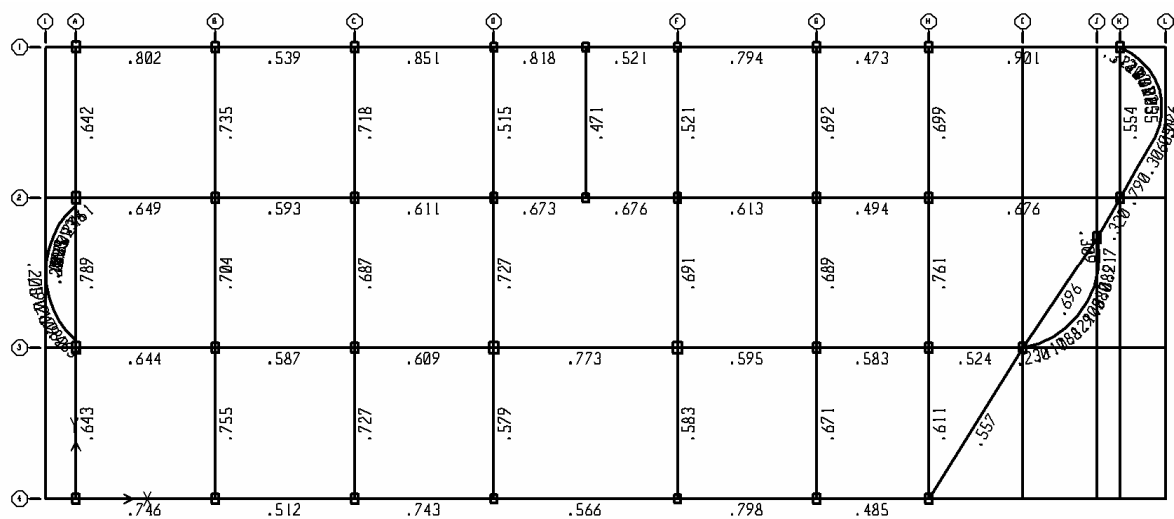
$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{619.3}{1040} = 0.596$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 0.8 = 12.8 \Rightarrow L_i = 12.5$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

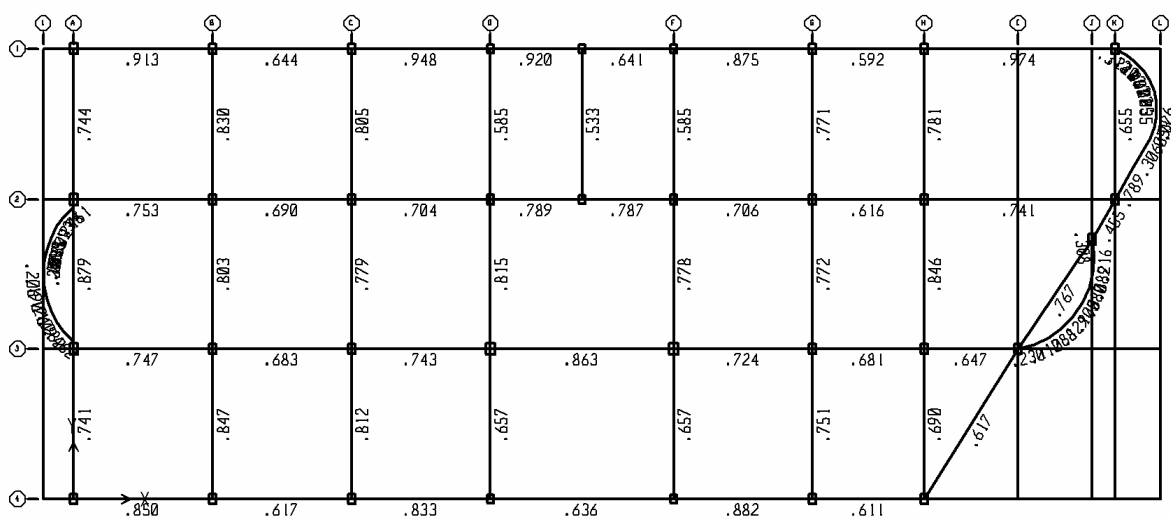
$L_w = 22.5$



نسبت تنش تیرها - طبقه 15

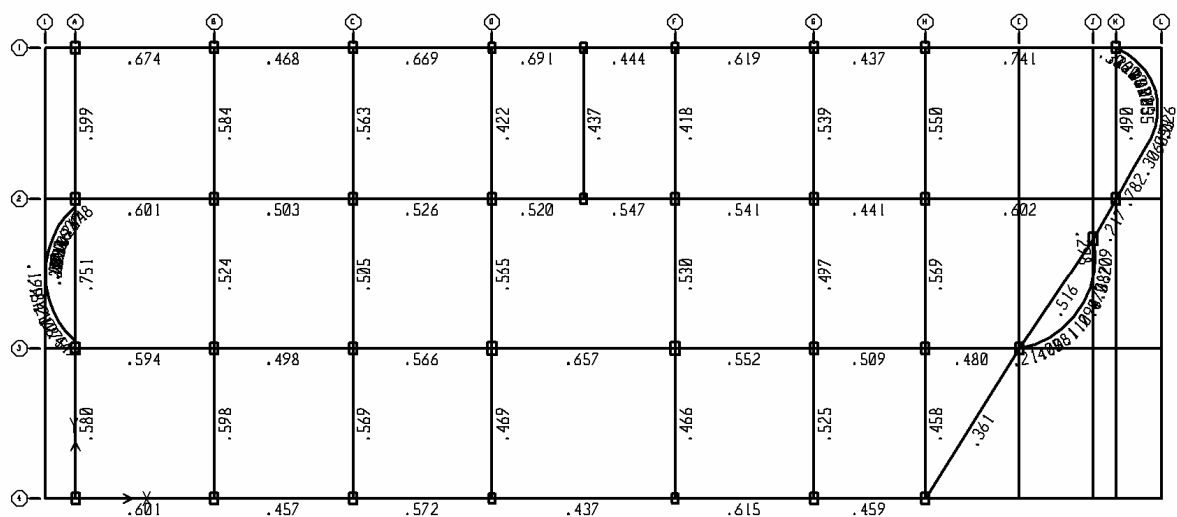


نسبت تنش تیرها - طبقه 14

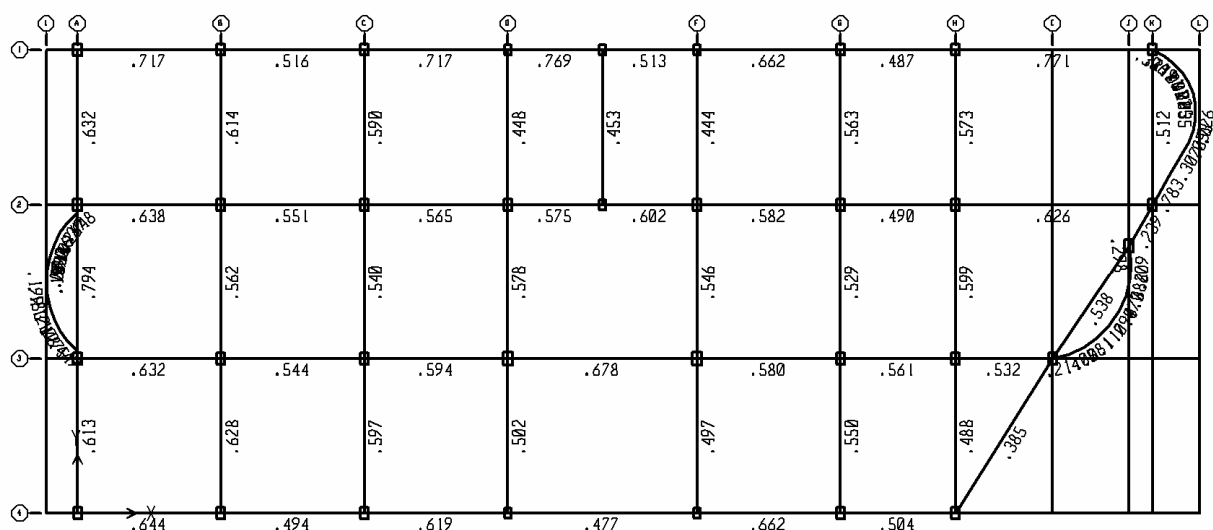


نسبت تنش تیرها - طبقه 13

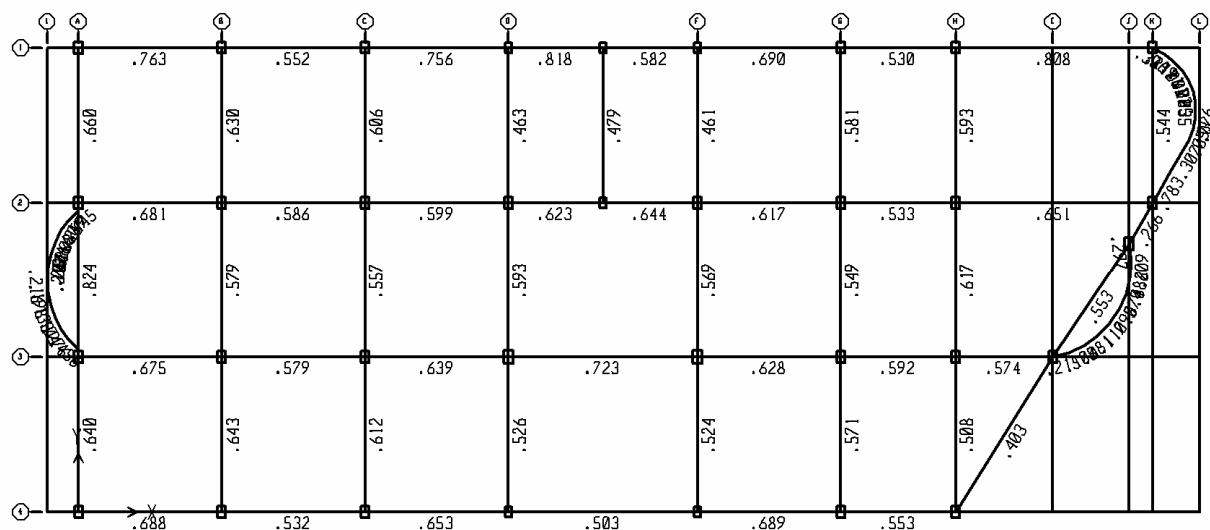




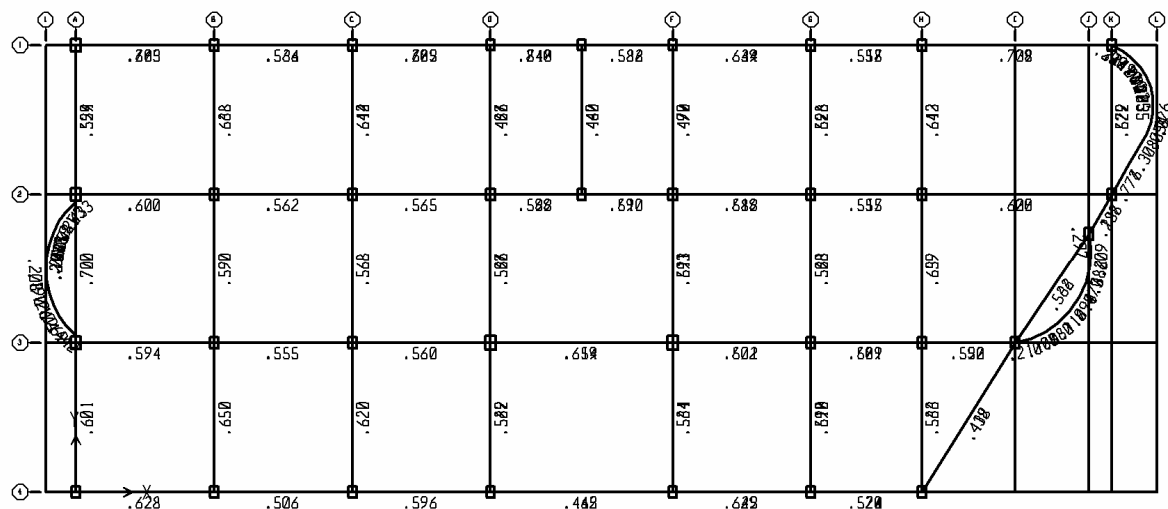
نسبت تنش تیرها - طبقه 12



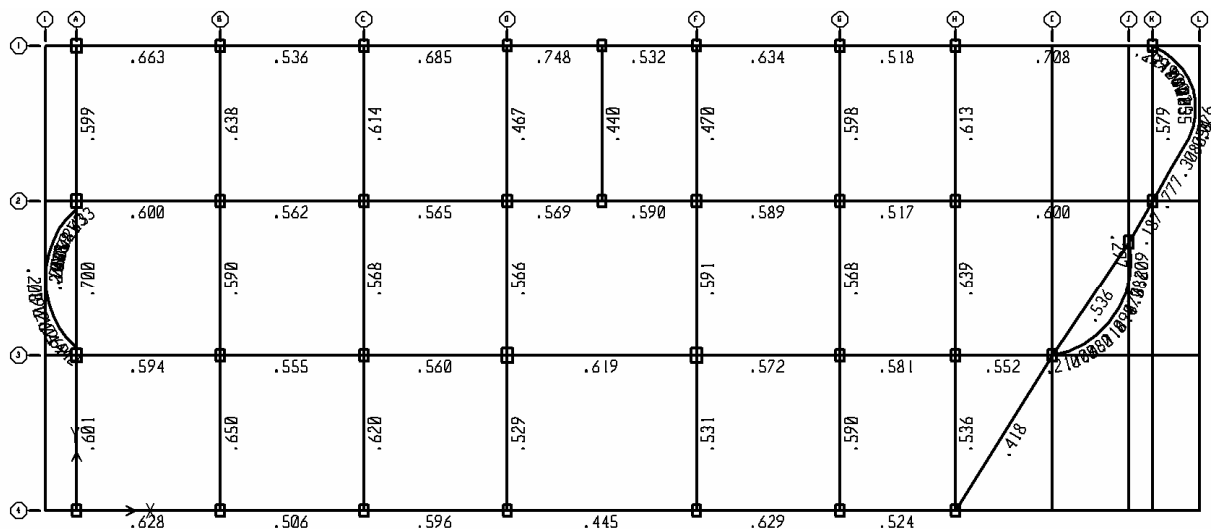
نسبت تنش تیرها - طبقه 11



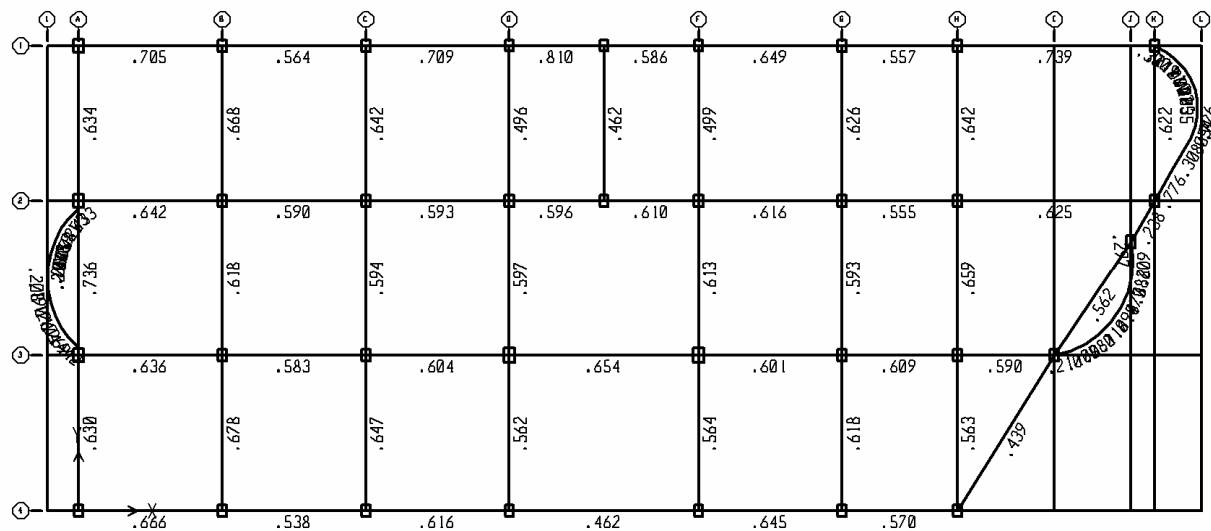
نسبت تنش تیرها - طبقه 10



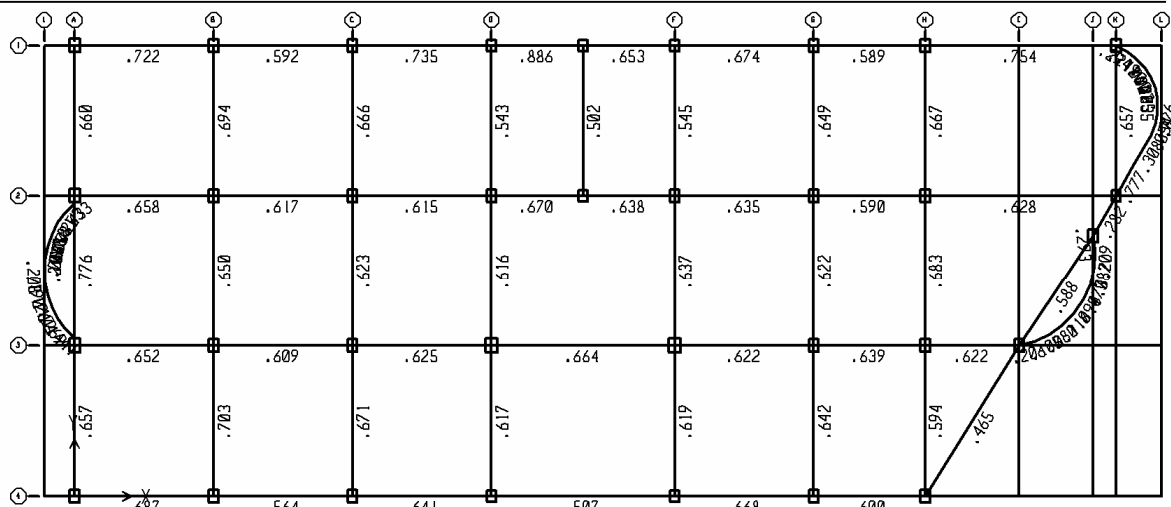
نسبت تنش تیرها - طبقه 9

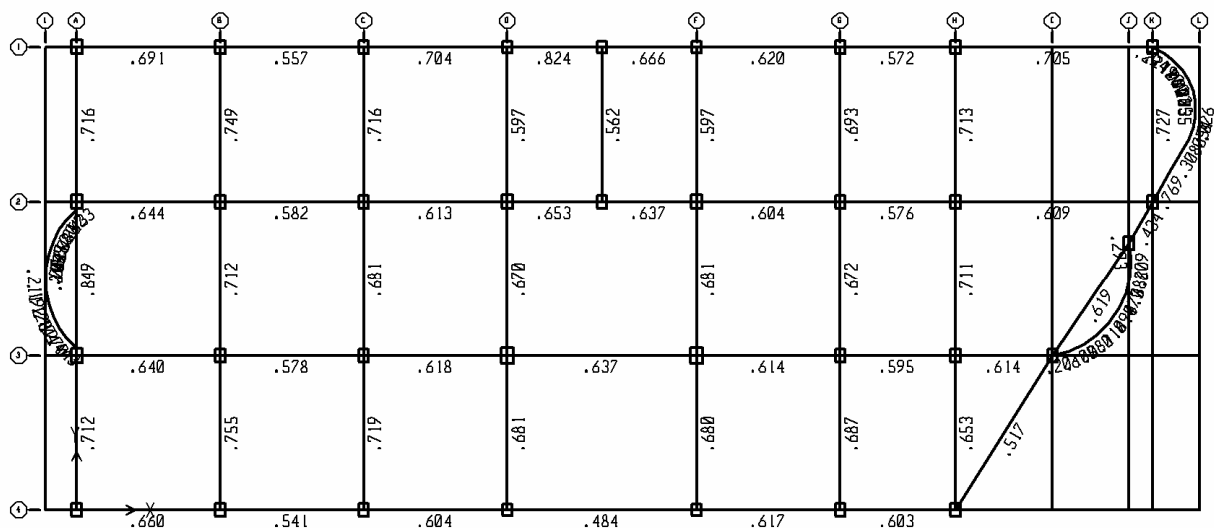


نسبت تنش تیرها - طبقه 8

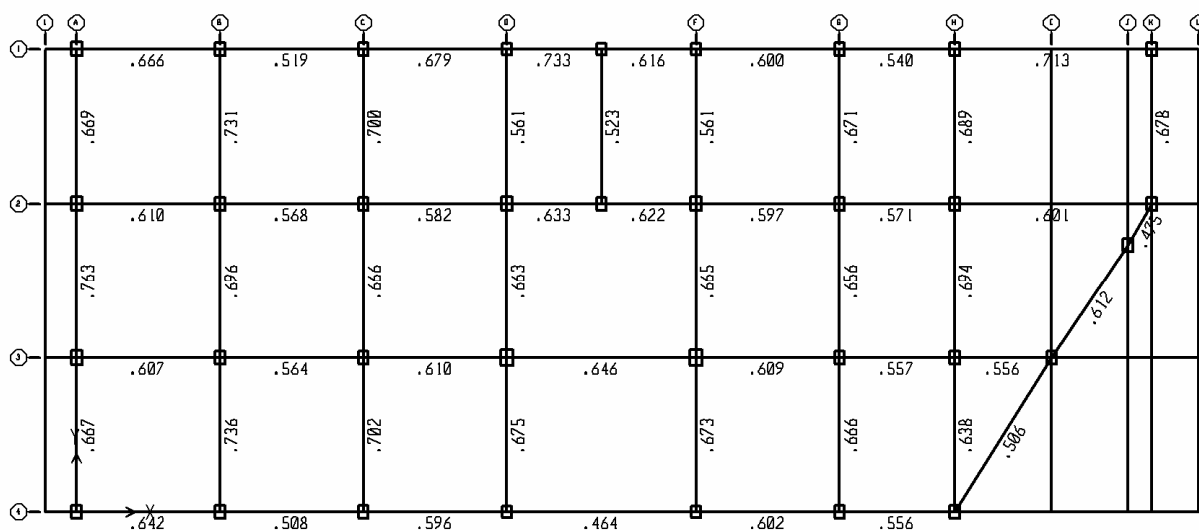


نسبت تنش تیرها - طبقه 7

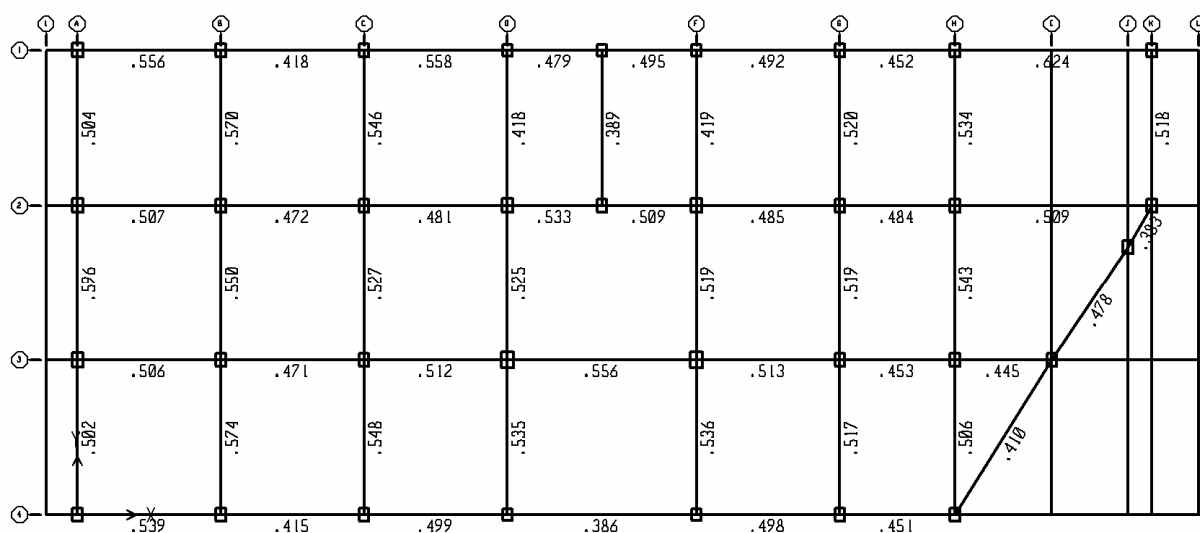




نسبت تنش تیرها - طبقه 3



نسبت تنش تیرها - طبقه 2



نسبت تنش تیرها - طبقه 1

## 7- کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر بر اساس آیین نامه 2800

طبق بند 5-7 آیین نامه 2800 در هر اتصال از قاب خمشی ویژه باید روابط زیر ا قناع شود

$$\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{\sum Z_b F_{yb}} > 1$$

$$\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{1.25 \sum M_{pz}} > 1$$

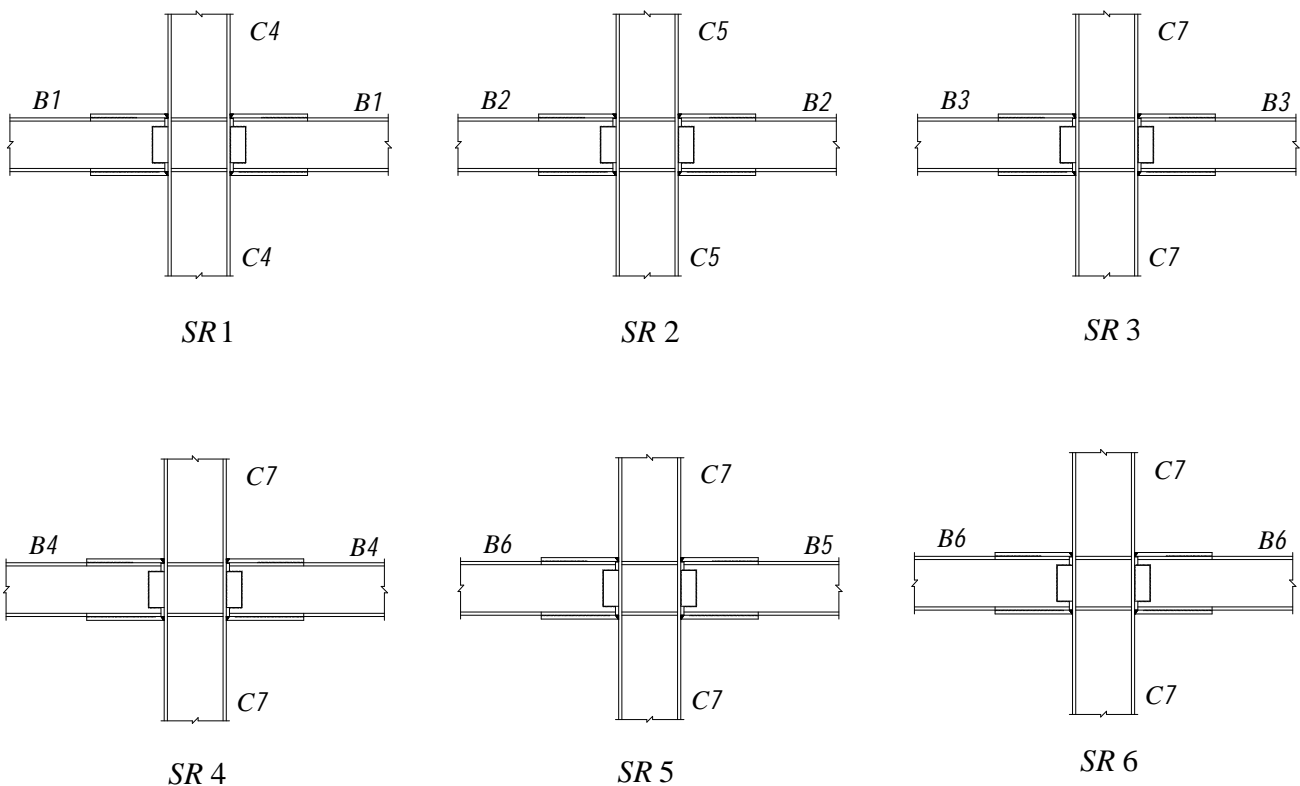
که  $F_{yc}$  و  $F_{yb}$  تنش های جاری شده ستون و تیر می باشد،  $f_a > 0$  و نیز  $Z_c$  و  $Z_b$  مقادیر اساس پلاستیک مقطع های ستون و تیر می باشد.

$\sum M_{pz}$  = مجموع لنگرهای تیرها که متناظر با مقاومت برشی چشمه اتصال است. مقاومت برشی چشمه اتصال از رابطه

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right]$$

بنابراین  $\sum M_{pz} = V.d_c$  می باشد

برای کنترل این ضوابط بحرانی ترین حالات اتصال تیر به ستون کنترل می گردد. بنابراین برای یک مقطع تیر کوچکترین مقطع ستون که به آن تیر متصل را انتخاب می کنیم. کل حالت های مورد بررسی 6 حالت می باشد که در شکل 17- آمده است.



شکل 17-1: حالت های بحرانی اتصال تیر به ستون

| Column | $Z_c$ | $F_{yc}$ | $f_{a\max}$ | $t$ | $t_{cf}$ | $b_c$ | $d_c$ |
|--------|-------|----------|-------------|-----|----------|-------|-------|
| C4     | 3107  | 2400     | 350         | 4   | 2        | 41    | 31    |
| C5     | 2552  | 2400     | 350         | 4   | 2        | 38    | 28    |
| C6     | 1597  | 2400     | 350         | 3   | 1.5      | 35    | 25    |
| C7     | 1255  | 2400     | 350         | 3   | 1.5      | 32    | 22    |

| Beam | $Z_b$ | $F_{yb}$ | $d_b$ | $d_b$ |
|------|-------|----------|-------|-------|
| B1   | 1699  | 2400     | 25    | 35    |
| B2   | 1388  | 2400     | 20    | 35    |
| B3   | 1145  | 2400     | 20    | 30    |
| B4   | 883   | 2400     | 15    | 30    |
| B5   | 591   | 2400     | 15    | 30    |
| B6   | 492   | 2400     | 12    | 30    |

| Case | $\sum Z_c (F_{yc} - f_a)$ | $\sum Z_b F_{yb}$ | $\sum M_{pz}$ | $\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{\sum Z_b F_{yb}}$ | $\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{1.25 \sum M_{pz}}$ |
|------|---------------------------|-------------------|---------------|---|--|
| SR1  | 12738700                  | 8157508.8         | 6638016       | 1.56  | 1.54   |
| SR2  | 10463200                  | 6662193.6         | 6227760       | 1.57  | 1.34   |
| SR3  | 5845575                   | 5494828.8         | 3437775       | 1.06  | 1.36   |
| SR4  | 5144475                   | 4238293.44        | 3183840       | 1.21  | 1.29   |
| SR5  | 5144475                   | 2599676.88        | 3183840       | 1.98  | 1.29   |
| SR6  | 5144475                   | 2360660.16        | 3326400       | 2.18  | 1.24   |

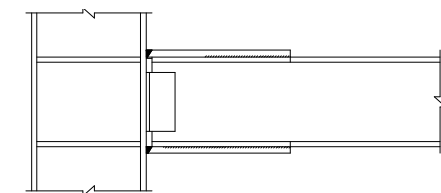
جدول 1-7: کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر



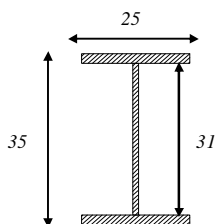
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z1                     | تیپ   |

### طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

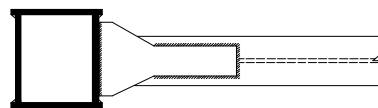
نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



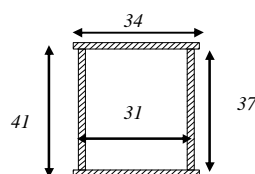
تیر



$$\begin{aligned}
 B_1 &= 35 \times 25 \\
 I_3 &= 29741 & S_3 &= 1699 & A_v &= 35 \\
 h &= 31 & d &= 35 & b &= 25.0 \\
 t_f &= 2.0 & t_w &= 1.0 & L &= 490 \\
 z &= 1890
 \end{aligned}$$



ستون



$$\begin{aligned}
 C_5 &= 41 \times 31 \\
 A &= 248 & S_x &= 2601 & r_x &= 14.12 \\
 A_{vx} &= 152 & S_y &= 2168 & r_y &= 11.06 \\
 A_{vy} &= 112 & t_f &= 2 & t_w &= 2 \\
 z &= 3172
 \end{aligned}$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 50 \times 2400 = 120 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 45.36}{4.9} = 21.01 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 1890 \times 2400 = 45.36 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 120 \text{ ton}$$

تنش مجاز جوش شیاری

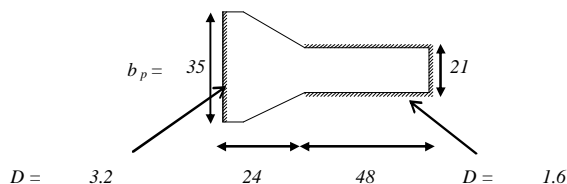
$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{120000}{37800} = 3.175 \Rightarrow t_p = 3.2$$

$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{120000}{1040} = 115.4$$

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 2/3     | صفحه  | Z1                     | تیپ   |                                |

طراحی ورق تحتانی

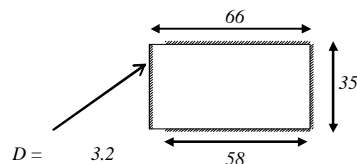
$$b_p = 35$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{120000}{37800} = 3.175 \Rightarrow t_p = 3.2$$

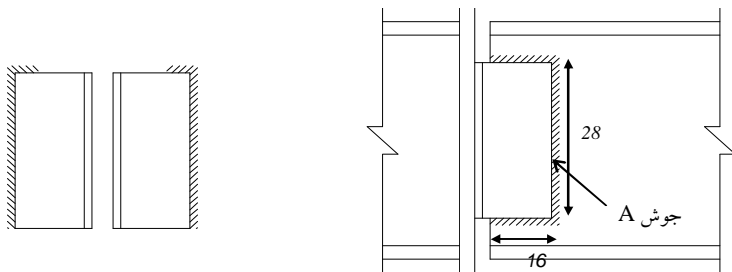
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{120000}{1040} = 115.4$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.8        | 18       | 28       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{21014}{2 \times 18 \times 960} = 0.608$$

کنترل جوش A

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 10832 \text{ cm}^3$$

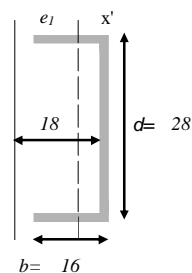
$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 4.267 \quad e_l = 18 - x' = 13.73$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 16 + 28) \times 2} = 0.008 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{13.73 P \times (16.0 - 4.27)}{2 \times 10832} = 0.007 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{13.73 P \times 14}{2 \times 10832} = 0.009 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.008 + 0.007)^2 + 0.009^2} = 0.018 P$$



$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.018 P = 390 \Rightarrow P = 21.55 \text{ ton} > 21.01$$

کنترل جوش B

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{21014}{2 \times 28^2} \sqrt{28^2 + 20.25 \times 13.73^2} = 909.3$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 909.3 \Rightarrow D = 1.40$$





|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 3/3     | صفحه  | ZI                     | تیپ   |                                |

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$P_{bf} = A_f F_y = \# \times 2400 \times 10 = 268.8 \text{ ton}$   
 $t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{268800}{2(3.2 + 5 \times 2.0)2400} = 4.24 \text{ cm}$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{268800 \times 41}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.934$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کماتش قائم

$t_{wc} = 2 < 4.242$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{268800 - 2400 \times 2(2.0 + 5 \times 2)}{2400} = 88 \text{ cm}^2$   
 $b_s = 37 \Rightarrow t_s = 2.4$   
 $t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$   
 $\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{37}{2.4} = 15.42 < 16.2$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 268800}{2400}} = 5.679$   
 $t_{fc} = 2 < 5.679$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم

$D = 2.4 \quad 37 \quad t = 2.4$

کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 4536000}{35} = 191 \text{ ton}$   
 $V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right] = 198 \text{ ton}$

مقاومت برشی چشمه اتصال

$V > V_d$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$t_{wc} = 4 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{38 + 34}{90} = 0.802$

آیین نامه 2800

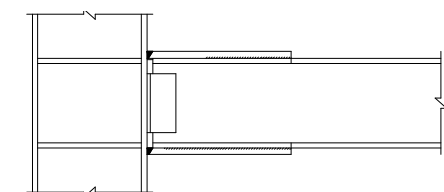
$d_z = 38 \quad W_z = 34$



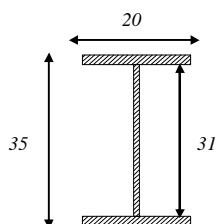
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



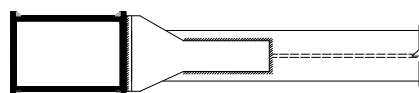
$$B_2 = 35 \times 20$$

$$I_3 = 24289 \quad S_3 = 1388 \quad A_v = 35$$

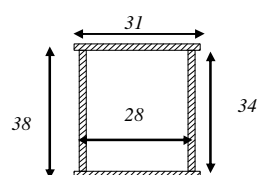
$$h = 31 \quad d = 35 \quad b = 20.0$$

$$t_f = 2.0 \quad t_w = 1.0 \quad L = 455$$

$$z = 1560$$



ستون



$$C_5 = 38 \times 28$$

$$A = 248 \quad S_x = 2601 \quad r_x = 14.12$$

$$A_{vx} = 152 \quad S_y = 2168 \quad r_y = 11.06$$

$$A_{vy} = 112 \quad t_f = 2 \quad t_w = 2$$

$$z = 3172$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 40 \times 2400 = 96 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 37.44}{4.55} = 18.96 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 1560 \times 2400 = 37.44 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 96 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{32400} = 2.963 \Rightarrow t_p = 3$$

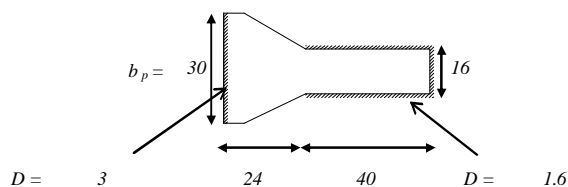
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$$

تنش مجاز جوش شیار

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی ورق تحتانی

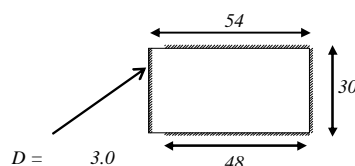
$$b_p = 30$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{32400} = 2.963 \Rightarrow t_p = 3$$

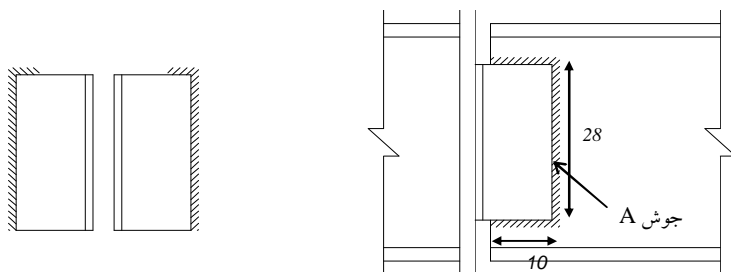
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 28       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{18957}{2 \times 12 \times 960} = 0.823$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 6416 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.083 \quad e_1 = 12 - x' = 9.92$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 28) \times 2} = 0.01 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2 I_p} = \frac{9.92 P \times (10.0 - 2.08)}{2 \times 6416} = 0.006 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2 I_p} = \frac{9.92 P \times 14}{2 \times 6416} = 0.011 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.01 + 0.006)^2 + 0.011^2} = 0.020 P$$

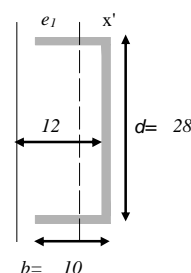
$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.020 P = 390 \Rightarrow P = 19.74 \text{ ton} > 18.96$$

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{18957}{2 \times 28^2} \sqrt{28^2 + 20.25 \times 9.92^2} = 636.9$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 636.9 \Rightarrow D = 1.00$$

کنترل جوش B





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |

### طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

#### طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 90 \times 2400 \times 10 = 216 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{216000}{2(3.0 + 5 \times 2.0)2400} = 3.46 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{216000 \times 38}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.847$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کماتش قائم

$$t_{wc} = 2 < 3.462$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{216000 - 2400 \times 2 (2.0 + 5 \times 2.0)}{2400} = 66 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 31 \Rightarrow t_s = 2.2$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$$

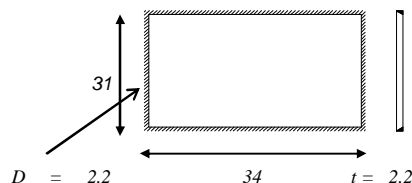
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{31}{2.2} = 14.09 < 16.2$$

#### طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 216000}{2400}} = 5.091$$

$$t_{fc} = 2 < 5.091$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



#### کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 3744000}{35} = 171.2 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right] = 215 \text{ ton}$$

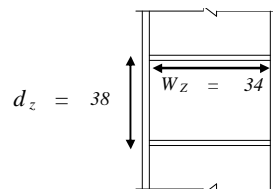
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 4 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{38 + 34}{90} = 0.8$$

آیین نامه 2800

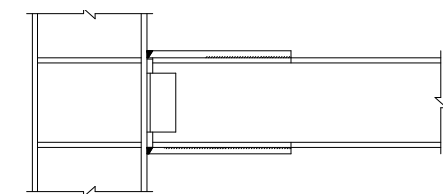




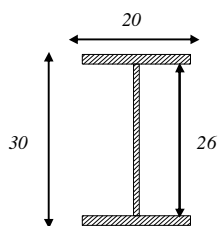
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

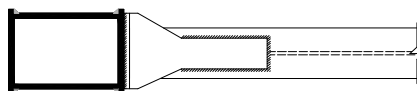
نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



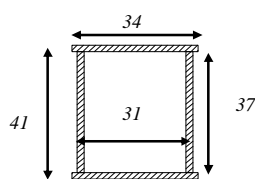
تیر



$$\begin{aligned}
 B_3 &= 30 \times 20 \\
 I_3 &= 17171 & S_3 &= 1145 & A_v &= 30 \\
 h &= 26 & d &= 30 & b &= 20.0 \\
 t_f &= 2.0 & t_w &= 1.0 & L &= 455 \\
 z &= 1289
 \end{aligned}$$



ستون



$$\begin{aligned}
 C_4 &= 41 \times 31 \\
 A &= 272 & S_x &= 3126 & r_x &= 15.35 \\
 A_{vx} &= 152 & S_y &= 2651 & r_y &= 12.29 \\
 A_{vy} &= 112 & t_f &= 2 & t_w &= 2 \\
 z &= 3787
 \end{aligned}$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 40 \times 2400 = 96 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 30.94}{4.55} = 16.1 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 1289 \times 2400 = 30.94 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75 (0.6 F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 96 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{35640} = 2.694 \Rightarrow t_p = 2.8$$

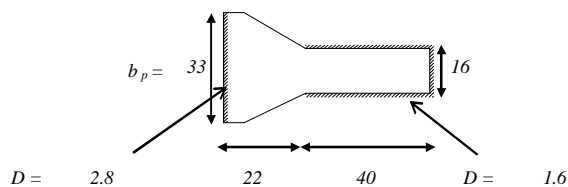
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$$

تنش مجاز جوش شیاری

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 2/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |                                |

طراحی ورق تحتانی

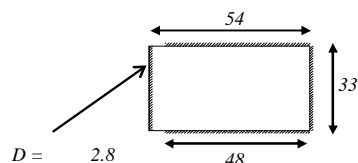
$$b_p = 33$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{35640} = 2.694 \Rightarrow t_p = 2.8$$

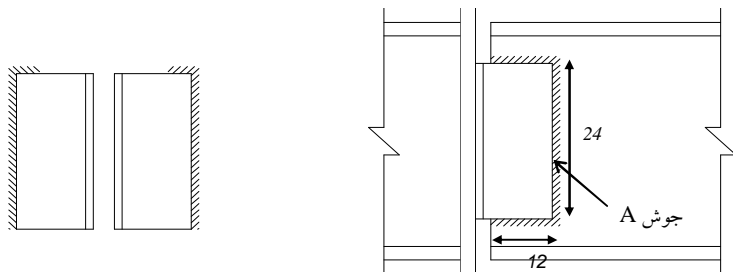
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.4        | 14       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{16098}{2 \times 14 \times 960} = 0.599$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 5760 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 3 \quad e_1 = 14 - x' = 11.00$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 12 + 24) \times 2} = 0.01 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times (12.0 - 3.00)}{2 \times 5760} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times 12}{2 \times 5760} = 0.011 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.01 + 0.009)^2 + 0.011^2} = 0.022 P$$

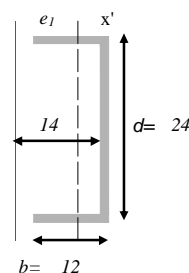
$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.022 P = 390 \Rightarrow P = 17.57 \text{ ton} > 16.1$$

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{16098}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 11.00^2} = 768.7$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 768.7 \Rightarrow D = 1.20$$

کنترل جوش A



کنترل جوش B



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |

### طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

#### طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 92 \times 2400 \times 10 = 221.8 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{221760}{2(2.8 + 5 \times 2.0)2400} = 3.61 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{221760 \times 41}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.876$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم

$$t_{wc} = 2 < 3.609$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{221760 - 2400 \times 2 (2.0 + 5 \times 2.0)}{2400} = 68.4 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 31 \Rightarrow t_s = 2.4$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$$

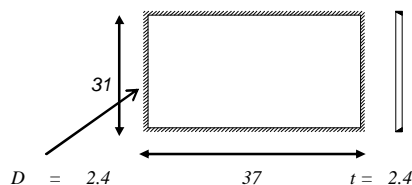
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{31}{2.4} = 12.92 < 16.2$$

#### طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 221760}{2400}} = 5.159$$

$$t_{fc} = 2 < 5.159$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



#### کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 3093600}{30} = 165 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_c^2}{d_b d_c t} \right] = 234 \text{ ton}$$

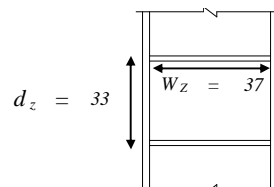
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 4 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{33 + 37}{90} = 0.776$$

آیین نامه 2800

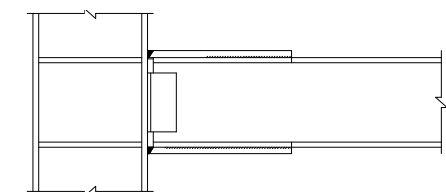




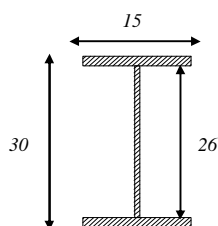
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |
|         |       | Z4                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



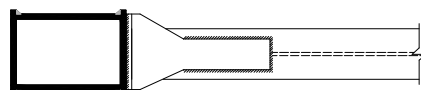
$$B_4 = 30 \times 15$$

$$I_3 = 132 \quad S_3 = 883 \quad A_v = 30$$

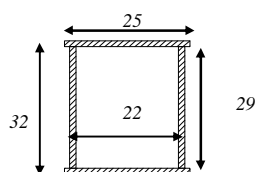
$$h = 26 \quad d = 30 \quad b = 15.0$$

$$t_f = 2.0 \quad t_w = 1.0 \quad L = 455$$

$$z = 1009$$



ستون



$$C_7 = 32 \times 22$$

$$A = 153 \quad S_x = 1341 \quad r_x = 11.84$$

$$A_{vx} = 96 \quad S_y = 1074 \quad r_y = 8.79$$

$$A_{vy} = 66 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$$

$$z = 1637$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 30 \times 2400 = 72 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 24.22}{4.55} = 13.14 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 1009 \times 2400 = 24.22 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 72 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{72000}{25920} = 2.778 \Rightarrow t_p = 2.8$$

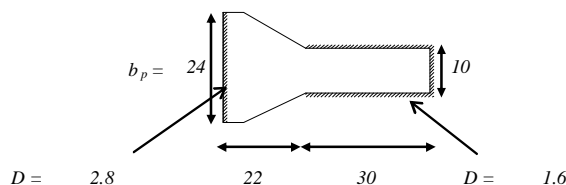
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{72000}{1040} = 69.23$$

تنش مجاز جوش شیاری

تنش مجاز جوش گوشه







|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | Z4                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی ورق تحتانی

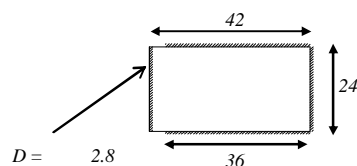
$$b_p = 24$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{72000}{25920} = 2.778 \Rightarrow t_p = 2.8$$

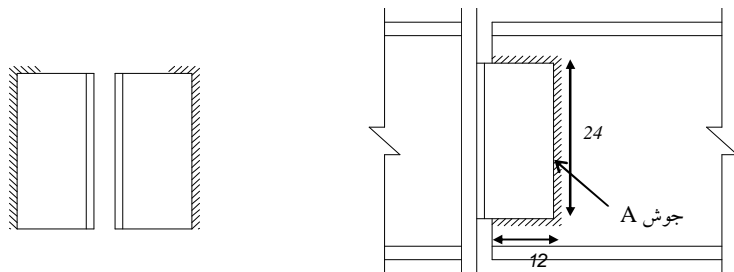
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{72000}{1040} = 69.23$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.4        | 14       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{13144}{2 \times 14 \times 960} = 0.489$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 5760 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 3 \quad e_1 = 14 - x' = 11.00$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 12 + 24) \times 2} = 0.01 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times (12.0 - 3.00)}{2 \times 5760} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times 12}{2 \times 5760} = 0.011 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.01 + 0.009)^2 + 0.011^2} = 0.022 P$$

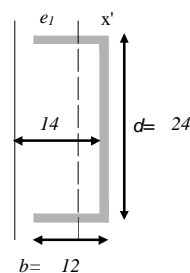
$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.022 P = 390 \Rightarrow P = 17.57 \text{ ton} > 13.14$$

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{13144}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 11.00^2} = 627.7$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 627.7 \Rightarrow D = 1.00$$

کنترل جوش A



کنترل جوش B



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z4                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 67 \times 2400 \times 10 = 161.3 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{161280}{2(2.8 + 5 \times 1.5)2400} = 3.26 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{161280 \times 32}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.725$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 3.262$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{161280 - 2400 \times 1.5 (2.0 + 5 \times 2)}{2400} = 52.95 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 22 \Rightarrow t_s = 2.6$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$$

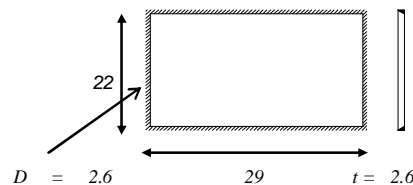
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{22}{2.6} = 8.462 < 16.2$$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 161280}{2400}} = 4.399$$

$$t_{fc} = 1.5 < 4.399$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 2421600}{30} = 129.2 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_c^2}{d_b d_c t} \right] = 134 \text{ ton}$$

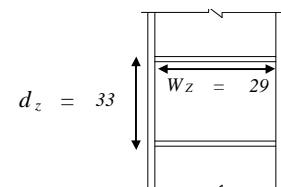
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 3 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{33 + 29}{90} = 0.687$$

آیین نامه 2800

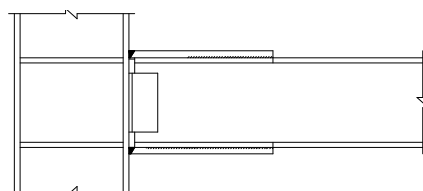




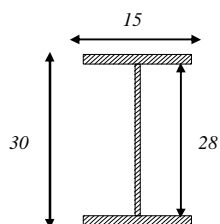
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z5                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



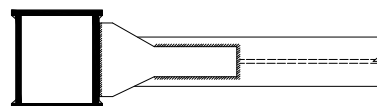
$$B_5 = 30 \times 15$$

$$I_3 = 8871 \quad S_3 = 591 \quad A_v = 24$$

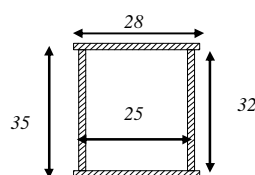
$$h = 27.6 \quad d = 30 \quad b = 15.0$$

$$t_f = 1.2 \quad t_w = 0.8 \quad L = 490$$

$$z = 671$$



ستون



$$C_6 = 35 \times 25$$

$$A = 171 \quad S_x = 1671 \quad r_x = 13.08$$

$$A_{vx} = 105 \quad S_y = 1374 \quad r_y = 10.02$$

$$A_{vy} = 75 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$$

$$z = 2024$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 18 \times 2400 = 43 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 16.1}{4.9} = 9.073 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 671 \times 2400 = 16.1 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 43 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{43200}{28080} = 1.538 \Rightarrow t_p = 1.6$$

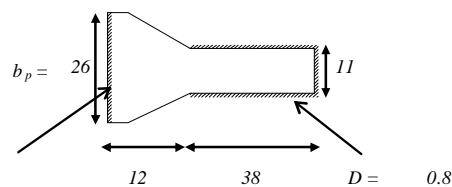
تنش مجاز جوش شباری

$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{43200}{520} = 83.08$$

تنش مجاز جوش گوشه



$$D = 1.6 \quad 12 \quad 38 \quad D = 0.8$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | Z5                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی ورق تحتانی

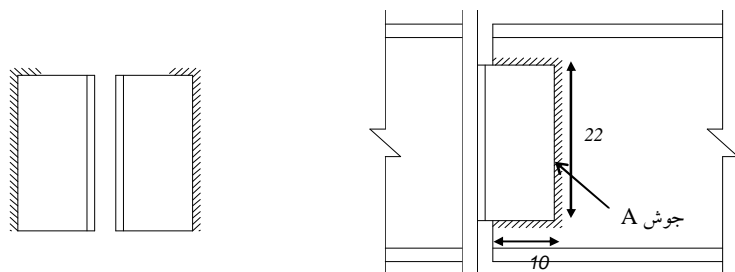
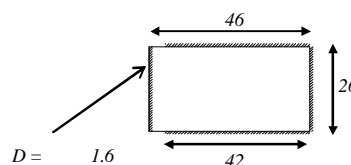
$$b_p = 26$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{43200}{28080} = 1.538 \Rightarrow t_p = 1.6$$

$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{43200}{520} = 83.08$$



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 22       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{9073}{2 \times 12 \times 960} = 0.394$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 3974 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.381 \quad e_l = 12 - x' = 9.62$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 22) \times 2} = 0.012 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{9.62 P \times (10.0 - 2.38)}{2 \times 3974} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{9.62 P \times 11}{2 \times 3974} = 0.013 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.012 + 0.009)^2 + 0.013^2} = 0.025 P$$

$$D = 0.4$$

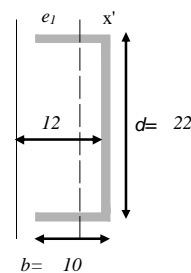
$$R_w = 650 D = 260 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.025 P = 260 \Rightarrow P = 10.41 \text{ ton} > 9.073$$

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{9073}{2 \times 22^2} \sqrt{22^2 + 20.25 \times 9.62^2} = 455.1$$

کنترل جوش B

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 455.1 \Rightarrow D = 0.80$$

کنترل جوش A





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z5                     | تیپ   |

### طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

#### طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 42 \times 2400 \times 10 = 99.84 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{99840}{2(1.6 + 5 \times 1.5)2400} = 2.29 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{99840 \times 35}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.637$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 2.286$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{99840 - 2400 \times 1.5 (1.2 + 5 \times 2)}{2400} = 28.55 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 32 \Rightarrow t_s = 2$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{1.2}{2} = 1$$

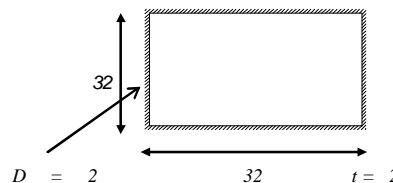
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{32}{2} = 16 < 16.2$$

#### طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 99840}{2400}} = 3.461$$

$$t_{fc} = 1.5 < 3.461$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



#### کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 1610400}{30} = 78.08 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_c^2}{d_b d_c t} \right] = 121 \text{ ton}$$

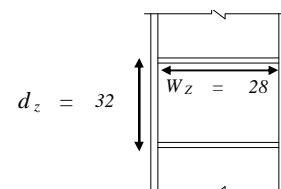
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 3 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{32 + 28}{90} = 0.662$$

آیین نامه 2800

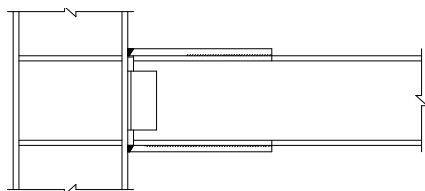




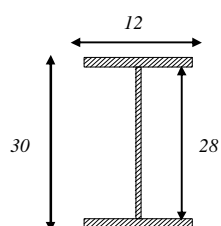
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |
|         |       | Z6                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



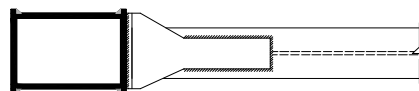
$$B_6 = 30 \times 12$$

$$I_3 = 7377 \quad S_3 = 492 \quad A_v = 24$$

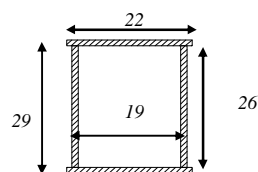
$$h = 27.6 \quad d = 30 \quad b = 12.0$$

$$t_f = 1.2 \quad t_w = 0.8 \quad L = 455$$

$$z = 567$$



ستون



$$C_7 = 29 \times 19$$

$$A = 135 \quad S_x = 1047 \quad r_x = 10.60$$

$$A_{vx} = 87 \quad S_y = 811 \quad r_y = 7.55$$

$$A_{vy} = 57 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$$

$$z = 1291$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 14.4 \times 2400 = 35 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 13.61}{4.55} = 8.482 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 567 \times 2400 = 13.61 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6 F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 35 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{34560}{17280} = 2 \Rightarrow t_p = 2$$

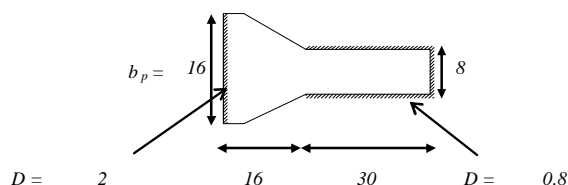
$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{34560}{520} = 66.46$$

تنش مجاز جوش شیاری

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | Z6                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی ورق تحتانی

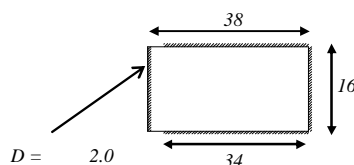
$$b_p = 16$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{34560}{17280} = 2 \Rightarrow t_p = 2$$

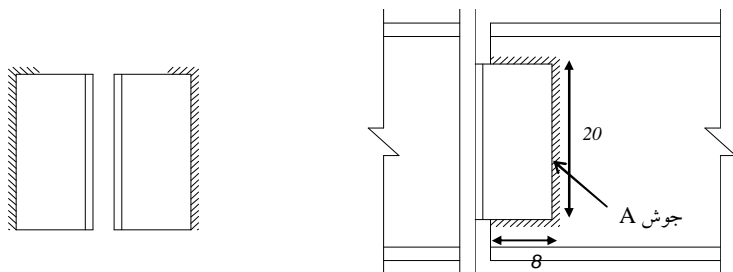
$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{34560}{520} = 66.46$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1          | 10       | 20       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{8482}{2 \times 10 \times 960} = 0.442$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 2608 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 1.778 \quad e_1 = 10 - x' = 8.22$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 8 + 20) \times 2} = 0.014 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2I_p} = \frac{8.22 P \times (8.0 - 1.78)}{2 \times 2608} = 0.010 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2I_p} = \frac{8.22 P \times 10}{2 \times 2608} = 0.016 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.014 + 0.010)^2 + 0.016^2} = 0.028 P$$

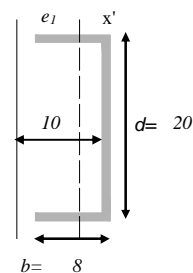
$$D = 0.4$$

$$R_w = 650 D = 260 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.028 P = 260 \Rightarrow P = 9.135 \text{ ton} > 8.482$$

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{8482}{2 \times 20^2} \sqrt{20^2 + 20.25 \times 8.22^2} = 445.9$$

کنترل جوش B

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 445.9 \Rightarrow D = 0.70$$





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z6                     | تیپ   |

### طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

#### طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 32 \times 2400 \times 10^{-3} = 76.8 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{76800}{2(2.0 + 5 \times 1.5)2400} = 1.68 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{76800 \times 29}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.548$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کماتش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 1.684$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{76800 - 2400 \times 1.5 (1.2 + 5 \times 2)}{2400} = 18.95 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 19 \Rightarrow t_s = 1.5$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{1.2}{2} = 1$$

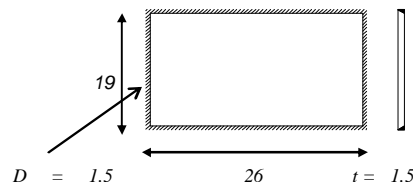
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{19}{1.5} = 12.67 < 16.2$$

#### طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 76800}{2400}} = 3.036$$

$$t_{fc} = 1.5 < 3.036$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



#### کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 1360800}{30} = 72.58 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right] = 121 \text{ ton}$$

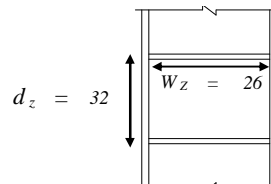
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 3 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{32 + 26}{90} = 0.644$$

آیین نامه 2800







## -8 طراحی صفحه ستون

صفحه ستون ها در 4 تیپ BS1, BS2, BS3, BS4 طراحی شده اند .

| تاریخ   | طراحی          | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|---------|----------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | مستور حسن زاده | طراحی |                 |
| 1/3     | صفحه           | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 344 = 495.36 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 4986 = 71.80 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 4391 = 63.23 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 71.8 / 3 = 23.93 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 63.23 / 3 = 21.08 \text{ ton}$$

$C_I = 50 \times 40$   
 $A = 344 \quad S_x = 4986$   
 $A_{vx} = 200 \quad S_y = 4391$   
 $A_{vy} = 160$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{7180}{495} = 14.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{6323}{495} = 12.76 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 14.49}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 90 \Rightarrow e = 14.49 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 73.62 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495360}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 14.49}{90} \right) = 120 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{495360}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 12.76}{90} \right) = 113 \leq F_p = 147$$

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.22 \Rightarrow \frac{a_1}{b_1} = 1.22$$

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.22 \Rightarrow a_1 = 0.064 \quad a_2 = 0.050$$

$$M_{2a} = a_1 f_{pmax} b^2 = 0.064 \times 120 \times 18^2 = 2498 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = a_2 f_{pmax} b^2 = 0.050 \times 120 \times 18^2 = 1935 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2498 \text{ kg.cm/cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2498}{0.75 \times 2400}} = 3$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/3     | صفحه  | BSI                    | تیپ   |                 |

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{247680}{650 \times 0.8} = 476.3$$

تعداد کل سخت کننده  $n = 12$

ارتفاع اولیه سخت کننده ها  $= \frac{476}{2 \times 12} = 19.85$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی.

A-A برش طراحی سخت کننده در مقطع  $V = B a_2 f_{pmax} = 90 \times 22 \times 120 = 238.1 \text{ ton}$

A-A لنگر طراحی سخت کننده در مقطع  $M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{90 \times 22^2 \times 120}{2} = 26.2 \text{ ton.m}$

A-A تعداد سخت کننده ها در مقطع  $n_A = 5$

A-A ضخامت سخت کننده ها در مقطع  $t_s = 1.0$

$$y' = \frac{5 \times 50 \times 1.01 \times 28 + 90 \times 3.00 \times 1.50}{90 \times 3 + 5 \times 50 \times 1.01} = 14.31 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 3.00 \times \frac{50^3}{12} + 5 \times 50 \times 1 \times (28 - 14.31)^2 + \frac{90 \times 3^3}{12} + 90 \times 3 \times (14.31 - 1.5)^2 = 248081 \text{ cm}^4$$

$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{248081}{14.31} = 17341 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{248081}{38.69} = 6411 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 6411$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{238093}{5 \times 50 \times 1} = 943 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2619021}{6411} = 408 < 0.6 F_y = 1440$$

طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$L_s$  (طول کل سخت کننده ها)  $= 544 \text{ cm}$

نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها  $= \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{23933}{544} = 43.99$

نیروی برشی خارجی هر سخت کننده  $= 22 \times 43.99 = 967.9 \text{ kg}$

$Q = A y' = 50.5 \times 14.31 = 722.5$

A-A جریان برش در مقطع  $q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{238093 \times 722.5}{248081} = 693.4$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BSI                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 693.4}{2} \times 22 = 7627 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 967.9 + 7627 = 8595 \text{ kg}$

$L_w = 22 \times 2 = 44 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 8595 \Rightarrow a_w \geq \frac{8595}{650 \times 44} = 0.301$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 23.93 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{23933}{0.17 \times 3700} = 38.05 \Rightarrow \text{Use } 12 \text{ T } 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

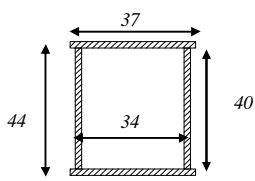
$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 296 = 426.24 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 3698 = 53.25 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 3183 = 45.84 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 53.25 / 3 = 17.75 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 45.84 / 3 = 15.28 \text{ ton}$$



$$C_3 = 44 \times 34$$

$$A = 296 \quad S_x = 3698$$

$$A_{vx} = 170 \quad S_y = 3183$$

$$A_{vy} = 134$$

$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{5325}{426} = 12.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{4584}{426} = 10.75 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{426}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 12.49}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 80 \Rightarrow e = 12.49 < \frac{B}{6} = \frac{80}{6} = 13.33 \Rightarrow D = 70.21 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{426240}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 12.49}{80} \right) = 129 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{426240}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 10.75}{80} \right) = 120 \leq F_p = 147$$

$$\left. \begin{matrix} a_2 = 21 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{21}{19} = 1.11$$

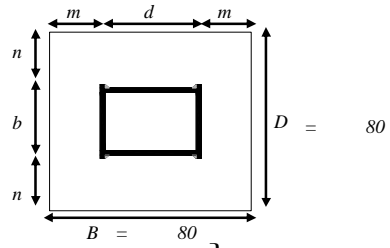
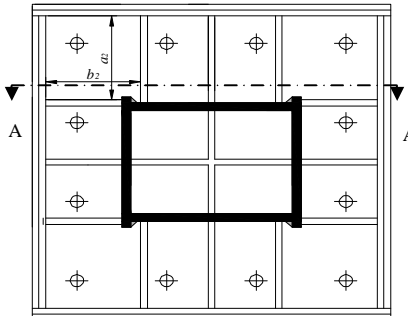
$$\frac{a_2}{b_2} = 1.11 \Rightarrow \begin{matrix} a_1 = 0.056 \\ a_2 = 0.049 \end{matrix}$$

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.056 \times 129 \times 19^2 = 2624 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 129 \times 19^2 = 2288 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2624 \text{ kg.cm/cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2624}{0.75 \times 2400}} = 3$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{213120}{650 \times 0.8} = 409.8$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{410}{2 \times 12} = 17.08$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 80 \times 21 \times 129 = 216.7 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{80 \times 21 \times 129}{2} = 22.8 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 45 \times 1.01 \times 25.5 + 80 \times 3.00 \times 1.50}{80 \times 3 + 5 \times 45 \times 1.01} = 13.17 \text{ cm}$$

$$I_{NA} = 5 \times 3.00 \times \frac{45^3}{12} + 5 \times 45 \times 1 \times (25.5 - 13.17)^2$$

$$+ \frac{80 \times 3^3}{12} + 80 \times 3 \times (13.17 - 1.5)^2 = 181320 \text{ cm}^4$$

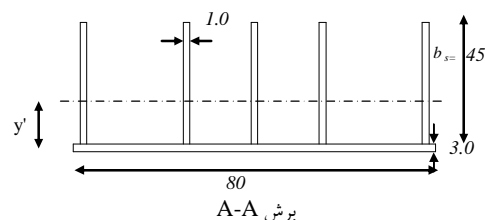
$$S_b = \frac{I_{NA}}{y'} = \frac{181320}{13.17} = 13765 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{NA}}{b_s + t_p - y'} = \frac{181320}{34.83} = 5206 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 5206$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{216726}{5 \times 45 \times 1} = 954 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2275626}{5206} = 437 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 544 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{17750}{544} = 32.63$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 21 \times 32.63 = 685.2 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 45.45 \times 13.17 = 598.7$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{NA}} = \frac{216726 \times 598.7}{181320} = 715.6$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 715.6}{2} \times 21 = 7514 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 685.2 + 7514 = 8199 \text{ kg}$

$L_w = 21 \times 2 = 42 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 8199 \Rightarrow a_w \geq \frac{8199}{650 \times 42} = 0.3$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 17.75 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{17750}{0.17 \times 3700} = 28.22 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \quad (A_v = 37.7)$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 272 = 391.68 \text{ ton}$   
 $M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 3126 = 45.01 \text{ ton.m}$   
 $M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 2651 = 38.17 \text{ ton.m}$   
 $V_x = M_x / h = 45.01 / 3 = 15 \text{ ton}$   
 $V_y = M_y / h = 38.17 / 3 = 12.72 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی

$C_4 = 41 \times 31$   
 $A = 272 \quad S_x = 3126$   
 $A_{vx} = 164 \quad S_y = 2651$   
 $A_{vy} = 124$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{4501}{392} = 11.49 \text{ cm}$   
 $e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{3817}{392} = 9.746 \text{ cm}$   
 $F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$

$e < B/6$  با فرض

$f_{px} = \frac{P}{BD} (1 + \frac{6e_x}{B}) = \frac{392}{80 \times 80} (1 + \frac{6 \times 11.49}{80}) \leq F_p = 147$   
 $\text{if } B = 80 \Rightarrow e = 11.49 < \frac{B}{6} = \frac{80}{6} = 13.33 \Rightarrow D = 62.01 \text{ cm} \Rightarrow D = 80$   
 $f_{px} = \frac{P}{BD} (1 + \frac{6e_x}{B}) = \frac{391680}{80 \times 80} (1 + \frac{6 \times 11.49}{80}) = 114 \leq F_p = 147$   
 $f_{py} = \frac{P}{BD} (1 + \frac{6e_y}{D}) = \frac{391680}{80 \times 80} (1 + \frac{6 \times 9.746}{80}) = 106 \leq F_p = 147$

$\left. \begin{matrix} a_2 = 21 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{21}{19} = 1.11$

$\frac{a_2}{b_2} = 1.11 \Rightarrow \begin{matrix} \alpha_1 = 0.056 \\ \alpha_2 = 0.049 \end{matrix}$

$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.056 \times 114 \times 19^2 = 2317 \text{ kg.cm/cm}$   
 $M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 114 \times 19^2 = 2021 \text{ kg.cm/cm}$   
 $M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2317 \text{ kg.cm/cm}$

$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2317}{0.75 \times 2400}} = 3$

تعیین ابعاد صفحه ستون



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w l_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{195840}{650 \times 0.8} = 376.6$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{377}{2 \times 12} = 15.69$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 80 \times 21 \times 114 = 191.4 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{80 \times 21^2 \times 114}{2} = 20.1 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 40 \times 1.01 \times 23 + 80 \times 3.00 \times 1.50}{80 \times 3 + 5 \times 40 \times 1.01} = 11.33 \text{ cm}$$

$$I_{NA} = 5 \times 3.00 \times \frac{40^3}{12} + 5 \times 40 \times 1 \times (23 - 11.33)^2$$

$$+ \frac{80 \times 3^3}{12} + 80 \times 3 \times (11.33 - 1.5)^2 = 130881 \text{ cm}^4$$

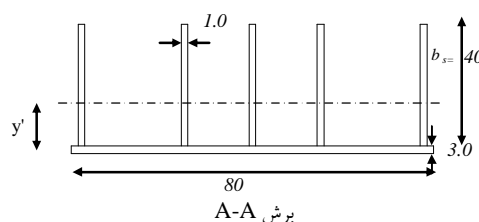
$$S_b = \frac{I_{NA}}{y'} = \frac{130881}{11.33} = 11556 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{NA}}{b_s + t_p - y'} = \frac{130881}{31.67} = 4132 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 4132$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{191438}{5 \times 40 \times 1} = 948 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2010100}{4132} = 486 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 544 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{15005}{544} = 27.58$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 21 \times 27.58 = 579.2 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 40.4 \times 11.33 = 457.6$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{NA}} = \frac{191438 \times 457.6}{130881} = 669.3$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 669.3}{2} \times 21 = 7027 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 579.2 + 7027 = 7607 \text{ kg}$

$L_w = 21 \times 2 = 42 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 7607 \Rightarrow a_w \geq \frac{7607}{650 \times 42} = 0.279$

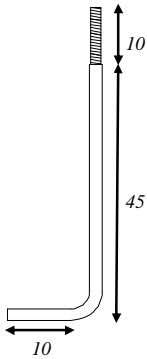
  

طراحی بولت ها

$V_{max} = 15 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{15005}{0.17 \times 3700} = 23.86 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

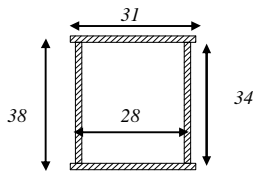
$$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} \\ 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$$



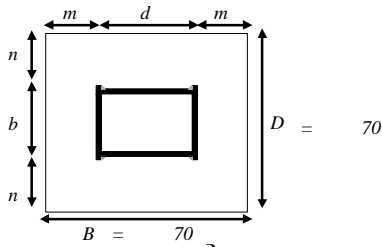


|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

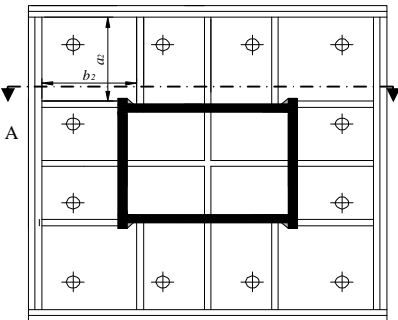
  

|   |   |
|---|---|
| تعیین نیروهای طراحی   |   |
| $P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 248 = 357.12 \text{ ton}$ $M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 2601 = 37.45 \text{ ton.m}$ $M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 2168 = 31.22 \text{ ton.m}$ $V_x = M_x / h = 37.45 / 3 = 12.48 \text{ ton}$ $V_y = M_y / h = 31.22 / 3 = 10.41 \text{ ton}$ | <br>$C_5 = 38 \times 28$ $A = 248 \quad S_x = 2601$ $A_{vx} = 152 \quad S_y = 2168$ $A_{vy} = 112$ $t_f = 2 \quad t_w = 2$ |

|  |   |
|--|---|
| تعیین ابعاد صفحه ستون  |   |
| $e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{37.45}{357} = 10.49 \text{ cm}$ $e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{31.22}{357} = 8.742 \text{ cm}$ $F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$  |  |
| <p>با فرض <math>e &lt; B/6</math></p> $f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{357}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 10.49}{70} \right) \leq F_p = 147$ $\text{if } B = 70 \Rightarrow e = 10.49 < \frac{B}{6} = \frac{70}{6} = 11.67 \Rightarrow D = 65.9 \text{ cm} \Rightarrow D = 70$ $f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{357120}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 10.49}{70} \right) = 138 \leq F_p = 147$ $f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{357120}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 8.742}{70} \right) = 127 \leq F_p = 147$ |   |
| $\frac{a_2}{b_2} = 1.19 \Rightarrow \frac{a_1}{b_1} = 1.19$ $\frac{a_2}{b_2} = 1.19 \Rightarrow \frac{a_1}{b_1} = 0.062$ $M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.062 \times 138 \times 16^2 = 2193 \text{ kg.cm/cm}$ $M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.050 \times 138 \times 16^2 = 1755 \text{ kg.cm/cm}$ $M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2193 \text{ kg.cm/cm}$ $t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2193}{0.75 \times 2400}} = 3$  |   |

|   |  |
|---|--|
|  |  |
|---|--|



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5 P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{178560}{650 \times 0.8} = 343.4$$

$$n = 12 \quad \text{تعداد کل سخت کننده}$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{343}{2 \times 12} = 14.31$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 70 \times 19 \times 138 = 184.1 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{70 \times 19^2 \times 138}{2} = 17.5 \text{ ton.m}$$

$$n_A = 5 \quad \text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A}$$

$$t_s = 1.0 \quad \text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A}$$

$$y' = \frac{5 \times 40 \times 1.01 \times 23 + 70 \times 3.00 \times 1.50}{70 \times 3 + 5 \times 40 \times 1.01} = 12.04 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 3.00 \times \frac{40^3}{12} + 5 \times 40 \times 1 \times (23 - 12.04)^2$$

$$+ \frac{70 \times 3^3}{12} + 70 \times 3 \times (12.04 - 1.5)^2 = 127751 \text{ cm}^4$$

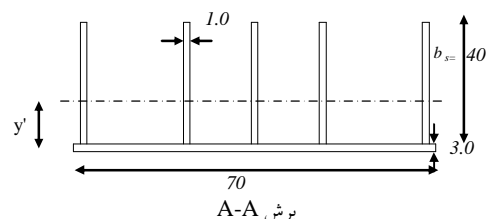
$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{127751}{12.04} = 10609 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{127751}{30.96} = 4127 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 4127$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{184071}{5 \times 40 \times 1} = 911 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1748678}{4127} = 424 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s = 544 \text{ cm} \quad (\text{طول کل سخت کننده ها})$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{12485}{544} = 22.95$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 19 \times 22.95 = 436.1 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 40.4 \times 12.04 = 486.5$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{184071 \times 486.5}{127751} = 700.9$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 700.9}{2} \times 19 = 6659 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 436.1 + 6659 = 7095 \text{ kg}$

$L_w = 19 \times 2 = 38 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 7095 \Rightarrow a_w \geq \frac{7095}{650 \times 38} = 0.287$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 12.48 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{12485}{0.17 \times 3700} = 19.85 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

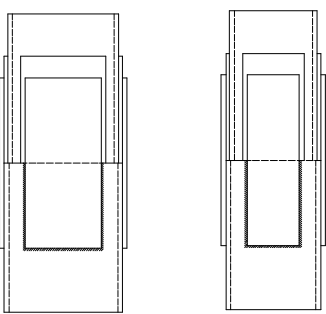
$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



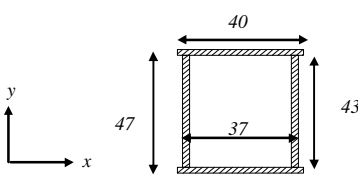
## 9- طراحی وصله ستون

|         |       |                        |       |  |
|---------|-------|------------------------|-------|--|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی وصله ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 1/4     | صفحه  | CC1                    | تیپ   |  |

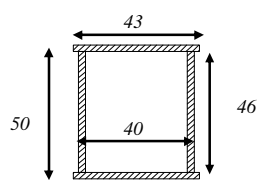
  



ستون فوقانی



ستون تحتانی



$C_2 = 47 \times 37$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$   
 $A = 320 \quad I_x = 101488$   
 $I_y = 69617$

$C_1 = 50 \times 40$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$   
 $A = 344$

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون بر ای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$             | $V_3$             | $M_2$             | $M_3$             |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 264.57 | 7.75              | 6.86              | 12.39             | 12.22             |
| DL+LL  | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیرخ ضعیفتر در محل وصله

$F_a = 1275 \text{ kg/cm}^2$

$P_2 = 0.5F_a A = 0.5 \times 1275 \times 320 = 204000 \text{ kg}$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$        $F_a A = 408000$        $R = 10$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 190.41   | 73.46    | 11.36 | 176.77                                 |

$P_{max} = 264570 = 264.6 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$A_f = 37 \times 2 = 74$

$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 43^3}{12} = 26502$

لنگر خمشی سهم جان در جهت X       $M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{26502}{101488} \times 12.22 = 3.191 \text{ ton.m}$

$F_f = \frac{M \cdot M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.22 \times 3.191}{47} + 264.6 \times \frac{74}{320} = 61.37 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 264.6 \times \frac{86}{320} = 71.1 \text{ ton}$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 7.75 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{61374}{1440} = 42.62 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{61374}{650 \times 0.80} = 118 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118 - 2 \times 30}{2} = 29.01 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 70 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 35 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 35^2}{6} = 816.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{61374}{86} + \frac{319110}{817} = 1104 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{7.75}{2} = 3.875 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{71}{2} = 35.55 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{3.2}{2} = 1.596 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 35 + 2 \times 35 = 105 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 105$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{35552}{105} = 338.6$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3875}{105} = 36.9$$
  

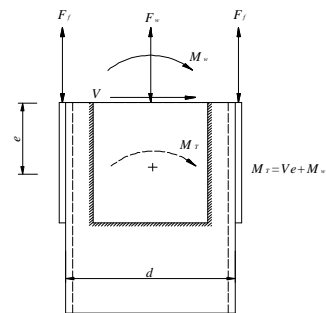
$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(35 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2(35 + 35)^2}{35 + 2 \times 35} = 39302$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{35 + 2 \times 35} = 11.67 \quad e = 35 - 11.67 = 23.33 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 1.596 + 3.875 \times 0.233 = 2.50 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{249972 \times 23.33}{39302} = 148 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.9 + 148 = 185$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{249972 \times 17.5}{39302} = 111 \quad f_y = f'_y + f''_y = 338.6 + 111 = 450$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{185^2 + 450^2} = 486.6 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$




|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CCI                    | تیب   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 47 \times 2 = 94$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 40^3}{12} = 21333$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت Y} \quad M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{21333}{101488} 12.39 = 2.604 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.39 - 2.604}{37} + 264.6 \times \frac{94}{320} = 77.98 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 264.6 \times \frac{66}{320} = 54.57 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.86 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{77982}{1440} = 54.15 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{77982}{650 \times 0.80} = 150 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{150 - 2 \times 35}{2} = 39.98 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{فرض} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 70 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{54568}{66} + \frac{260445}{600} = 1261 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.86}{2} = 3.43 \text{ ton}$$

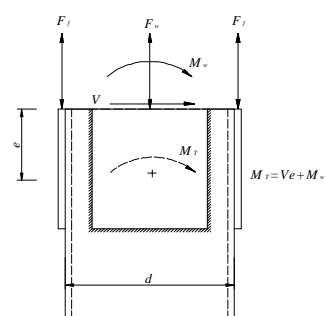
$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.28 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{12.4}{2} = 6.195 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 35 = 100 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 100$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27284}{100} = 272.8$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3430}{100} = 34.3$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 35 \quad b_l = 30$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2(30 + 35)^2}{30 + 2 \times 35} = 31577$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{30 + 2 \times 35} = 12.25 \quad e = 35 - 12.25 = 22.75 \text{ cm}$$

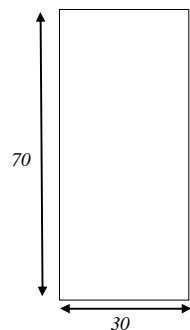
$$M_T = M_{wI} + V_e = 6.195 + 3.43 \times 0.228 = 6.98 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{697533 \times 22.75}{31577} = 503 \quad f_x = f'_x + f''_x = 34.3 + 503 = 537$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{697533 \times 15}{31577} = 331 \quad f_y = f'_y + f''_y = 272.8 + 331 = 604$$

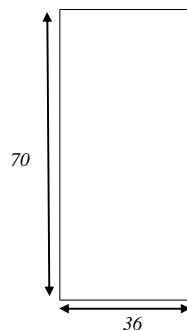
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{537^2 + 604^2} = 808.2 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.2$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



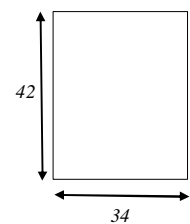
$$t = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.2 \text{ cm}$$



$$t = 2 \text{ cm}$$

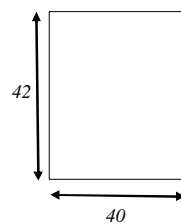
$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.0 \text{ cm}$$

جهت X



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

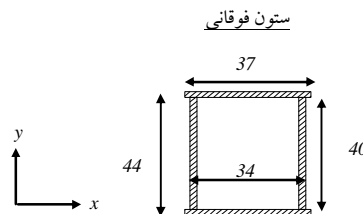
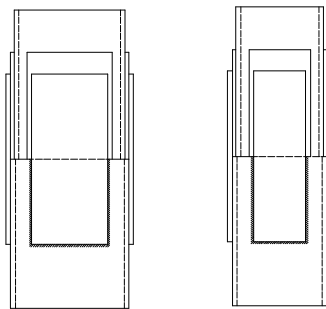
$$a_w = 0.6 \text{ cm}$$

جهت Y





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |



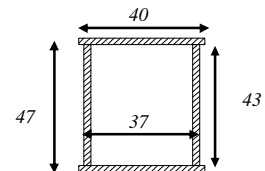
$$C_3 = 44 \times 34$$

$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$

$$A = 296 \quad I_x = 81355$$

$$I_y = 54115$$

مقاطع ستون ها  
ستون تحتانی



$$C_2 = 47 \times 37$$

$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$

$$A = 320$$

#### تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$           | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 269.50 | 7.84            | 6.72            | 12.16           | 12.00           |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1253 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1253 \times 296 = 185444 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 370888$$

$$R = 10$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 190.41   | 73.46    | 11.36 | 176.77                                 |

$$P_{max} = 269500 = 269.5 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 34 \times 2 = 68$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 40^3}{12} = 21333$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت X} \quad M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{21333}{81355} 12.00 = 3.147 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.00 - 3.147}{44} + 269.5 \times \frac{68}{296} = 62.11 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 269.5 \times \frac{80}{296} = 72.84 \text{ ton}$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 2/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC2                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 7.84 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{62113}{1440} = 43.13 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{62113}{650 \times 0.80} = 119.4 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{119.4 - 2 \times 30}{2} = 29.72 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$\text{فرض} \quad \text{عرض ورق} = 35 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 35^2}{6} = 816.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{62113}{80} + \frac{314670}{817} = 1162 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{7.84}{2} = 3.92 \text{ ton}$$

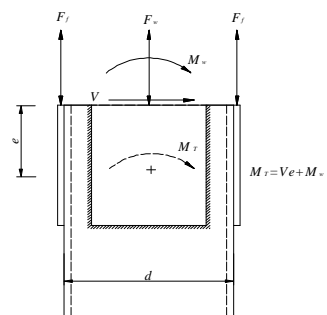
$$F_{wl} = \frac{73}{2} = 36.42 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{3.1}{2} = 1.573 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 35 + 2 \times 30 = 95 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 95$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{36419}{95} = 383.4$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3920}{95} = 41.26$$



$$d_l = 30 \quad b_l = 35 \quad I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(35 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(35 + 30)^2}{35 + 2 \times 30} = 31422$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{35 + 2 \times 30} = 9.474 \quad e = 30 - 9.474 = 20.53 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 1.573 + 3.92 \times 0.205 = 2.38 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{237798 \times 20.53}{31422} = 155 \quad f_x = f'_x + f''_x = 41.26 + 155 = 197$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{237798 \times 17.5}{31422} = 132 \quad f_y = f'_y + f''_y = 383.4 + 132 = 516$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{197^2 + 516^2} = 552 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.8$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 44 \times 2 = 88$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 37^3}{12} = 16884$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{16884}{81355} 12.16 = 2.524 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.16 - 2.524}{34} + 269.5 \times \frac{88}{296} = 80.41 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 269.5 \times \frac{60}{296} = 54.63 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.72 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{80405}{1440} = 55.84 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{80405}{650 \times 0.80} = 154.6 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{154.6 - 2 \times 35}{2} = 42.31 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{54628}{60} + \frac{252367}{600} = 1331 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.72}{2} = 3.36 \text{ ton}$$

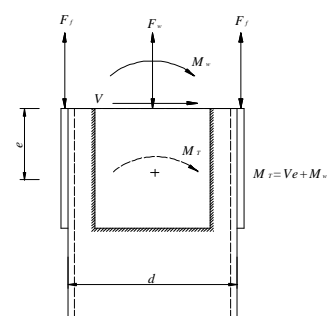
$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.31 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{12.2}{2} = 6.080 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = l \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27314}{90} = 303.5$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3360}{90} = 37.33$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 30 \quad b_l = 30$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 6.080 + 3.36 \times 0.2 = 6.75 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{675200 \times 20}{24750} = 546 \quad f_x = f'_x + f''_x = 37.33 + 546 = 583$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{675200 \times 15}{24750} = 409 \quad f_y = f'_y + f''_y = 303.5 + 409 = 713$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{583^2 + 713^2} = 920.7 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.4$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

60

30

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 1.4 \text{ cm}$

60

36

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 0.8 \text{ cm}$

36

34

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 1.2 \text{ cm}$

جهت X

36

40

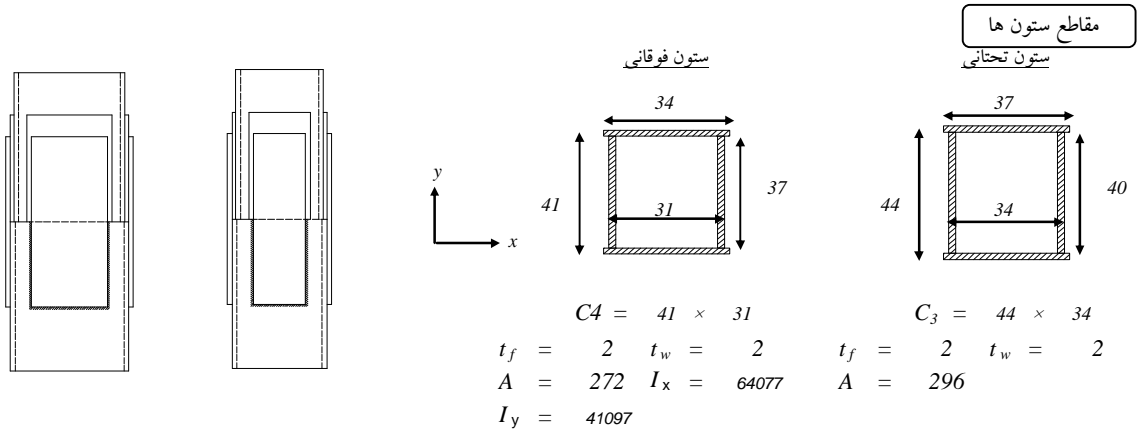
$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 0.6 \text{ cm}$

جهت y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 1/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC3                    | تیپ   |                 |



#### تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$           | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 203.10 | 6.91            | 6.27            | 9.70            | 9.82            |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- درصدها ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1238 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1238 \times 272 = 168368 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 336736$$

$$R = 10$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 190.41   | 73.46    | 11.36 | 176.77                                 |

$$P_{max} = 203100 = 203.1 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 31 \times 2 = 62$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 37^3}{12} = 16884$$

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{16884}{64077} \times 9.82 = 2.588 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.82 - 2.588}{41} + 203.1 \times \frac{62}{272} = 46.47 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{74}{272} = 55.26 \text{ ton}$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 6.91 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{46471}{1440} = 32.27 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 25 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{46471}{650 \times 0.80} = 89.37 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{89.37 - 2 \times 25}{2} = 19.68 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{46471}{74} + \frac{258758}{600} = 1059 \leq 1440$$

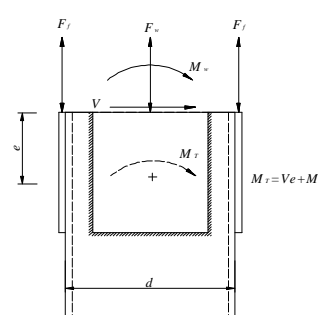
$$V_l = \frac{6.91}{2} = 3.455 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.63 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{2.6}{2} = 1.294 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27628}{90} = 307$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3455}{90} = 38.39$$
  

  

$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 1.294 + 3.455 \times 0.2 = 1.98 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{198479 \times 20}{24750} = 160 \quad f_x = f'_x + f''_x = 38.39 + 160 = 199$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{198479 \times 15}{24750} = 120 \quad f_y = f'_y + f''_y = 307 + 120 = 427$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{199^2 + 427^2} = 471.2 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 41 \times 2 = 82$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 34^3}{12} = 13101$$

$$M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{13101}{64077} 9.70 = 1.983 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.70 - 1.983}{31} + 203.1 \times \frac{82}{272} = 61.48 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{54}{272} = 40.32 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.27 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{61478}{1440} = 42.69 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{61478}{650 \times 0.80} = 118.2 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118.2 - 2 \times 30}{2} = 29.11 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{فرض}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{40321}{54} + \frac{198328}{417} = 1223 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.27}{2} = 3.135 \text{ ton}$$

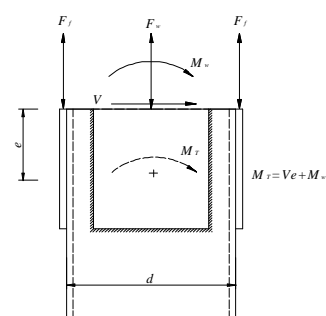
$$F_{wl} = \frac{40}{2} = 20.16 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{9.7}{2} = 4.850 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm} \quad a_w = I \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{20161}{85} = 237.2$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3135}{85} = 36.88$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 30 \quad b_l = 25$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 4.850 + 3.135 \times 0.194 = 5.46 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{545856 \times 19.41}{19148} = 553 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.88 + 553 = 590$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{545856 \times 12.5}{19148} = 356 \quad f_y = f'_y + f''_y = 237.2 + 356 = 594$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{590^2 + 594^2} = 837.1 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.3$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

$t = 2 \text{ cm}$   
 $a_w = 1.3 \text{ cm}$

$t = 2 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.8 \text{ cm}$

$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 1.1 \text{ cm}$   
جهت x

$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.6 \text{ cm}$   
جهت y





|         |       |                        |       |  |
|---------|-------|------------------------|-------|--|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی وصله ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 1/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |  |

ستون فوقانی

ستون تحتانی

|   |  |
|---|--|
| $C_5 = 38 \times 28$<br>$t_f = 2 \quad t_w = 2$<br>$A = 248 \quad I_x = 49427$<br>$I_y = 30347$ | $C_4 = 41 \times 31$<br>$t_f = 2 \quad t_w = 2$<br>$A = 272$ |
|---|--|

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| P <sub>1</sub> | V <sub>2</sub>  | V <sub>3</sub>  | M <sub>2</sub>  | M <sub>3</sub>  |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 203.10         | 6.91            | 6.27            | 9.70            | 9.82            |
| DL+LL          | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$F_a = 1247 \text{ kg/cm}^2$

$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1247 \times 248 = 154628 \text{ kg}$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$

$F_a A = 309256$

$R = 10$

| P <sub>DL</sub> | P <sub>LL</sub> | P <sub>E</sub> | 0.6 [P <sub>DL</sub> + 0.8P <sub>LL</sub> + (0.4R)P <sub>E</sub> ] |
|-----------------|-----------------|----------------|--|
| 190.41          | 73.46           | 11.36          | 176.77   |

$P_{max} = 203100 = 203.1 \text{ ton}$

$A_f = 28 \times 2 = 56$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 34^3}{12} = 13101$

لنگر خمشی سهم جان در جهت X

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{13101}{49427} \times 9.82 = 2.603 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.82 - 2.603}{38} + 203.1 \times \frac{56}{248} = 46.05 \text{ ton}$$

$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{68}{248} = 55.69 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 6.91 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{46051}{1440} = 31.98 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 25 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{46051}{650 \times 0.80} = 88.56 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{88.56 - 2 \times 25}{2} = 19.28 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{46051}{68} + \frac{260293}{600} = 1111 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.91}{2} = 3.455 \text{ ton}$$

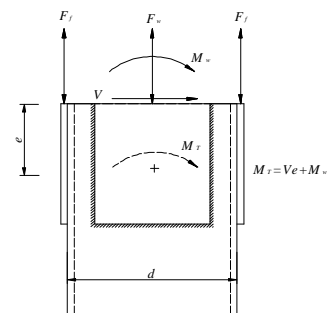
$$F_{wl} = \frac{56}{2} = 27.84 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{2.6}{2} = 1.301 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27844}{90} = 309.4$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3455}{90} = 38.39$$



$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 1.301 + 3.455 \times 0.2 = 1.99 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{199247 \times 20}{24750} = 161 \quad f_x = f'_x + f''_x = 38.39 + 161 = 199$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{199247 \times 15}{24750} = 121 \quad f_y = f'_y + f''_y = 309.4 + 121 = 430$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{199^2 + 430^2} = 474.1 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 38 \times 2 = 76$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 31^3}{12} = 9930$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{9930}{49427} 9.70 = 1.949 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.70 - 1.949}{28} + 203.1 \times \frac{76}{248} = 62.52 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{48}{248} = 39.31 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.27 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{62517}{1440} = 43.41 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 30  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{62517}{650 \times 0.80} = 120.2 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{120.2 - 2 \times 30}{2} = 30.11 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{39310}{48} + \frac{194882}{417} = 1287 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.27}{2} = 3.135 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{39}{2} = 19.65 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{9.7}{2} = 4.850 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm}$$

$$a_w = l \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{19655}{85} = 231.2$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3135}{85} = 36.88$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |                 |

$$d_1 = 30 \quad b_1 = 25$$

$$I_p \frac{(b_1+2d_1)^3}{12} - \frac{d_1^2(b_1+d_1)^2}{b_1+2d_1} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1+2d_1} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 4.850 + 3.135 \times 0.194 = 5.46 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{545856 \times 19.41}{19148} = 553 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.88 + 553 = 590$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{545856 \times 12.5}{19148} = 356 \quad f_y = f'_y + f''_y = 231.2 + 356 = 588$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{590^2 + 588^2} = 832.9 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.3$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

$t = 2 \text{ cm}$   
 $a_w = 1.3 \text{ cm}$

$t = 2 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.8 \text{ cm}$

$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 1.1 \text{ cm}$   
جهت X

$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.6 \text{ cm}$   
جهت Y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/4     | صفحه  | CC5                    | تیپ   |                 |

مقاطع ستون ها

ستون فوقانی

ستون تحتانی

$C_6 = 35 \times 25$   
 $t_f = 1.5$   
 $A = 171$   
 $I_x = 29248$   
 $I_y = 17178$

$C_5 = 38 \times 28$   
 $t_f = 2$   
 $A = 248$

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون بر ای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$          | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 116.83 | 4.24            | 4.70           | 6.20            | 6.36            |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY1) | 0.75(DL+L+EX2) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL-EY1) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$F_a = 1255 \text{ kg/cm}^2$   
 $P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1255 \times 171 = 107302.5 \text{ kg}$

$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 93.11    | 23.35    | 29.41 | 137.66                                 |

$P_{max} = 137658 = 137.7 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$A_f = 25 \times 1.5 = 37.5$

$I_{wx} = \frac{2 \times 1.5 \times 32^3}{12} = 8192$

لنگر خمشی سهم جان در جهت X

$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{8192}{29248} \times 6.36 = 1.781 \text{ ton.m}$

$F_f = \frac{M \cdot M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{6.36 \times 1.781}{35} + 137.7 \times \frac{37.5}{171} = 30.32 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 137.7 \times \frac{48}{171} = 38.64 \text{ ton}$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC5                    | تیب   |                 |

$$V_x = 4.24 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{30319}{1440} = 21.05 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 20 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$
  

$$a_w = 0.8$$
  

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{30319}{650 \times 0.80} = 58.31 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{58.31 - 2 \times 20}{2} = 9.153 \text{ cm}$$
  
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$
  

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{30319}{48} + \frac{178136}{417} = 1059 \leq 1440$$
  

$$V_l = \frac{4.24}{2} = 2.12 \text{ ton}$$
  

$$F_{wl} = \frac{39}{2} = 19.32 \text{ ton}$$
  

$$M_{wl} = \frac{1.8}{2} = 0.891 \text{ ton.m}$$
  

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$
  

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{19320}{85} = 227.3$$
  

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{2120}{85} = 24.94$$
  
  

$M_t = V_e + M_c$

$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$
  

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$
  

$$M_T = M_{wl} + V_e = 0.891 + 2.12 \times 0.194 = 1.30 \text{ ton.m}$$
  

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{130221 \times 19.41}{19148} = 132 \quad f_x = f'_x + f''_x = 24.94 + 132 = 157$$
  

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{130221 \times 12.5}{19148} = 85 \quad f_y = f'_y + f''_y = 227.3 + 85 = 312$$
  

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{157^2 + 312^2} = 349.5 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.5$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC5                    | تنیپ  |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 35 \times 1.5 = 52.5$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 1.5 \times 28^3}{12} = 5488$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{5488}{29248} 6.20 = 1.163 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{6.20 - 1.163}{25} + 137.7 \times \frac{52.5}{171} = 42.46 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 137.7 \times \frac{33}{171} = 26.57 \text{ ton}$$

$$V_y = 4.70 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{42465}{1440} = 29.49 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 25  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{42465}{650 \times 0.80} = 81.66 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{81.66 - 2 \times 25}{2} = 15.83 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{عرض ورق} = 20 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 20^2}{6} = 266.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{26566}{33} + \frac{116335}{267} = 1241 \leq 1440$$

$$V_I = \frac{4.70}{2} = 2.35 \text{ ton}$$

$$F_{wI} = \frac{27}{2} = 13.28 \text{ ton}$$

$$M_{wI} = \frac{6.2}{2} = 3.100 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 20 + 2 \times 30 = 80 \text{ cm}$$

$$a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 80$$

$$f'_y = \frac{F_{wI}}{A_{we}} = \frac{13283}{80} = 166$$

$$f'_x = \frac{V_I}{A_{we}} = \frac{2350}{80} = 29.38$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC5                    | تیب   |                 |

$$I_p = \frac{d_1^3 (b_1 + 2d_1)}{12} - \frac{d_1^2 (b_1 + d_1)^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{(20 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (20 + 30)^2}{20 + 2 \times 30} = 14542$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{30^2}{20 + 2 \times 30} = 11.25 \quad e = 30 - 11.25 = 18.75 \text{ cm}$$

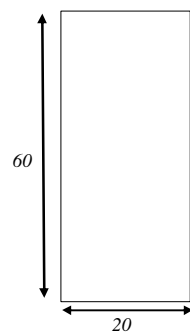
$$M_T = M_{wl} + Ve = 3.100 + 2.35 \times 0.188 = 3.54 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{354063 \times 18.75}{14542} = 457 \quad f_x = f'_x + f''_x = 29.38 + 457 = 486$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{354063 \times 10}{14542} = 243 \quad f_y = f'_y + f''_y = 166 + 243 = 410$$

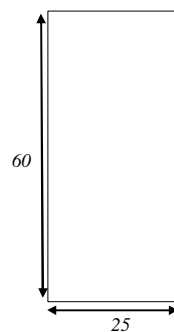
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{486^2 + 410^2} = 635.5 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.0$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



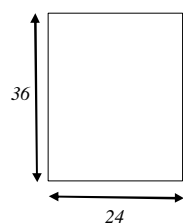
$$t = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.0 \text{ cm}$$



$$t = 2 \text{ cm}$$

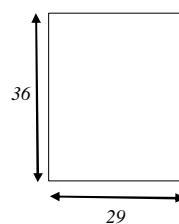
$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$

جهت X



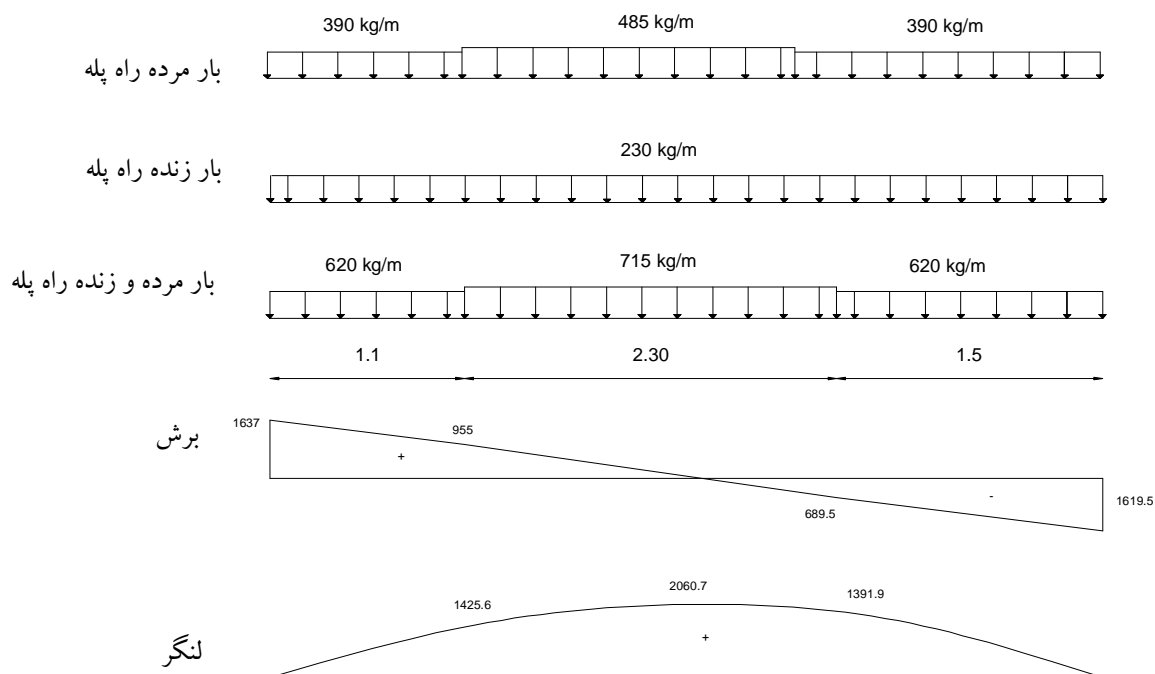
$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.6 \text{ cm}$$

جهت Y



## -10 طراحی تیر راه پله

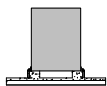


$$F_b = 0.66F_y = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{M_{\max}}{F_b} = \frac{206070}{1584} = 130 \Rightarrow IPE180 (S = 146.7, I = 1320)$$

کنترل تغییر مکان :

$$\Delta_{\max} \approx \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5 \times 0.715 \times 490^4}{384 \times 2.1 \times 10^{10} \times 1320} = 0.194 \text{ cm} < \frac{L}{240} = \frac{490}{240} = 2.04 \text{ cm}$$



## 11- طراحی اتصالات چیلر

چیلری به وزن  $12 \text{ ton}$  در بام ساختمان واقع شده است. اتصالات چیلر باید بر اساس بند 2-6 آیین نامه 2800 برای نیروی جانبی زیر طراحی گردد

$$F_p = A B_p I W_p$$

که در آن  $A$  و  $I$  بترتیب ضریب زلزله و ضریب اهمیت ساختمان است و  $W_p$  وزن جزء الحاقی است

$B_p$  ضریبی است که از جدول شماره 4 آیین نامه 2800 بدست می آید که برای چیلر برابر 1 است

$$F_p = A B_p I W_p = 0.35 \times 1 \times 1 \times 12 = 4.2 \text{ ton}$$

نیروی طراحی جانبی در جهت  $x, y$

$$M_{OR} = F_p \times h = 4.2 \times 1.25 = 5.25 \text{ ton}$$

لنگر محرک در جهت  $x, y$

$$M_{RX} = M_p \times L = 12 \times 1 = 12 \text{ ton}$$

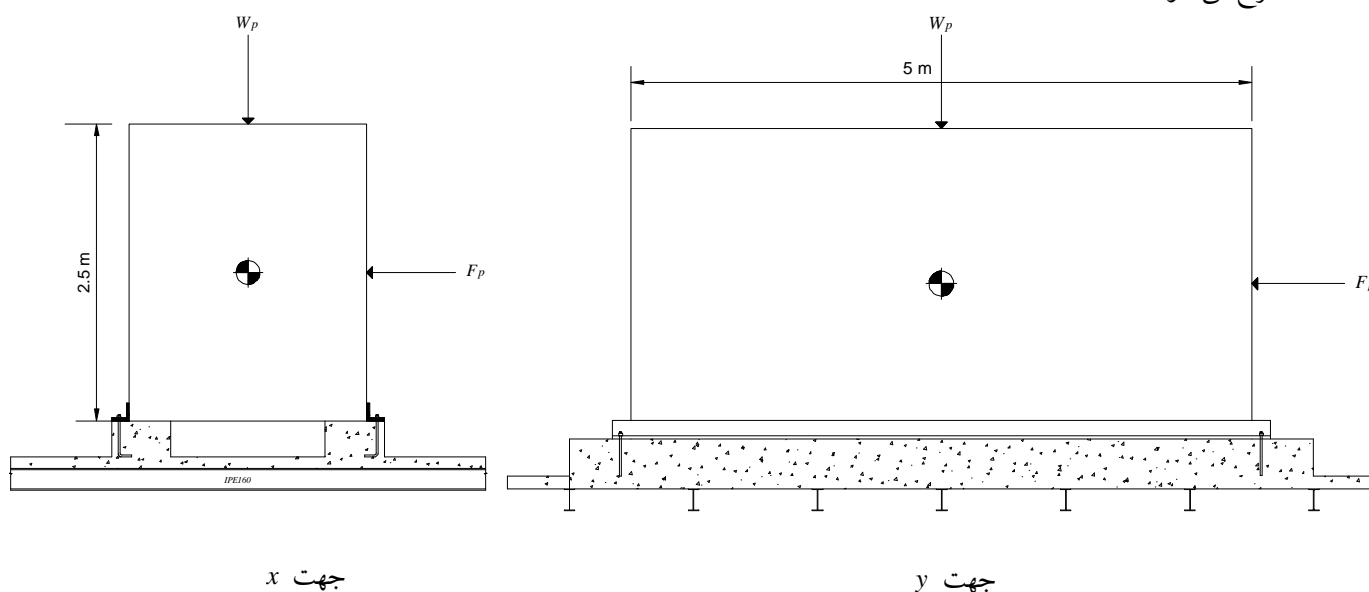
لنگر مقاوم در جهت  $x$

$$M_{RY} = M_p \times L = 12 \times 2.5 = 25 \text{ ton}$$

لنگر مقاوم در جهت  $y$

بدلیل اینکه لنگر محرک از لنگر مقاوم در هر دو جهت کمتر می باشد بولتها به کشش نمی افتند و تنها براساس نیروی برشی

طرح می شوند.



$$P = \frac{F_p}{4} = \frac{4.2}{4} = 1.05 \text{ ton}$$

نیروی برشی هر بولت

$$A = \frac{P}{0.17 F_u} = \frac{1050}{0.17 \times 3700} = 1.67 \text{ cm}^2 \Rightarrow (\text{Use } 16 \text{ } A = 2 \text{ cm}^2)$$

## 12- کنترل دیافراگم

در این بخش صلب بودن دیافراگم که مبنای محاسبات می باشد کنترل می گردد. برای صلب بودن یک دیافراگم باید رابطه زیر برقرار باشد

$$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} < 0.5$$

تغییر شکل کلی دیافراگم  $\Delta_{diaph}$  تحت اثر بارهای جانبی وارد بر آن از دو قسمت تغییر مکان خمشی  $\Delta_f$  و تغییر شکل برشی تشکیل می گردد

$$\Delta_{diaph} = \Delta_f + \Delta_s$$

که

$$\Delta_f = \frac{5 w L^4}{384 EI} \quad \Delta_s = \frac{a w L^2}{8 A G}$$

نیروی جانبی حداکثر وارد به دیافراگم (طبقه 15)  $F_{pi} = 49.38 \text{ ton}$

حداقل نیروی جانبی وارد بر دیافراگم بر اساس آیین نامه 2800  $F_{pi} = 0.35 A I W_i = 0.35 \times 0.35 \times 1 \times 412 = 50.47$

$$\Rightarrow F_{pi} = 50.47 \text{ ton}$$

$$w = \frac{F_{pi}}{L_t} = \frac{50470}{1470} = 34.33 \text{ kg/cm}$$

$$I = \frac{t h^3}{12} = \frac{10 \times 455^3}{12} = 78496979 \text{ cm}^4$$

$$L = 490 \text{ cm}$$

$$\Delta_f = \frac{5 w L^4}{384 EI} = \frac{5 \times 34.33 \times 490^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 78496979} = 0.0013 \text{ cm}$$

$$\Delta_s = \frac{a w L^2}{8 A G} = \frac{1.5 \times 34.33 \times 490^2}{8 \times (455 \times 10) \times (0.4 \times 2.5 \times 10^5)} = 0.0034$$

$$\Delta_{diaph} = \Delta_f + \Delta_s = 0.0013 + 0.0034 = 0.0047 \text{ cm}$$

$$\Delta_{story15} = drift \times h = 0.00243 \times 320 = 0.777 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} = \frac{0.0047}{0.777} = 0.006 < 0.5$$



### 13- تحلیل و طراحی پی

تحلیل و طراحی پی توسط نرم افزار Safe با استفاده از خروجی نیروهای تکیه گاهی صورت می گیرد. مقاومت مجاز خاک  $q_u = 2 \text{ kg/cm}^2$  می باشد. برنامه Safe پی را بصورت الاستیک و با استفاده از ضریب بستر خاک تحلیل می کند. بنابراین ضریب بستر را از روی رابطه تقریبی زیر محاسبه می کنیم

$$k_s = 1.2q_u = 1.2 \times 2 = 2.4$$

برای کنترل تنش زیر پی از 9 ترکیب بار طبق جدول زیر استفاده می کنیم

جدول 1-13: ترکیبات بار برای کنترل تنش زیر پی

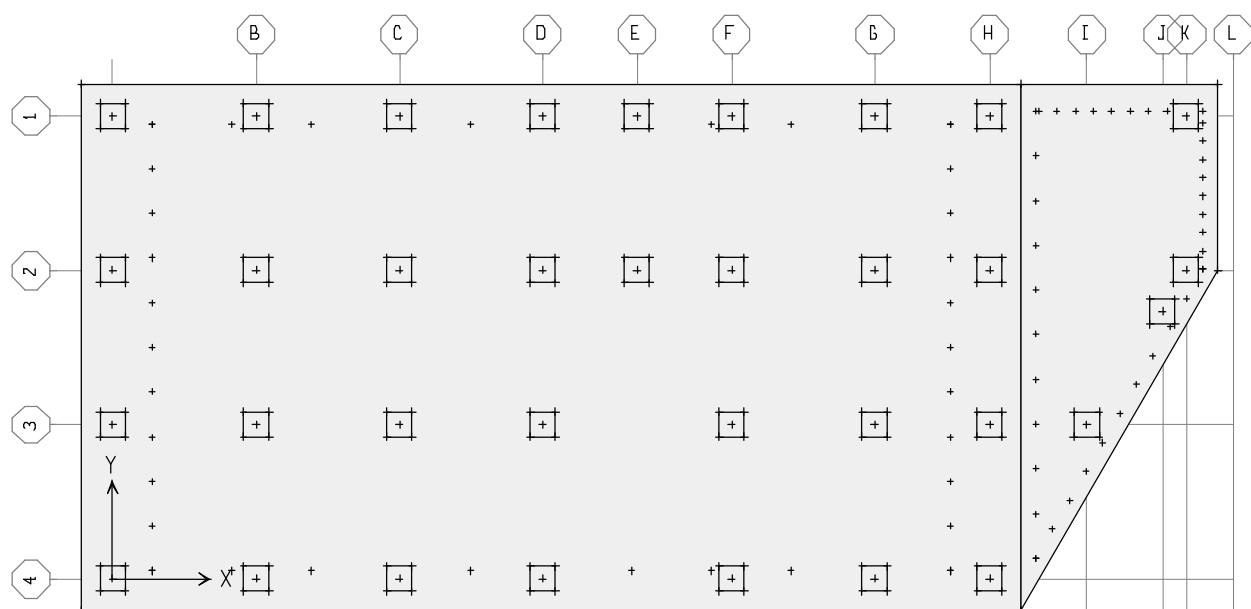
| Load<br>combo | P1    | P2              | P3              | P4              | P5              | P6              | P7              | P8              | P9              |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|               | DL+LL | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY2) | 0.75(DL+LL+EY2) |

برای طراحی پی از 18 ترکیب بار زیر استفاده می کنیم

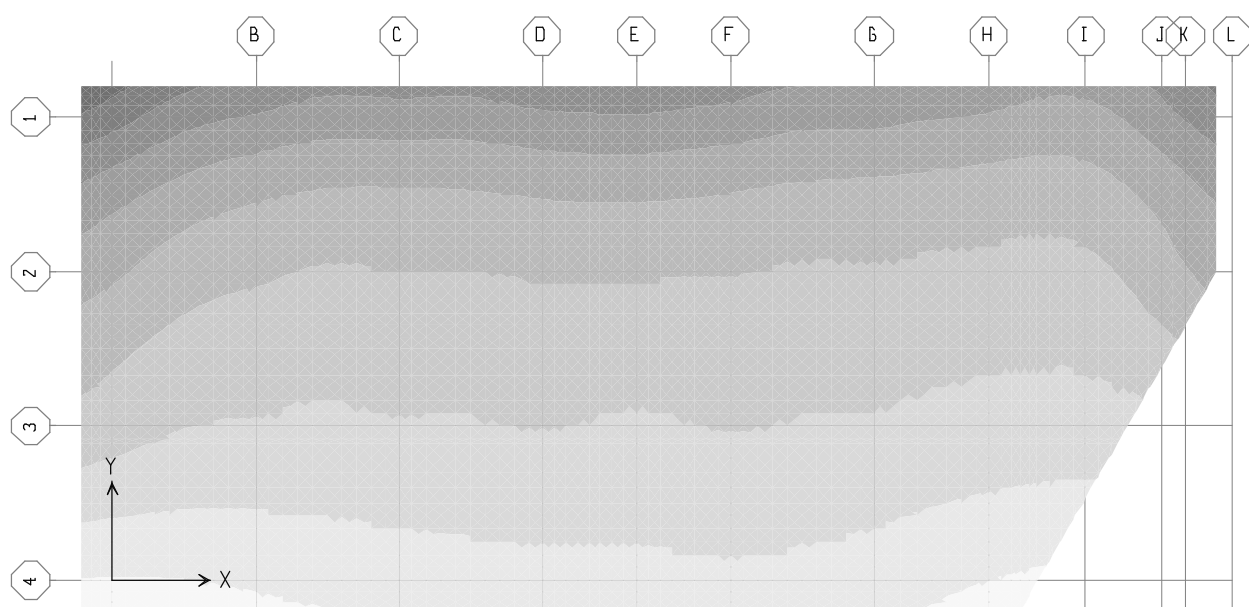
جدول 2-13: ترکیبات بار برای طراحی پی

| Load<br>combo | DCON1                       | DCON2                       | DCON3                       | DCON4                       | DCON5                       | DCON6                       |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               | 1.4DL                       | 1.4 DL+1.7 LL               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 |
|               | DCON7                       | DCON8                       | DCON9                       | DCON10                      | DCON11                      | DCON12                      |
|               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 0.9 DL+1.43 EX1             | 0.9 DL+1.43 EX1             |
|               | DCON13                      | DCON14                      | DCON15                      | DCON16                      | DCON17                      | DCON18                      |
|               | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EY2             | 0.9 DL+1.43 EY2             |

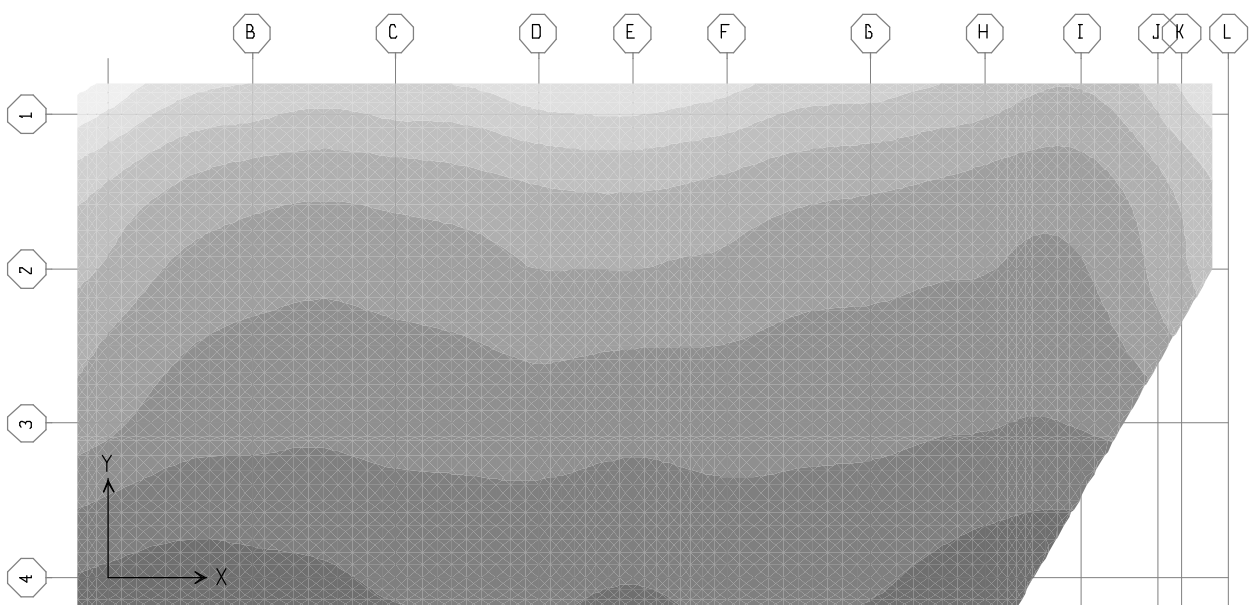
ضخامت پی 100 cm در نظر گرفته شده است



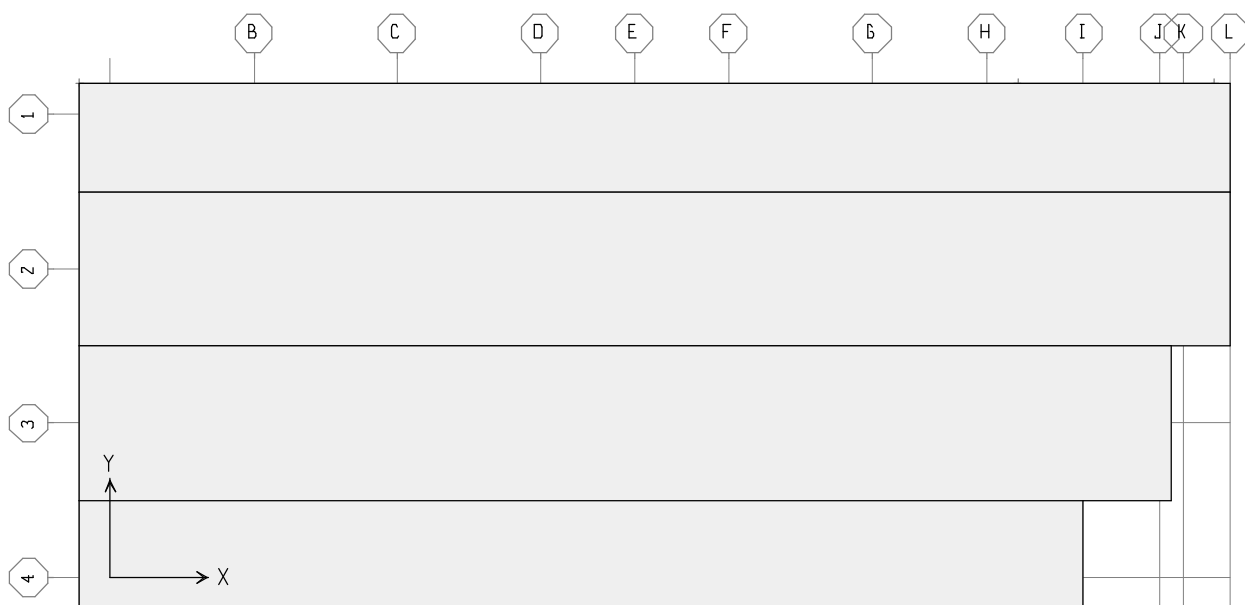
شکل 1-13 پلان پی



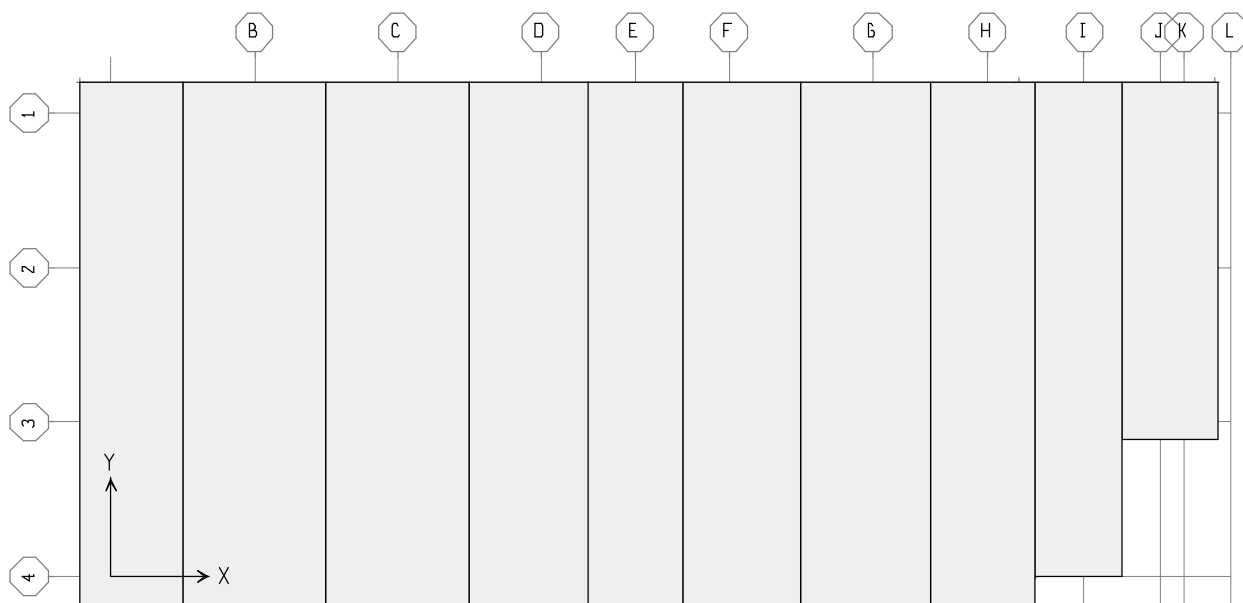
شکل 2-13: حداکثر تغییر مکان پی  $1.17 \text{ cm}$  مربوط به ترکیب بار DCON17 است



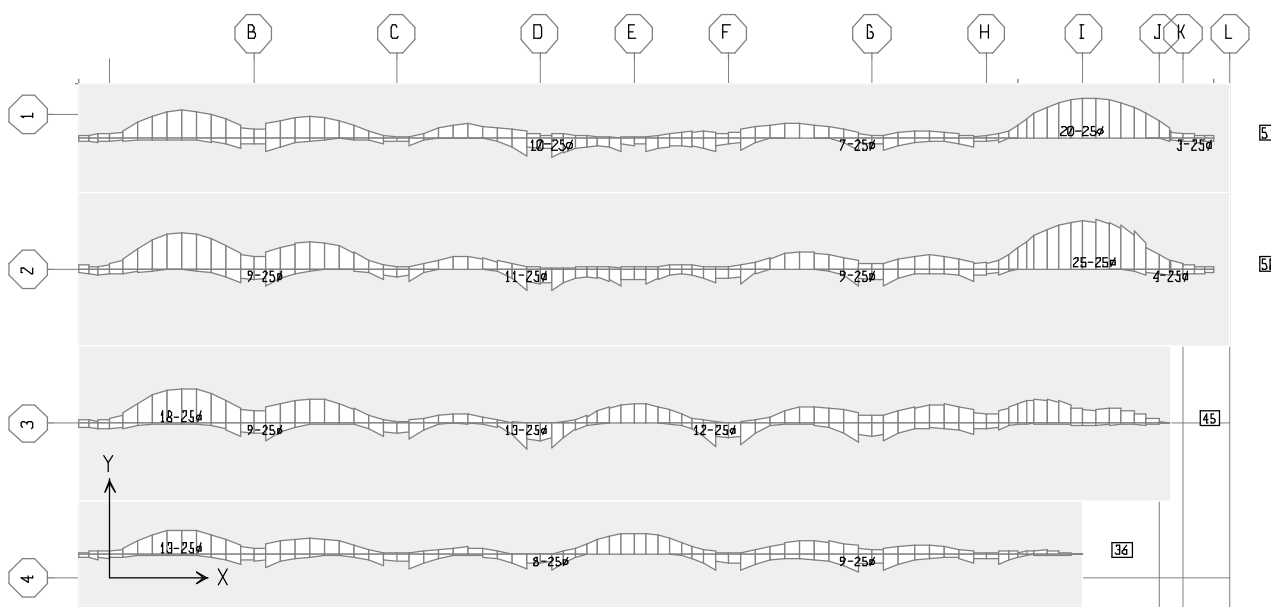
شکل 3-13: حداکثر تنش زیر پی  $2 \text{ kg/cm}^2$  مربوط به ترکیب بار P8 است



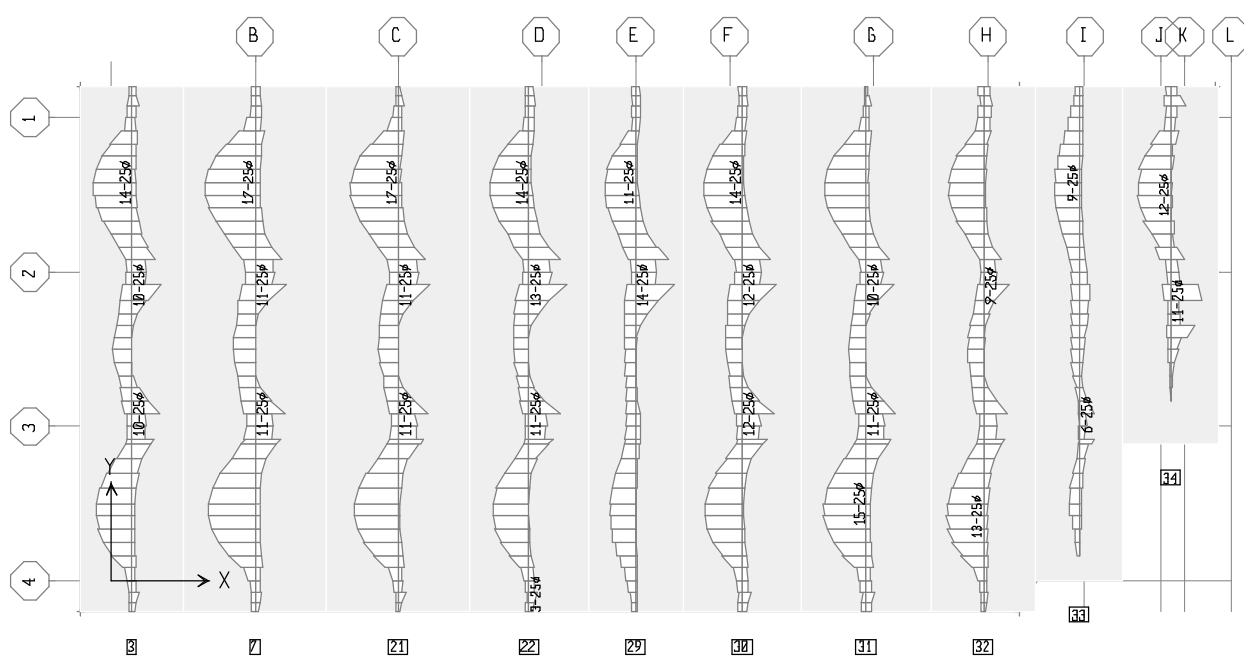
شکل 4-13: نوارهای طراحی جهت  $X$



شکل 5-13: نوار طراحی جهت  $Y$



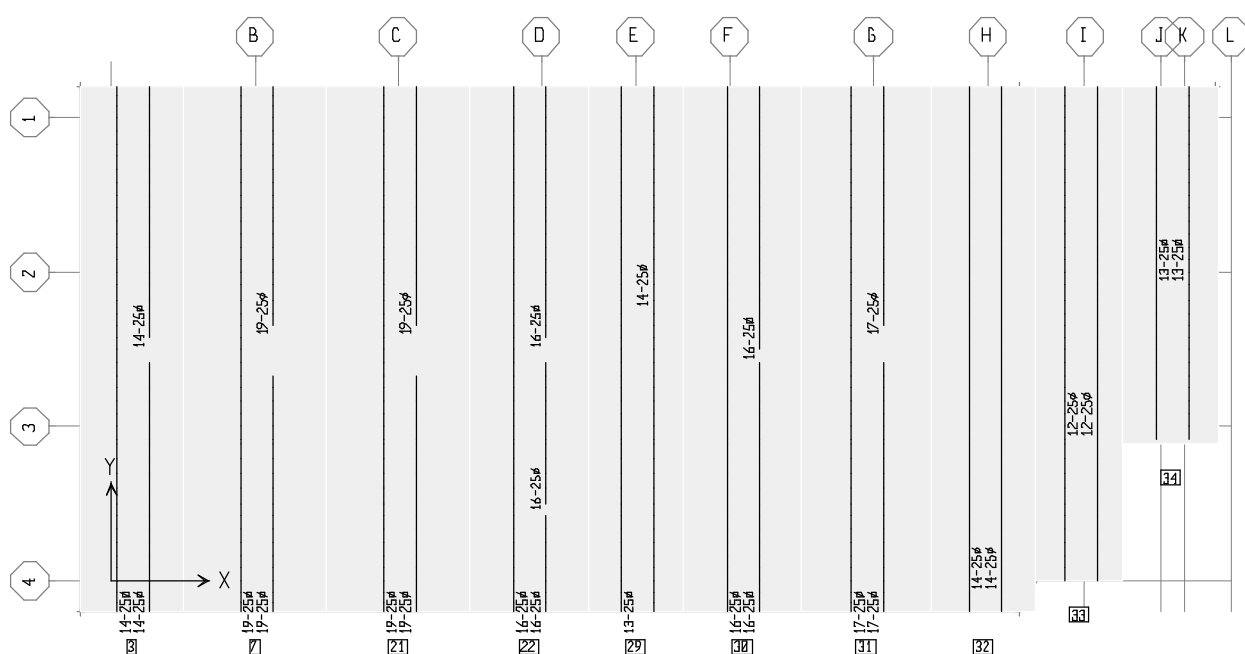
شکل 13-6: دیاگرام لنگر خمشی در جهت X



شکل 13-7: دیاگرام لنگر درجهت  $Y$

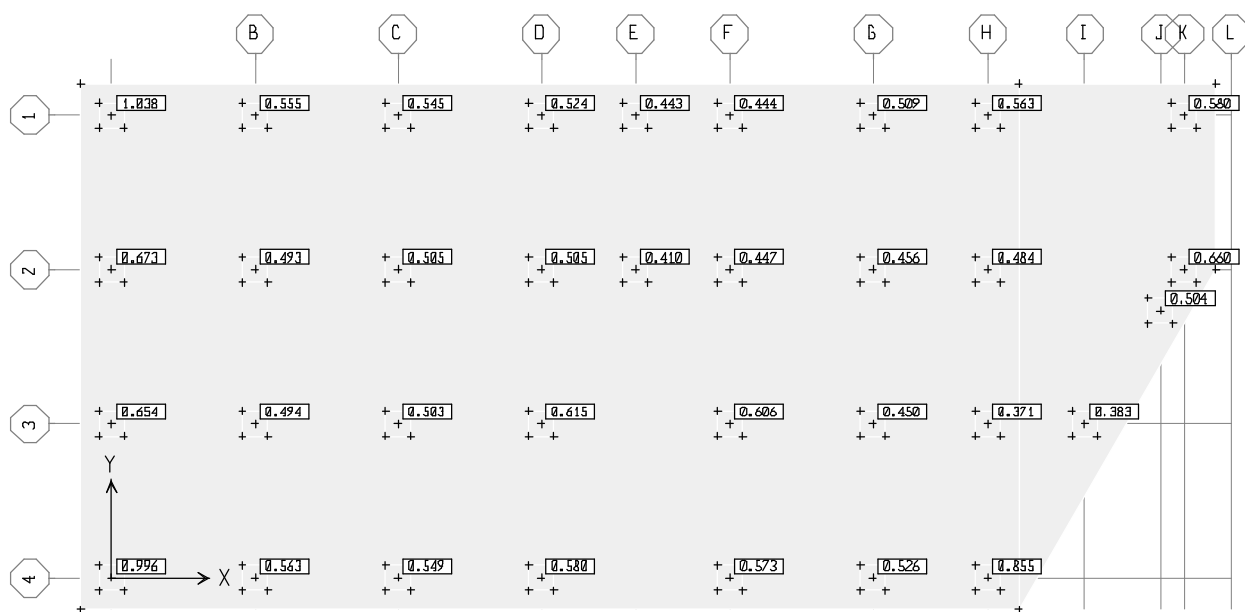


شکل 8-13: میلگردهای طراحی در جهت X



شکل 9-13: میلگردهای طراحی در جهت Y





شکل 10-13: نسبت ظرفیت برش پانچ

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| 1    | 1- بار زلزله   |
| 1    | 1-1 روش استاتیکی معادل   |
| 1    | 2-1 محاسبه وزن سازه  |
| 2    | 3-1 تعیین ضریب زلزله   |
| 2    | 1-4 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع                                |
| 2    | 5-1 لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی                           |
| 2    | 6-1 تحلیل دینامیکی خطی طیفی                                    |
| 2    | 1-7 محاسبه لنگر واژگونی  |
| 2    | 8-1 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات                                |
| 2    | 9-1 اثر $P - \Delta$   |
| 2    | -2 طراحی تیر مرکب  |
| 2    | -3 طراحی تیر ستون  |
| 2    | 1-3 کنترل روابط آیین نامه 2800 در طراحی ستونها                 |
| 2    | -4 طراحی تیر ورق   |
| 2    | -5 کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر بر اساس آیین نامه 2800        |
| 2    | -6 طراحی مهاربندهای هم محور                                    |
| 2    | -7 کنترل ضوابط آیین نامه 2800 در مورد قاب خمشی در سیستم دوگانه |
| 2    | -8 طراحی اتصال گیر دار تیر به ستون                             |
| 2    | -9 طراحی صفحه ستون   |
| 2    | -10 طراحی وصله ستون  |
| 2    | -11 کنترل دیافراگم   |
| 2    | -12 تحلیل و طراحی پی   |



## 1- بار زلزله

نیروهای ناشی از زلزله به عامل های زیادی از جمله بزرگی و سایر مشخصات زلزله ، فاصله از مرکز زلزله ، شرایط زمین ساختی منطقه ، نوع سیستم مقاوم در برابر زلزله و ... بستگی دارد . در آئین نامه 2800 دو روش برای تعیین بار زلزله وجود دارد؛ روش تحلیل استاتیکی معادل و روش تحلیل دینامیکی (طیفی و تاریخچه زمانی) . در این پروژه از روش دینامیکی طیفی استفاده خواهد شد . طبق بند 2-5-3 آئین نامه 2800 در مواردی که برش پایه بدست آمده برای کل سازه از روش تحلیل طیفی با برش پایه استاتیکی معادل متفاوت باشد باید مقادیر بازتاب ها را اصلاح نمود بنابراین ابتدا با استفاده از روش استاتیکی معادل برش پایه را بدست می آوریم .

### 1-1 روش استاتیکی معادل

در روش تحلیل استاتیکی معادل اثرات زلزله بر یک ساختمان با تخمین نیروی برشی پایه ساختمان در اثر زلزله برآورد می شود  

$$V = C.W$$
 که  $V$  نیروی برشی پایه ،  $C$  ضریب زلزله ،  $W$  بار قائم موثر است . و در نهایت لازم است نیروی برشی پایه به طور مناسب بین طبقات تقسیم شود .

### 2-1 محاسبه وزن سازه

وزن ساختمان شامل بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه 20% بار زنده می باشد . وزن ساختمان به تفکیک طبقه ها تعیین و در نهایت وزن کل آن محاسبه می شود . برای محاسبه وزن ساختمان از برنامه *Etabs* استفاده شده است . برنامه بر اساس بارگذاری انجام گرفته بر روی سازه و وزن اعضای سازه ای این وزن را محاسبه می کند . بدیهی است وزن اعضای سازه ای بعد از انجام طراحی تغییر خواهد نمود .

جدول 1-1: وزن موثر طبقات

| وزن (ton) | طبقه             |
|-----------|------------------|
| 412       | طبقه 15 + خرپشته |
| 363       | طبقه 14          |
| 363       | طبقه 13          |
| 363       | طبقه 12          |
| 363       | طبقه 11          |
| 381       | طبقه 10          |
| 381       | طبقه 9           |
| 384       | طبقه 8           |
| 384       | طبقه 7           |
| 384       | طبقه 6           |
| 410       | طبقه 5           |
| 410       | طبقه 4           |
| 410       | طبقه 3           |
| 415       | طبقه 2           |
| 415       | طبقه 1           |
| 5839      | مجموع            |



### 3-1 تعیین ضریب زلزله

با توجه به تعریف پروژه نوع سیستم بار بر جانبی یک طرف مهار بند و یک طرف قاب خمشی است ولی بنابر آیین نامه 2800 سیستم مهاربندی را تنها برای ساختمانهای با ارتفاع کمتر از 40 متر می توان بکار برد . بنابراین از سیستم دوگانه (قاب خمشی ویژه + مهاربندی هم محور) استفاده می کنیم . همچنین نیروهای زلزله (بدون اثر  $P-\Delta$ ) در جهت قاب خمشی را همانند قسمت اول پروژه در نظر می گیریم .  
ضریب زلزله از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$C = \frac{ABI}{R}$$

که در آن  $A$  شتاب مبنای طرح ،  $B$  ضریب بازتاب ساختمان ،  $I$  ضریب اهمیت ساختمان و  $R$  ضریب رفتار ساختمان می باشد .

که ضریب بازتاب  $B$  از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 2.5$$

که در این رابطه  $T$  زمان تناوب اصلی ساختمان بر حسب ثانیه ،  $T_0$  بر حسب نوع زمین تعیین می گردد .

زمان تناوب تجربی ساختمان برای ساختمانهای فولادی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$T = 0.08H^{\frac{3}{4}}$$

$$A = 0.35 \text{ (شهر تهران)}$$

$$I = 1 \text{ (ضریب اهمیت)}$$

$$T_0 = 0.5 \text{ (خاک نوع 2)}$$

$$R = 9 \text{ (قاب خمشی فولادی ویژه+مهاربندی هم محور)}$$

$$H = 47.6 \text{ m}$$

$$T = 0.08H^{\frac{3}{4}} = 0.08 \times 47.6^{\frac{3}{4}} = 1.45 \text{ s}$$

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = 2.5 \left( \frac{0.5}{1.45} \right)^{\frac{2}{3}} = 1.23$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.35 \times 1.23 \times 1}{9} = 0.048$$

$$V = C.W = 0.048 \times 5839 = 280 \text{ ton}$$

### 4-1 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع

نیروی برشی پایه ( $V$ ) که در قسمت قبل محاسبه شد بصورت زیر در ارتفاع ساختمان و در تراز طبقات توزیع می شود .

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j} (V - F_t)$$

در رابطه فوق ،  $F_i$  نیروی جانبی زلزله در تراز  $i$  ،  $W_i$  وزن طبقه  $i$  ،  $h_i$  ارتفاع تراز  $i$  و  $F_t$  نیروی جانبی اضافی در تراز  $n$  است و از رابطه زیر محاسبه می شود .

$$F_t = 0.07 T.V \leq 0.25 V$$

$$F_t = 0.07 T.V = 0.07 \times 1.45 \times 280 = 28.42$$

$$0.25 V = 0.25 \times 280 = 70$$

$$\left. \begin{array}{l} F_t = 0.07 T.V \leq 0.25 V \\ F_t = 0.07 T.V = 0.07 \times 1.45 \times 280 = 28.42 \end{array} \right\} \Rightarrow F_t = 28.42$$



$$V - F_t = 280 - 28.42 = 251.58 \text{ ton}$$

جدول 2-1: توزیع نیروی زلزله (روش استاتیکی معادل)

| طبقه    | وزن (ton) | ارتفاع (m) | $W_i h_i$ | $\frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$ | $V - F_t$ | $V_i$ |
|---------|-----------|------------|-----------|--|-----------|-------|
| طبقه 15 | 412       | 47/6       | 19611     | 0/135                                  | 251/58    | 62/38 |
| طبقه 14 | 363       | 44/4       | 16117     | 0/111                                  | 251/58    | 27/92 |
| طبقه 13 | 363       | 41/2       | 14955     | 0/103                                  | 251/58    | 25/91 |
| طبقه 12 | 363       | 38         | 13794     | 0/095                                  | 251/58    | 23/90 |
| طبقه 11 | 363       | 34/8       | 12632     | 0/085                                  | 251/58    | 21/34 |
| طبقه 10 | 381       | 31/6       | 12039     | 0/083                                  | 251/58    | 20/88 |
| طبقه 9  | 381       | 28/4       | 10820     | 0/075                                  | 251/58    | 18/87 |
| طبقه 8  | 384       | 25/2       | 9679      | 0/067                                  | 251/58    | 16/86 |
| طبقه 7  | 384       | 22         | 8448      | 0/058                                  | 251/58    | 14/59 |
| طبقه 6  | 384       | 18/8       | 7219      | 0/050                                  | 251/58    | 12/58 |
| طبقه 5  | 410       | 15/6       | 6396      | 0/044                                  | 251/58    | 11/07 |
| طبقه 4  | 410       | 12/4       | 5084      | 0/035                                  | 251/58    | 8/80  |
| طبقه 3  | 410       | 9/2        | 3772      | 0/026                                  | 251/58    | 6/54  |
| طبقه 2  | 415       | 6          | 2940      | 0/020                                  | 251/58    | 5/03  |
| طبقه 1  | 415       | 3          | 1245      | 0/009                                  | 251/58    | 2/26  |
| مجموع   | 5839      |            | 144751    |  |           | 280   |

## 5-1 لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی

لنگر پیچشی به دو قسمت تقسیم می شود

- لنگر ناشی از اختلاف بین مرکز جرم و سختی که با قرار دادن نیروی افقی در مرکز جرم اعمال می شود .
- لنگر ناشی از پیچش تصادفی که معادل 5% بعد ساختمان می شود و برای جلوگیری از اثرات کاهنده بر روی اجزا در دو جهت (با علامت  $\pm$ ) در نرم افزار اعمال می گردد .



## 6-1 تحلیل دینامیکی خطی طیفی

در این روش، تحلیل دینامیکی با فرض رفتار الاستیک سازه و با استفاده از حداکثر بازتاب کلیه مدهای نوسانی که در بازتاب کل سازه اثر قابل توجهی دارند انجام می گیرد. حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست می آید. سپس بازتاب کلی سازه از ترکیب آماری بازتاب های حداکثر هر مد تخمین زده می شود. در سازه های منظم مقادیر بازتاب ها باید در 80 درصدنسبت برش پایه استاتیکی ضرب شود.

$$\text{ضریب اصلاح} = 0.8 \frac{V_{static}}{V_{dynamic}}$$

بدلیل اینکه نیروهای ناشی از تحلیل طیفی مقادیر مثبت هستند در طراحی سازه نمی توان از آن استفاده کرد. در حقیقت تحلیل طیفی توزیع بار جانبی متناسب با ترکیب کلیه مدهای نوسانی را به درستی ارائه می کند. بنا براین توزیع بار جانبی را به روش طیفی محاسبه کرده و این نیروها را بصورت استاتیکی بر سازه اعمال می کنیم. تعداد مدهای نوسان باید حداقل سه مد اول نوسان، یا تمام مدهای نوسان با زمان تناوب بیشتر از 0/4 ثانیه و یا تمام مدهای نوسان که مجموع جرم های موثر ساختمان در آنها حداقل برابر 90 درصد جرم کل سازه باشند، هر کدام که تعدادشان بیشتر است در نظر گرفته شود.

جدول 3-1: تعداد مدهای در نظر گرفته و جرم موثر هر مد

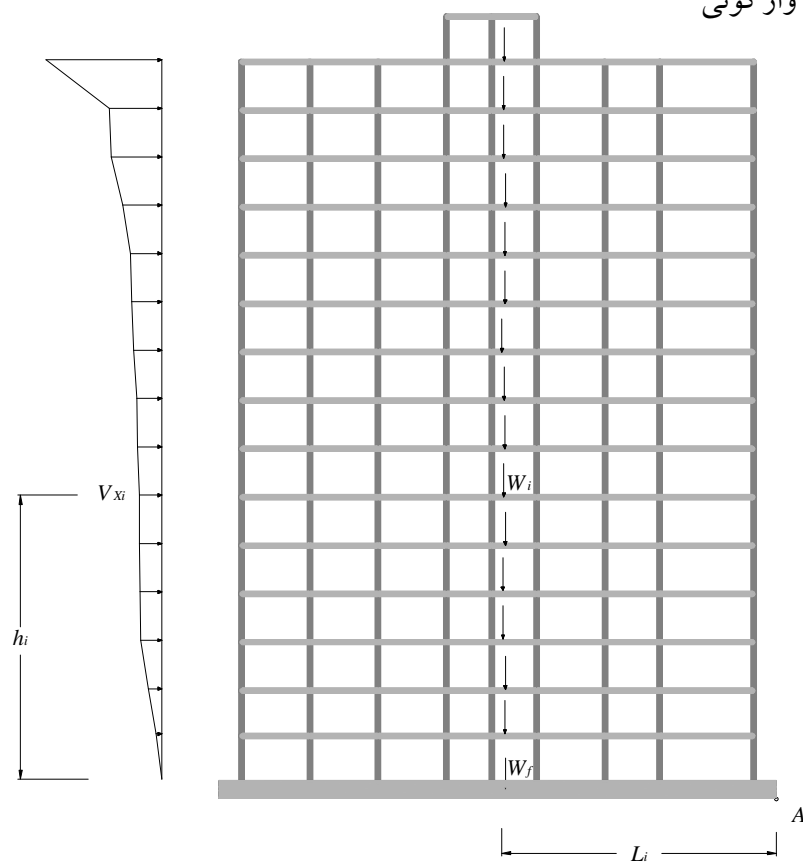
| Mode   | Period | UX     | UY     | RZ     | SumUX  | SumUY  | SumRZ  |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.000  | 3.173  | 72.986 | 5.200  | 0.017  | 72.986 | 5.200  | 0.017  |
| 2.000  | 2.363  | 0.015  | 4.978  | 68.353 | 73.001 | 10.178 | 68.370 |
| 3.000  | 2.163  | 0.095  | 66.557 | 1.061  | 73.096 | 76.735 | 69.431 |
| 4.000  | 1.161  | 12.715 | 0.010  | 0.006  | 85.810 | 76.745 | 69.437 |
| 5.000  | 0.696  | 0.089  | 0.001  | 17.371 | 85.899 | 76.746 | 86.808 |
| 6.000  | 0.664  | 4.510  | 0.001  | 0.346  | 90.409 | 76.747 | 87.153 |
| 7.000  | 0.600  | 0.000  | 19.157 | 0.004  | 90.409 | 95.904 | 87.157 |
| 8.000  | 0.452  | 2.410  | 0.000  | 0.011  | 92.819 | 95.904 | 87.168 |
| 9.000  | 0.361  | 0.009  | 0.024  | 5.445  | 92.828 | 95.928 | 92.613 |
| 10.000 | 0.349  | 0.001  | 0.000  | 0.000  | 92.830 | 95.928 | 92.613 |
| 11.000 | 0.344  | 0.003  | 0.000  | 0.000  | 92.832 | 95.928 | 92.613 |
| 12.000 | 0.343  | 0.011  | 0.000  | 0.001  | 92.843 | 95.928 | 92.613 |



جدول 4-1: نیروی برشی طبقات با استفاده از روش تحلیل طیفی

| STORY   | $V_x$ | $V_y$ |
|---------|-------|-------|
| STORY15 | 42.07 | 50.07 |
| STORY14 | 19.68 | 24.54 |
| STORY13 | 18.36 | 23.22 |
| STORY12 | 16.55 | 16.31 |
| STORY11 | 15.57 | 10.87 |
| STORY10 | 13.74 | 7.91  |
| STORY9  | 12.48 | 8.00  |
| STORY8  | 11.77 | 10.01 |
| STORY7  | 11.09 | 12.48 |
| STORY6  | 9.71  | 14.18 |
| STORY5  | 8.51  | 14.29 |
| STORY4  | 7.81  | 12.81 |
| STORY3  | 6.91  | 10.01 |
| STORY2  | 4.87  | 6.50  |
| STORY1  | 1.90  | 2.78  |

7-1 محاسبه لنگر واژگونی



شکل 1-1: نیروهای وارد بر ساختمان جهت محاسبه لنگر واژگونی



جدول 5-1 محاسبه لنگر واژگونی

| STORY     | V <sub>x</sub> | V <sub>y</sub> | h <sub>i</sub> | W <sub>i</sub> | L <sub>x i</sub> | L <sub>y i</sub> | M <sub>ox</sub> | M <sub>oy</sub> | M <sub>Rx</sub> | M <sub>Ry</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| STORY15   | 42.07          | 50.07          | 47.6           | 412            | 18               | 8.35             | 2002.67         | 2383.22         | 7416            | 3440            |
| STORY14   | 19.68          | 24.54          | 44.4           | 363            | 18               | 8.35             | 873.75          | 1089.41         | 6534            | 3031            |
| STORY13   | 18.36          | 23.22          | 41.2           | 363            | 18               | 8.35             | 756.56          | 956.70          | 6534            | 3031            |
| STORY12   | 16.55          | 16.31          | 38             | 363            | 18               | 8.35             | 628.98          | 619.94          | 6534            | 3031            |
| STORY11   | 15.57          | 10.87          | 34.8           | 363            | 18               | 8.35             | 541.84          | 378.32          | 6534            | 3031            |
| STORY10   | 13.74          | 7.91           | 31.6           | 381            | 18               | 8.35             | 434.18          | 249.91          | 6858            | 3181            |
| STORY9    | 12.48          | 8.00           | 28.4           | 381            | 18               | 8.35             | 354.49          | 227.32          | 6858            | 3181            |
| STORY8    | 11.77          | 10.01          | 25.2           | 384            | 18               | 8.35             | 296.50          | 252.31          | 6912            | 3206            |
| STORY7    | 11.09          | 12.48          | 22             | 384            | 18               | 8.35             | 244.02          | 274.55          | 6912            | 3206            |
| STORY6    | 9.71           | 14.18          | 18.8           | 384            | 18               | 8.35             | 182.59          | 266.60          | 6912            | 3206            |
| STORY5    | 8.51           | 14.29          | 15.6           | 410            | 18               | 8.35             | 132.68          | 222.85          | 7380            | 3424            |
| STORY4    | 7.81           | 12.81          | 12.4           | 410            | 18               | 8.35             | 96.88           | 158.85          | 7380            | 3424            |
| STORY3    | 6.91           | 10.01          | 9.2            | 410            | 18               | 8.35             | 63.59           | 92.06           | 7380            | 3424            |
| STORY2    | 4.87           | 6.50           | 6              | 415            | 18               | 8.35             | 29.20           | 39.02           | 7470            | 3465            |
| STORY1    | 1.90           | 2.78           | 3              | 415            | 18               | 8.35             | 5.71            | 8.35            | 7470            | 3465            |
| Fundation | -              | -              | -              | 1748           | 18               | 8.35             | -               | -               | 31464           | 14596           |
| Sum       |                |                |                |                |                  |                  | 6644            | 7219            | 136548          | 63343           |

$$\frac{M_{Rx}}{M_{Ox}} = \frac{136548}{6644} = 20.55 > 1.75 \quad \frac{M_{Ry}}{M_{Oy}} = \frac{63343}{7219} = 8.77 > 1.75$$

### 8-1 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات

بر طبق آئین نامه 2800 تغییر مکان نسبی طبقات در اثر زلزله نباید از  $\frac{0.03}{R}$  برابر ارتفاع طبقه تجاوز نماید .  
 حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت X باید کوچکتر از  $(\frac{0.03}{10} = 0.003)$  باشد .

جدول 6-1: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت X

| Story   | Item        | Load | DriftX  |
|---------|-------------|------|---------|
| STORY15 | Max Drift X | EX   | 0.00187 |
| STORY14 | Max Drift X | EX   | 0.00239 |
| STORY13 | Max Drift X | EX   | 0.00269 |
| STORY12 | Max Drift X | EX   | 0.00291 |
| STORY11 | Max Drift X | EX   | 0.00298 |
| STORY10 | Max Drift X | EX   | 0.00291 |
| STORY9  | Max Drift X | EX   | 0.00286 |
| STORY8  | Max Drift X | EX   | 0.00292 |
| STORY7  | Max Drift X | EX   | 0.00292 |
| STORY6  | Max Drift X | EX   | 0.00264 |
| STORY5  | Max Drift X | EX   | 0.00268 |
| STORY4  | Max Drift X | EX   | 0.00269 |
| STORY3  | Max Drift X | EX   | 0.00258 |
| STORY2  | Max Drift X | EX   | 0.00220 |
| STORY1  | Max Drift X | EX   | 0.00113 |





حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت  $X$  باید کوچکتر از  $(\frac{0.03}{9} = 0.0033)$  باشد .

جدول 7-1: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت  $Y$

| Story   | Item          | Load | Drift $Y$ |
|---------|---------------|------|-----------|
| STORY15 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00167   |
| STORY14 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00176   |
| STORY13 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00183   |
| STORY12 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00185   |
| STORY11 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00185   |
| STORY10 | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00176   |
| STORY9  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00171   |
| STORY8  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00165   |
| STORY7  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00159   |
| STORY6  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00149   |
| STORY5  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00133   |
| STORY4  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00118   |
| STORY3  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00101   |
| STORY2  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00082   |
| STORY1  | Max Drift $Y$ | EY   | 0.00050   |

## 9-1 اثر $P-\Delta$

اثر  $P-\Delta$  در هر طبقه بدلیل برون محوری بارهای ثقلی طبقات ایجاد می شود و سبب ایجاد یک نیروی برشی افقی در طبقه می گردد این نیروی برشی به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$V_{i P-\Delta} = V_i \left( \frac{1}{1 - 0.4Rq_i} \right)$$

$V_i$ : برش طبقه  $i$

$R$ : ضریب رفتار ساختمان

$q_i$ : شاخص پایداری طبقه که از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$q_i = \left( \frac{\sum P_i \times \Delta_i}{V_i \times h_i} \right)$$

$\sum P_i$ : مجموع بارهای ثقلی روی طبقه  $i$

$\Delta_i$ : تغییر مکان نسبی طبقه  $i$

$h_i$ : ارتفاع طبقه  $i$



جدول 8-1: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $X$

| STORY   | $V_x$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{iP-\Delta}$ | $V_{xP-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|-----------------|-----------------|
| STORY15 | 42.07 | 42.07  | 412   | 412        | 0.598      | 320   | 0.0183 | 45.39           | 45.39           |
| STORY14 | 19.68 | 61.75  | 363   | 775        | 0.766      | 320   | 0.0300 | 70.19           | 24.79           |
| STORY13 | 18.36 | 80.12  | 363   | 1138       | 0.859      | 320   | 0.0381 | 94.54           | 24.35           |
| STORY12 | 16.55 | 96.67  | 363   | 1501       | 0.930      | 320   | 0.0451 | 117.97          | 23.43           |
| STORY11 | 15.57 | 112.24 | 363   | 1864       | 0.944      | 320   | 0.0490 | 139.59          | 21.63           |
| STORY10 | 13.74 | 125.98 | 381   | 2245       | 0.941      | 320   | 0.0524 | 159.38          | 19.78           |
| STORY9  | 12.48 | 138.46 | 381   | 2626       | 0.915      | 320   | 0.0542 | 176.82          | 17.45           |
| STORY8  | 11.77 | 150.23 | 384   | 3010       | 0.904      | 320   | 0.0566 | 194.17          | 17.35           |
| STORY7  | 11.09 | 161.32 | 384   | 3394       | 0.935      | 320   | 0.0615 | 213.90          | 19.73           |
| STORY6  | 9.71  | 171.03 | 384   | 3778       | 0.844      | 320   | 0.0583 | 223.04          | 9.14            |
| STORY5  | 8.51  | 179.53 | 410   | 4188       | 0.858      | 320   | 0.0625 | 239.40          | 16.36           |
| STORY4  | 7.81  | 187.35 | 410   | 4598       | 0.862      | 320   | 0.0661 | 254.71          | 15.31           |
| STORY3  | 6.91  | 194.26 | 410   | 5008       | 0.826      | 320   | 0.0665 | 264.68          | 9.97            |
| STORY2  | 4.87  | 199.13 | 415   | 5423       | 0.659      | 300   | 0.0599 | 261.81          | -2.86           |
| STORY1  | 1.90  | 201.03 | 415   | 5838       | 0.340      | 300   | 0.0329 | 231.46          | -30.35          |

جدول 9-1: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $Y$

| STORY   | $V_y$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{iP-\Delta}$ | $V_{yP-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|-----------------|-----------------|
| STORY15 | 50.07 | 50.07  | 412   | 412        | 0.534      | 320   | 0.0137 | 52.67           | 52.67           |
| STORY14 | 24.54 | 74.60  | 363   | 775        | 0.564      | 320   | 0.0183 | 79.87           | 27.20           |
| STORY13 | 23.22 | 97.82  | 363   | 1138       | 0.585      | 320   | 0.0213 | 105.94          | 26.07           |
| STORY12 | 16.31 | 114.14 | 363   | 1501       | 0.592      | 320   | 0.0243 | 125.10          | 19.16           |
| STORY11 | 10.87 | 125.01 | 363   | 1864       | 0.592      | 320   | 0.0276 | 138.79          | 13.68           |
| STORY10 | 7.91  | 132.92 | 381   | 2245       | 0.564      | 320   | 0.0298 | 148.89          | 10.10           |
| STORY9  | 8.00  | 140.92 | 381   | 2626       | 0.546      | 320   | 0.0318 | 159.15          | 10.26           |
| STORY8  | 10.01 | 150.94 | 384   | 3010       | 0.529      | 320   | 0.0329 | 171.25          | 12.10           |
| STORY7  | 12.48 | 163.42 | 384   | 3394       | 0.508      | 320   | 0.0329 | 185.40          | 14.16           |
| STORY6  | 14.18 | 177.60 | 384   | 3778       | 0.476      | 320   | 0.0317 | 200.44          | 15.04           |
| STORY5  | 14.29 | 191.88 | 410   | 4188       | 0.424      | 320   | 0.0289 | 214.18          | 13.74           |
| STORY4  | 12.81 | 204.69 | 410   | 4598       | 0.377      | 320   | 0.0265 | 226.24          | 12.06           |
| STORY3  | 10.01 | 214.70 | 410   | 5008       | 0.322      | 320   | 0.0235 | 234.51          | 8.26            |
| STORY2  | 6.50  | 221.20 | 415   | 5423       | 0.247      | 300   | 0.0202 | 238.53          | 4.02            |
| STORY1  | 2.78  | 223.99 | 415   | 5838       | 0.149      | 300   | 0.0129 | 234.92          | -3.61           |

• طبق آئین نامه 2800 در صورتیکه از آنالیز  $P-\Delta$  مطابق با پیوست آئین نامه استفاده شود نسبت تنش عضو فشاری در

صورتیکه  $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$  باید با روابط زیر کنترل گردند :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\frac{f_a}{0.6f_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$



## 2- طراحی تیر مرکب :

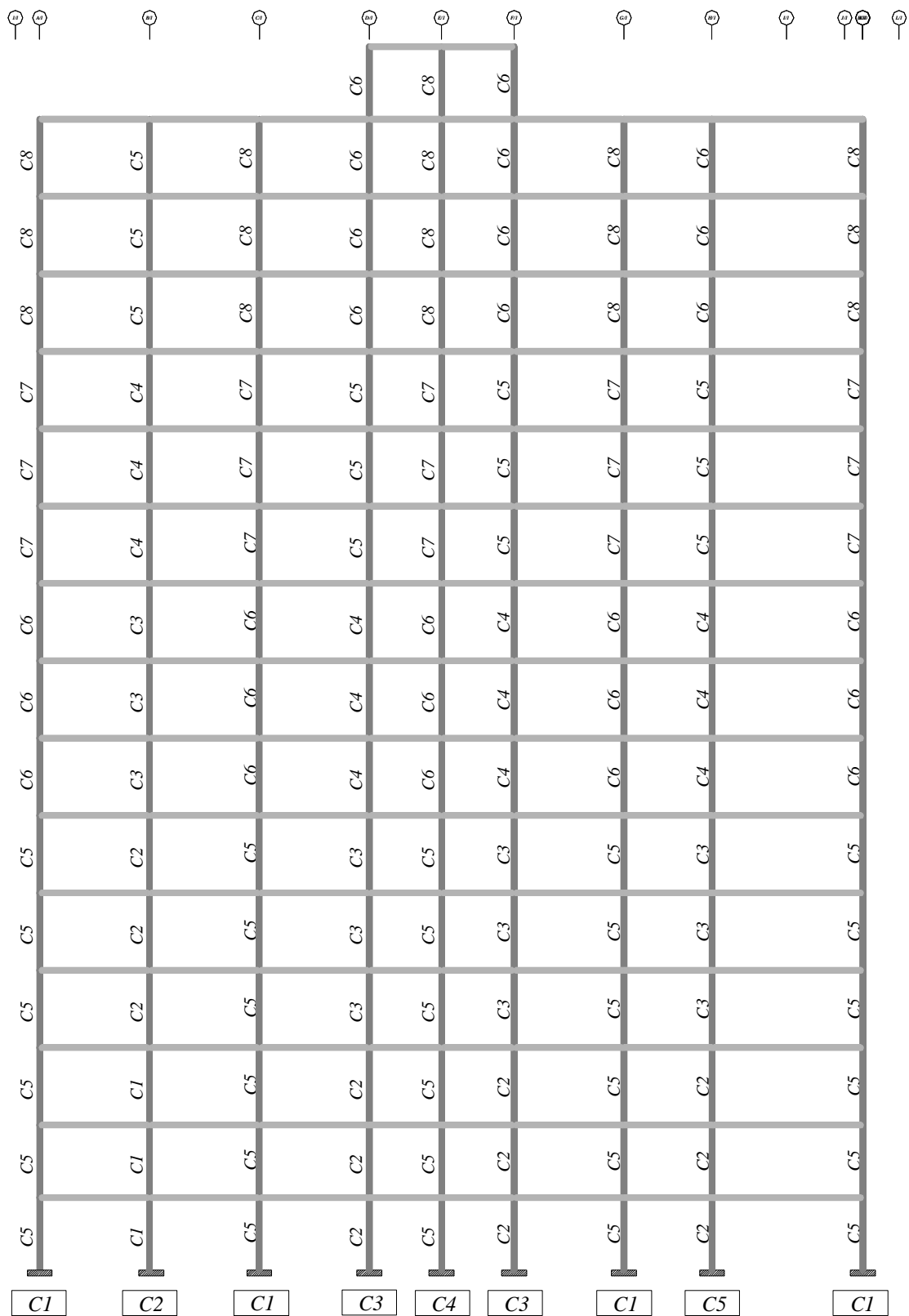
طراحی تیر های مرکب همانند قسمت اول پروژه (قاب خمشی ویژه در دو جهت) می باشد

## 3- طراحی تیر ستون

تیر ستون ها در 6 تیپ بر اساس آیین نامه AISC طراحی شده اند. مقاطع ستون ها بصورت جعبه ای مستطیلی می باشد. ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 13-می باشد.

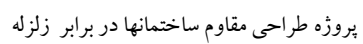
جدول 1-3: مشخصات هندسی مقاطع ستونها

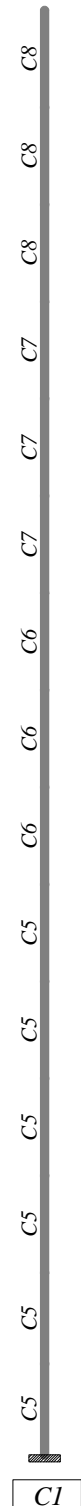
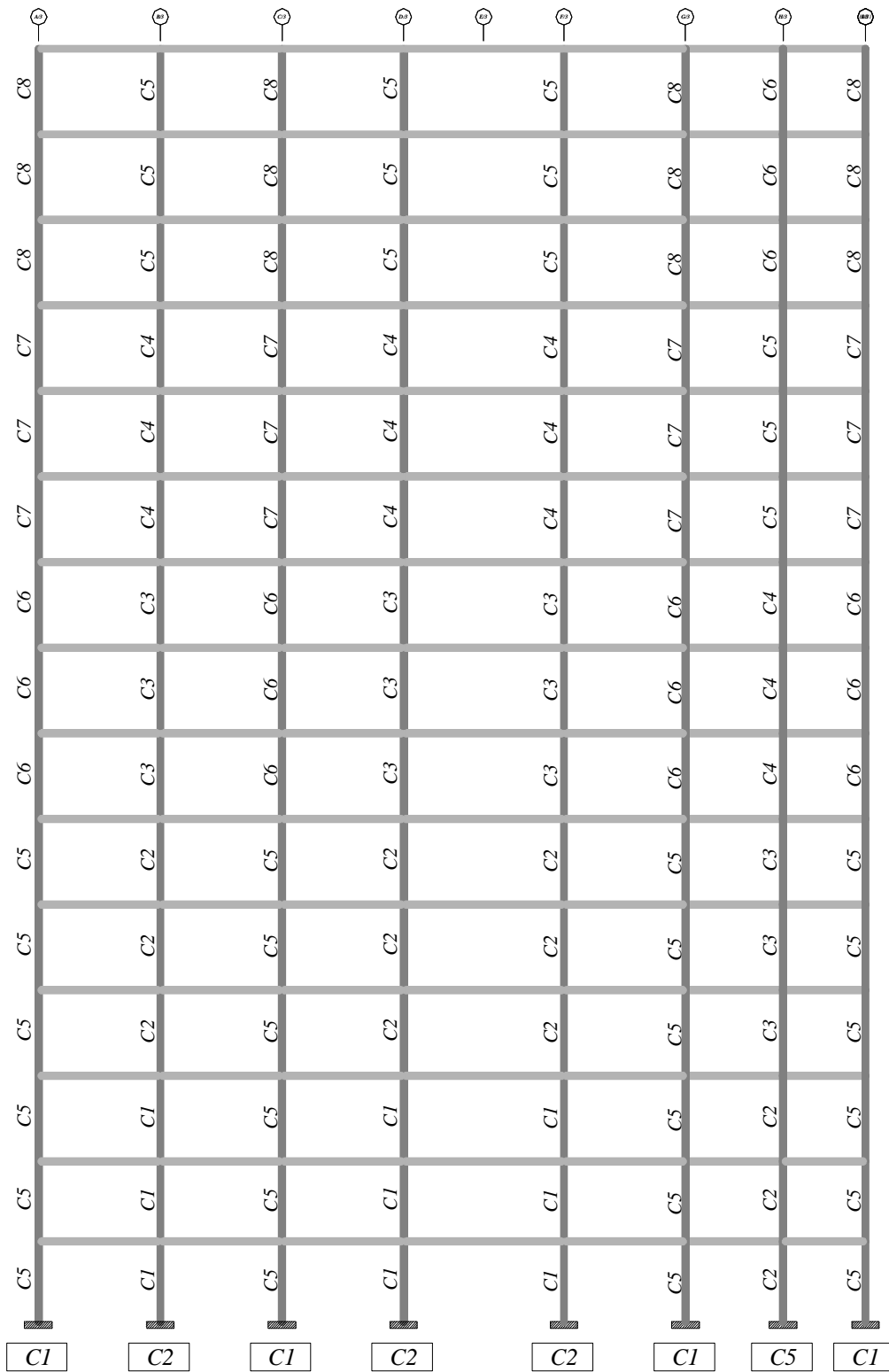
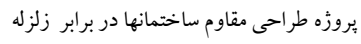
| SectionName | Shape | d   | b      | t <sub>f</sub> | t <sub>w</sub> | A   | I <sub>33</sub> | I <sub>22</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | S <sub>33</sub> | S <sub>22</sub> | Z <sub>33</sub> | Z <sub>22</sub> | R <sub>33</sub> | R <sub>22</sub> |
|-------------|-------|-----|--------|----------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C1          |       | 500 | 400    | 2              | 2              | 344 | 124659          | 87819           | 200            | 160            | 4986            | 4391            | 5956            | 5096            | 19.04           | 15.98           |
| C2          |       | 470 | 370    | 2              | 2              | 320 | 101477          | 69617           | 188            | 148            | 4318            | 3763            | 5179            | 4379            | 17.81           | 14.75           |
| C3          |       | 440 | 340    | 2              | 2              | 296 | 81355           | 54115           | 176            | 136            | 3698            | 3183            | 4456            | 3716            | 16.58           | 13.52           |
| C4          |       | 410 | 310.63 | 2              | 2              | 272 | 64077           | 41097           | 164            | 124            | 3126            | 2651            | 3787            | 3107            | 15.35           | 12.29           |
| C5          |       | 380 | 280    | 2              | 2              | 248 | 49427           | 30347           | 152            | 112            | 2601            | 2168            | 3172            | 2552            | 14.12           | 11.06           |
| C6          |       | 350 | 250.63 | 1.5            | 1.5            | 171 | 29248           | 17178           | 105            | 75             | 1671            | 1374            | 2024            | 1597            | 13.08           | 10.02           |
| C7          |       | 320 | 220    | 1.5            | 1.5            | 153 | 21459           | 11819           | 96             | 66             | 1341            | 1074            | 1637            | 1255            | 11.84           | 8.79            |
| C8          |       | 290 | 190    | 1.5            | 1.5            | 135 | 15181           | 7701            | 87             | 57             | 1047            | 811             | 1291            | 953             | 10.60           | 7.55            |

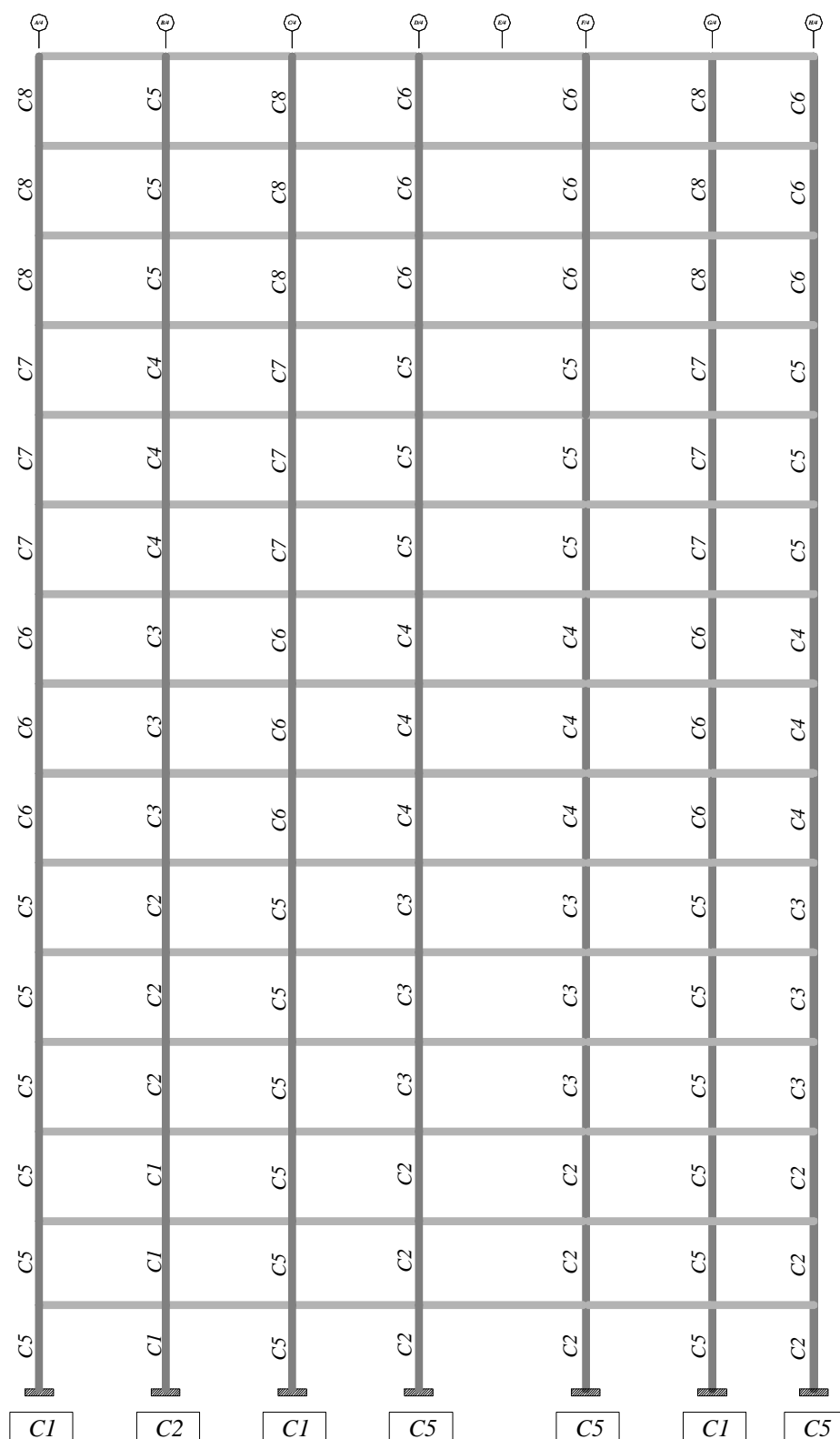


Elevation 1









Elevation 4



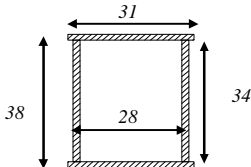


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | CI( story1-A3)         | تیپ   |                |

نیروهای و پارامترهای طراحی

| ترکیب بار         | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|-------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 DL+LL           | -221132.5 | 940.35         | 528.7          | 51653.1        | 90062.42       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -134355.2 | -2028.64       | 318.72         | 19349.64       | -754853.3      |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -197343.5 | 3439.17        | 474.33         | 58130          | 889946.9       |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -132995.5 | -2092.53       | 518.49         | 71934.77       | -770409.6      |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -198703.2 | 3503.06        | 274.56         | 5544.874       | 905503.2       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -169973.2 | 685.29         | -270.15        | -132263.6      | 57086.94       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -161725.5 | 725.24         | 1063.21        | 209743.3       | 78006.69       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -173628.8 | 860.73         | -820.3         | -276659.7      | 99768.68       |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -158069.9 | 549.8          | 1613.35        | 354139.3       | 35324.95       |

$L = 285$   
 $K_x = 1 \quad K_y = 1.865$



$A = 248 \quad S_x = 2168 \quad r_x = 11.06 \quad A_{vx} = 112$   
 $S_y = 2601 \quad r_y = 14.12 \quad A_{vy} = 152$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$   
 $C_5 = 38 \times 28$

مشخصات هندسی نیمرخ

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{11.06} = 25.77 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.865 \times 285}{14.12} = 37.64 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 37.64$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.29$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.771$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1300$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{221132}{248} = 891.7$$

$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{90062}{2168} = 41.54$$

$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{51653}{2601} = 19.86$$

|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
| 2/2     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
|         |       | Cl( story1-A3)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت یهناي آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} , \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.7$$

$$\frac{28}{2} = 14 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{891.7}{1300} = 0.686$$

(I)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (2)$$

(II)

(III)

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{--- (ii)} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{--- (iii)} \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{891.7}{1300} + \frac{35.31}{1440} + \frac{16.88}{1440} = 0.686 + 0.025 + 0.012 = 0.722 \leq 1$$

$$\frac{891.7}{1440} + \frac{41.54}{1440} + \frac{19.86}{1440} = 0.619 + 0.029 + 0.014 = 0.662 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $f_a$ | $f_a$     | $f_{bx}$ | $f_{bx}$ | $f_{by}$ | $f_{by}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----|-------|-------|
|   |                 |       | $F_a$ | $0.6 F_y$ |          | $F_{bx}$ |          | $F_{by}$ |     |       |       |
| 1 | DL+LL           | 892   | 0.686 | 0.619     | 42       | 0.029    | 20       | 0.014    | -   | 0.722 | 0.662 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 542   | 0.417 | 0.376     | 348      | 0.242    | 7        | 0.005    | -   | 0.627 | 0.623 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 796   | 0.612 | 0.553     | 410      | 0.285    | 22       | 0.016    | -   | 0.868 | 0.853 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 536   | 0.413 | 0.372     | 355      | 0.247    | 28       | 0.019    | -   | 0.639 | 0.638 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 801   | 0.617 | 0.556     | 418      | 0.290    | 2        | 0.001    | -   | 0.864 | 0.848 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 685   | 0.527 | 0.476     | 26       | 0.018    | 51       | 0.035    | -   | 0.573 | 0.530 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 652   | 0.502 | 0.453     | 36       | 0.025    | 81       | 0.056    | -   | 0.571 | 0.534 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 700   | 0.539 | 0.486     | 46       | 0.032    | 106      | 0.074    | -   | 0.629 | 0.592 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 637   | 0.490 | 0.443     | 16       | 0.011    | 136      | 0.095    | -   | 0.580 | 0.548 |

## کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_v = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{1613}{112} = 14 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{14}{960} = 0.015$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{3503}{152} = 23 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{23}{960} = 0.024$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/2     | صفحه  | C2( story4-B3)         | تیپ   |

|                |
|----------------|
| طراحی تیر ستون |
|----------------|

|                            |
|----------------------------|
| نیروهای و پارامترهای طراحی |
|----------------------------|

| ترکیب بار         | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|-------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 DL+LL           | -195784.4 | 310.01         | 202            | 35245.67       | 50426.86       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -147612.1 | -4379.48       | 124.79         | 20994.26       | -699143.7      |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -146064.6 | 4844.5         | 178.21         | 31874.24       | 774784         |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -138394.7 | -4452.93       | 238.9          | 45612.74       | -712746.4      |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -155281.9 | 4917.95        | 64.1           | 7255.763       | 788386.7       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -196598.3 | 226.9          | -434.33        | -105439.9      | 38729.51       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -97078.37 | 238.12         | 737.33         | 158308.4       | 36910.77       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -220978   | 425.24         | -743.02        | -170454        | 74938.67       |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -72698.61 | 39.78          | 1046.02        | 223322.5       | 701.611        |

$$L = 285$$

$$K_x = 1 \quad K_y = 2.851$$

$$C_2 = 47 \times 37$$

$$\begin{aligned} A &= 320 & S_x &= 3763 & r_x &= 14.75 & A_{vx} &= 148 \\ & & S_y &= 4318 & r_y &= 17.81 & A_{vy} &= 188 \\ & & t_f &= 2 & t_w &= 2 & & \end{aligned}$$

|                    |
|--------------------|
| مشخصات هندسی نیمرخ |
|--------------------|

|                     |
|---------------------|
| محاسبه تنش های مجاز |
|---------------------|

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{14.75} = 19.32 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{2.851 \times 285}{17.81} = 45.62 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 45.62$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5$$

$$\beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.35$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.792$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1-0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1259$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

|                      |
|----------------------|
| محاسبه تنش های موجود |
|----------------------|

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{220978}{320} = 690.6$$

$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{74939}{3763} = 19.91$$

$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{170454}{4318} = 39.48$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/2     | صفحه  | C2( story4-B3)         | تیپ   |

طراحی تیر ستون

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{43}{2} = 21.5 \leq 40.7$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{690.6}{1259} = 0.549$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{690.6}{1259} + \frac{16.93}{1440} + \frac{33.55}{1440} = 0.549 + 0.012 + 0.023 = 0.584 \leq 1$$

$$\frac{690.6}{1440} + \frac{19.91}{1440} + \frac{39.48}{1440} = 0.480 + 0.014 + 0.027 = 0.521 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 612   | 0.486             | 0.425                 | 13       | 0.009                   | 8        | 0.006                   | -   | 0.499 | 0.440 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 461   | 0.366             | 0.320                 | 186      | 0.129                   | 5        | 0.003                   | -   | 0.479 | 0.453 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 456   | 0.363             | 0.317                 | 206      | 0.143                   | 7        | 0.005                   | -   | 0.488 | 0.465 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 432   | 0.344             | 0.300                 | 189      | 0.132                   | 11       | 0.007                   | -   | 0.462 | 0.439 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 485   | 0.385             | 0.337                 | 210      | 0.145                   | 2        | 0.001                   | -   | 0.510 | 0.484 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 614   | 0.488             | 0.427                 | 10       | 0.007                   | 24       | 0.017                   | -   | 0.509 | 0.451 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 303   | 0.241             | 0.211                 | 10       | 0.007                   | 37       | 0.025                   | -   | 0.268 | 0.243 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 691   | 0.549             | 0.480                 | 20       | 0.014                   | 39       | 0.027                   | -   | 0.584 | 0.521 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 227   | 0.180             | 0.158                 | 0        | 0.000                   | 52       | 0.036                   | -   | 0.211 | 0.194 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{1046}{148} = 7 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{7}{960} = 0.007$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{4918}{188} = 26 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{26}{960} = 0.027$$

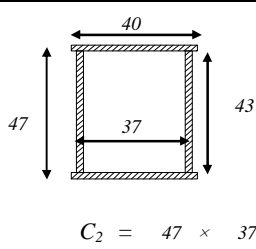


|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C3( story1-D1)         | تیپ   |                |

نیروهای و پارامترهای طراحی

| ترکیب بار         | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|-------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 DL+LL           | -234359.4 | 410.69         | -194.83        | -15910.98      | -22533.51      |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -144887.5 | -6359.67       | -161.68        | -13176.76      | -1685116       |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -206651.6 | 6975.71        | -130.58        | -10689.72      | 1651316        |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -142771   | -6033.37       | -112.82        | 2832.67        | -1612209       |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -208768.1 | 6649.41        | -179.43        | -26699.15      | 1578408        |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -267564   | 791.18         | -1664.1        | -483139        | 95693.9        |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -83975.08 | -175.14        | 1371.85        | 459272.5       | -129494.2      |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -273252.7 | -106.76        | -1798.9        | -527079.7      | -104507.6      |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -78286.37 | 722.8          | 1506.65        | 503213.2       | 70707.3        |

$L = 285$   
 $K_x = 1 \quad K_y = 2.047$



$A = 320 \quad S_x = 3763 \quad r_x = 14.75 \quad A_{vx} = 148$   
 $S_y = 4318 \quad r_y = 17.81 \quad A_{vy} = 188$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$   
 $C_2 = 47 \times 37$

مشخصات هندسی نیمرخ

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{14.75} = 19.32 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{2.047 \times 285}{17.81} = 32.76 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{K L}{r} \right)_{\max} = 32.76$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(K L/r)_{\max}}{C_c} = 0.25$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{K L/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{K L/r}{C_c} \right)^3 = 1.758$$

$$\frac{K L}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1323$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

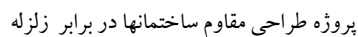
مقطع غیر فشرده

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{273253}{320} = 853.9$$

$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{104508}{3763} = 27.77$$

$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{527080}{4318} = 122.1$$



طراحی تیر ستون

کنترل نسبت یه‌نای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ , } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{43}{2} = 21.5 \leq 40.7$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{853.9}{1323} = 0.646$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (I)$$

$$\begin{aligned} \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} &\leq 1 \quad (II) \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (III) \quad C_m = 0.85 \\ \frac{853.9}{1323} + \frac{23.61}{1440} + \frac{103.8}{1440} &= 0.646 + 0.016 + 0.072 = 0.734 \leq 1 \end{aligned}$$

$$\frac{853.9}{1440} + \frac{27.77}{1440} + \frac{122.1}{1440} = 0.593 + 0.019 + 0.085 = 0.697 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $f_a$ | $f_a$     | $f_{bx}$ | $f_{bx}$ | $f_{by}$ | $f_{by}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----|-------|-------|
|   |                 |       | $F_a$ | $0.6 F_y$ |          | $F_{bx}$ |          | $F_{by}$ |     |       |       |
| 1 | DL+LL           | 732   | 0.554 | 0.509     | 6        | 0.004    | 4        | 0.003    | -   | 0.559 | 0.515 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 453   | 0.342 | 0.314     | 448      | 0.311    | 3        | 0.002    | -   | 0.608 | 0.628 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 646   | 0.488 | 0.448     | 439      | 0.305    | 2        | 0.002    | -   | 0.749 | 0.755 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 446   | 0.337 | 0.310     | 428      | 0.298    | 1        | 0.000    | -   | 0.591 | 0.608 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 652   | 0.493 | 0.453     | 419      | 0.291    | 6        | 0.004    | -   | 0.744 | 0.749 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 836   | 0.632 | 0.581     | 25       | 0.018    | 112      | 0.078    | -   | 0.713 | 0.676 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 262   | 0.198 | 0.182     | 34       | 0.024    | 106      | 0.074    | -   | 0.281 | 0.280 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 854   | 0.646 | 0.593     | 28       | 0.019    | 122      | 0.085    | -   | 0.734 | 0.697 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 245   | 0.185 | 0.170     | 19       | 0.013    | 117      | 0.081    | -   | 0.265 | 0.264 |

## کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_v = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{1507}{148} = 10 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{10}{960} = 0.011$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{6976}{188} = 37 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{37}{960} = 0.039$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C4( story1-E1)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |           |                |                |                |                |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -148917.3 | -1358.34       | -3.71          | 450.131        | -55779.41      |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -112767.3 | -5547.27       | 1.9            | 3501.474       | -935726.7      |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -110608.8 | 3509.76        | -7.46          | -2826.277      | 852057.6       |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -112828   | -5329.95       | -5.24          | 1602.845       | -896400.3      |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -110548   | 3292.43        | -0.32          | -927.648       | 812731.2       |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -138008.5 | -750.58        | -684.26        | -217350.4      | 17659.76       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -85367.56 | -1286.93       | 678.7          | 218025.6       | -101328.9      |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -137846.2 | -1348.09       | -664.58        | -212119.7      | -90321.88      |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -85529.83 | -689.42        | 659.02         | 212794.9       | 6652.774       |

$L = 285$

$K_x = 1 \quad K_y = 1.865$

| مشخصات هندسی نیمرخ |                          |                       |                        |                       |  |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--|
|                    | A = 248                  | S <sub>x</sub> = 2168 | r <sub>x</sub> = 11.06 | A <sub>vx</sub> = 112 |  |
|                    |                          | S <sub>y</sub> = 2601 | r <sub>y</sub> = 14.12 | A <sub>vy</sub> = 152 |  |
|                    |                          | t <sub>f</sub> = 2    | t <sub>w</sub> = 2     |                       |  |
|                    | C <sub>5</sub> = 38 × 28 |                       |                        |                       |  |

محاسبه تنش های مجاز

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{11.06} = 25.77 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.865 \times 285}{14.12} = 37.64 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{K L}{r} \right)_{\max} = 37.64$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(K L/r)_{\max}}{C_c} = 0.29$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{K L/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{K L/r}{C_c} \right)^3 = 1.771$$

$$\frac{K L}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1300$$

$$F_{bx}} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

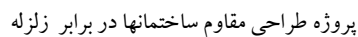
  

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{148917}{248} = 600.5$$

$$f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{55779}{2168} = 25.73$$

$$f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{450}{2601} = 0.173$$

کنترل نسبت یه‌نای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} , \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.7 \qquad \frac{28}{2} = 14 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{600.5}{1300} = 0.462$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (II) \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (III) \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{600.5}{1300} + \frac{21.87}{1440} + \frac{0.147}{1440} = 0.462 + 0.015 + 0.000 = 0.477 \leq 1$$

$$\frac{600.5}{1440} + \frac{25.73}{1440} + \frac{0.173}{1440} = 0.417 + 0.018 + 0.000 = 0.435 \leq 1$$

## کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_v = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{678.7}{112} = 6 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{6}{960} = 0.006$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{3510}{152} = 23 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{23}{960} = 0.024$$





|         |       |                      |       |                |
|---------|-------|----------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانی مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده       | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C5( story1-H1)       | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |           |                |                |                |                |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -233456.2 | 1762.9         | -963.24        | -87412.08      | 163467.6       |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -188745   | -4193.22       | -614.18        | -26675.07      | -1565067       |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -161439.3 | 6837.56        | -830.68        | -104443.1      | 1810269        |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -203134.3 | -3917.46       | -860.97        | -105858.1      | -1491169       |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -147050.1 | 6561.81        | -583.89        | -25260.05      | 1736371        |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -287574.4 | 1755.5         | -2653.28       | -663307.6      | 233458.4       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -62609.97 | 888.85         | 1208.42        | 532189.5       | 11743.01       |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -248884.4 | 996.4          | -1972.15       | -445754.9      | 30575.92       |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -101299.9 | 1647.95        | 527.29         | 314636.8       | 214625.4       |

$L = 285$

$K_x = 1 \quad K_y = 1.876$

| مشخصات هندسی نیمرخ |                      |              |               |                |  |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|--|
|                    | $A = 320$            | $S_x = 3763$ | $r_x = 14.75$ | $A_{vx} = 148$ |  |
|                    |                      | $S_y = 4318$ | $r_y = 17.81$ | $A_{vy} = 188$ |  |
|                    |                      | $t_f = 2$    | $t_w = 2$     |                |  |
|                    | $C_2 = 47 \times 37$ |              |               |                |  |

محاسبه تنش های مجاز

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{14.75} = 19.32 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.876 \times 285}{17.81} = 30.02 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{K L}{r} \right)_{\max} = 30.02$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(K L/r)_{\max}}{C_c} = 0.23$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{K L/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{K L/r}{C_c} \right)^3 = 1.751$$

$$\frac{K L}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1335$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

مقطع غیر فشرده

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{287574}{320} = 898.7$$

$$f_{bx} = \frac{M3}{S_x} = \frac{233458}{3763} = 62.04$$

$$f_{by} = \frac{M2}{S_y} = \frac{663308}{4318} = 153.6$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/2     | صفحه  | C5( story1-H1)         | تیپ   |

طراحی تیر ستون

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{43}{2} = 21.5 \leq 40.7$$

$$\frac{37}{2} = 18.5 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{898.7}{1335} = 0.673$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$(II) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85$$

$$\frac{898.7}{1335} + \frac{52.73}{1440} + \frac{130.6}{1440} = 0.673 + 0.037 + 0.091 = 0.800 \leq 1$$

$$\frac{898.7}{1440} + \frac{62.04}{1440} + \frac{153.6}{1440} = 0.624 + 0.043 + 0.107 = 0.774 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I)   | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-------|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 730   | 0.546             | 0.507                 | 43       | 0.030                   | 20       | 0.014                   | -     | 0.584 | 0.551 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 590   | 0.442             | 0.410                 | 416      | 0.289                   | 6        | 0.004                   | -     | 0.691 | 0.703 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 504   | 0.378             | 0.350                 | 481      | 0.334                   | 24       | 0.017                   | -     | 0.676 | 0.701 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 635   | 0.475             | 0.441                 | 396      | 0.275                   | 25       | 0.017                   | -     | 0.724 | 0.733 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 460   | 0.344             | 0.319                 | 461      | 0.320                   | 6        | 0.004                   | -     | 0.620 | 0.644 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 899   | 0.673             | 0.624                 | 62       | 0.043                   | 154      | 0.107                   | -     | 0.800 | 0.774 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 196   | 0.147             | 0.136                 | 3        | 0.002                   | 123      | 0.086                   | 0.234 | -     | -     |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 778   | 0.583             | 0.540                 | 8        | 0.006                   | 103      | 0.072                   | -     | 0.648 | 0.617 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 317   | 0.237             | 0.220                 | 57       | 0.040                   | 73       | 0.051                   | -     | 0.314 | 0.310 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{1208}{148} = 8 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{8}{960} = 0.009$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{6838}{188} = 36 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{36}{960} = 0.038$$



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 1/2     | صفحه  | C6( story1-D2)         | تیپ   |                |

| نیروهای و پارامترهای طراحی |           |                |                |                |                |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ترکیب بار                  | P         | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| 1 DL+LL                    | -251106.3 | -215.48        | -910.95        | -83257.95      | -17257.26      |
| 2 0.75(DL+LL+EX1)          | -165164.4 | -5210.98       | -701.9         | -64045.23      | -1418038       |
| 3 0.75(DL+LL-EX1)          | -211495   | 4887.76        | -664.52        | -60841.69      | 1392152        |
| 4 0.75(DL+LL+EX2)          | -168637   | -5140.75       | -657.32        | -50925.37      | -1399816       |
| 5 0.75(DL+LL-EX2)          | -208022.4 | 4817.53        | -709.11        | -73961.55      | 1373930        |
| 6 0.75(DL+LL+EY1)          | -113296.8 | -19.27         | -2071.7        | -449595.4      | 21786.22       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1)          | -263362.7 | -303.94        | 705.28         | 324708.5       | -47672.11      |
| 8 0.75(DL+LL+EY2)          | -103965.2 | -212.77        | -2194.52       | -485596.6      | -28255.96      |
| 9 0.75(DL+LL-EY2)          | -272694.2 | -110.45        | 828.1          | 360709.7       | 2370.061       |

$L = 285$   
 $K_x = 1 \quad K_y = 1.74$

| مشخصات هندسی نيمرخ |                      |              |               |                |  |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|--|
|                    | $A = 296$            | $S_x = 3183$ | $r_x = 13.52$ | $A_{vx} = 136$ |  |
|                    |                      | $S_y = 3698$ | $r_y = 16.58$ | $A_{vy} = 176$ |  |
|                    |                      | $t_f = 2$    | $t_w = 2$     |                |  |
|                    | $C_3 = 44 \times 34$ |              |               |                |  |

| محاسبه تنش های مجاز  |                |
|--|----------------|
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{13.52} = 21.08 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1.74 \times 285}{16.58} = 29.91 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 29.91$ |                |
| $C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.23$   |                |
| $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.751$  |                |
| $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1336$   |                |
| $F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$   | مقطع غير فشرده |

| محاسبه تنش های موجود                                     |  |
|--|--|
| $f_a = \frac{P}{A} = \frac{272694}{296} = 921.3$         |  |
| $f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{2370}{3183} = 0.745$   |  |
| $f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{360710}{3698} = 97.54$ |  |



|         |       |                        |       |                |
|---------|-------|------------------------|-------|----------------|
| 83/7/25 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                |
| 2/2     | صفحه  | C6( story1-D2)         | تیپ   |                |

کنترل نسبت پهنای آزاد به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \text{ و } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{40}{2} = 20 \leq 40.7$$

$$\frac{34}{2} = 17 \leq 40.72$$

کنترل نسبت تنشهای موجود به تنشهای مجاز

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{921.3}{1336} = 0.69$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (I)$$

$$\text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{bx}} \leq 1 \quad \text{و} \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad C_m = 0.85 \quad (II) \quad (III)$$

$$\frac{921.3}{1336} + \frac{0.633}{1440} + \frac{82.91}{1440} = 0.690 + 0.000 + 0.058 = 0.748 \leq 1$$

$$\frac{921.3}{1440} + \frac{0.745}{1440} + \frac{97.54}{1440} = 0.640 + 0.001 + 0.068 = 0.708 \leq 1$$

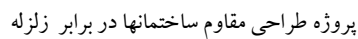
|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $\frac{f_a}{F_a}$ | $\frac{f_a}{0.6 F_y}$ | $f_{bx}$ | $\frac{f_{bx}}{F_{bx}}$ | $f_{by}$ | $\frac{f_{by}}{F_{by}}$ | (I) | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|-------|-------|
| 1 | DL+LL           | 848   | 0.635             | 0.589                 | 5        | 0.004                   | 23       | 0.016                   | -   | 0.652 | 0.609 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 558   | 0.418             | 0.387                 | 446      | 0.309                   | 17       | 0.012                   | -   | 0.691 | 0.709 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 715   | 0.535             | 0.496                 | 437      | 0.304                   | 16       | 0.011                   | -   | 0.803 | 0.811 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 570   | 0.427             | 0.396                 | 440      | 0.305                   | 14       | 0.010                   | -   | 0.694 | 0.711 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 703   | 0.526             | 0.488                 | 432      | 0.300                   | 20       | 0.014                   | -   | 0.793 | 0.802 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 383   | 0.287             | 0.266                 | 7        | 0.005                   | 122      | 0.084                   | -   | 0.362 | 0.355 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 890   | 0.666             | 0.618                 | 15       | 0.010                   | 88       | 0.061                   | -   | 0.727 | 0.689 |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 351   | 0.263             | 0.244                 | 9        | 0.006                   | 131      | 0.091                   | -   | 0.346 | 0.341 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 921   | 0.690             | 0.640                 | 1        | 0.001                   | 98       | 0.068                   | -   | 0.748 | 0.708 |

کنترل برشی ستون

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{828.1}{136} = 6 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{6}{960} = 0.006$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{4888}{176} = 28 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{28}{960} = 0.029$$



ETABS v8.11  
Elevation View - 1A Steel Design Sections - Kgf-m Units

[illegible]

ETABS v8.11  
Elevation View - 2 Steel P-M Interaction Ratios



|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .412 | .491 | .627 | .577 | .782 | .556 | .520 | .271 |
| .432 | .576 | .188 | .615 | .665 | .596 | .677 | .310 |
| .465 | .672 | .235 | .714 | .728 | .695 | .757 | .429 |
| .491 | .669 | .245 | .712 | .713 | .686 | .775 | .469 |
| .578 | .704 | .290 | .825 | .750 | .721 | .825 | .523 |
| .653 | .726 | .365 | .838 | .771 | .741 | .836 | .555 |
| .619 | .611 | .347 | .705 | .638 | .621 | .702 | .468 |
| .703 | .605 | .401 | .694 | .637 | .616 | .696 | .482 |
| .778 | .606 | .455 | .681 | .643 | .612 | .681 | .505 |
| .578 | .521 | .474 | .582 | .553 | .526 | .580 | .461 |
| .636 | .518 | .526 | .574 | .547 | .525 | .578 | .474 |
| .700 | .526 | .591 | .570 | .552 | .531 | .574 | .488 |
| .774 | .518 | .612 | .552 | .545 | .522 | .558 | .495 |
| .855 | .526 | .680 | .536 | .570 | .525 | .526 | .470 |
| .854 | .431 | .794 | .430 | .490 | .429 | .405 | .367 |

ETABS v8.11

Elevation View - 3 Steel P-M Interaction Ratios

- Kgf-m Units

|      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| .365 | .434 | .339 | .426 | .357 | .463 | .271 |
| .362 | .642 | .205 | .489 | .521 | .670 | .437 |
| .398 | .723 | .260 | .575 | .591 | .739 | .538 |
| .394 | .704 | .267 | .582 | .583 | .711 | .572 |
| .433 | .755 | .314 | .623 | .621 | .767 | .625 |
| .499 | .782 | .382 | .646 | .643 | .791 | .651 |
| .461 | .627 | .369 | .541 | .528 | .625 | .551 |
| .517 | .639 | .430 | .542 | .529 | .644 | .553 |
| .562 | .647 | .487 | .542 | .535 | .647 | .557 |
| .415 | .564 | .505 | .471 | .462 | .564 | .487 |
| .449 | .568 | .562 | .473 | .457 | .572 | .492 |
| .488 | .570 | .628 | .480 | .460 | .566 | .505 |
| .539 | .565 | .658 | .473 | .454 | .554 | .503 |
| .603 | .571 | .732 | .447 | .444 | .557 | .473 |
| .612 | .473 | .812 | .352 | .363 | .459 | .365 |

ETABS v8.11

Elevation View - 4 Steel P-M Interaction Ratios

- Kgf-m Units



### 1-3 کنترل روابط آیین نامه 2800 در طراحی ستونها

ستونها باید دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروی محوری ناشی از ترکیب زیر باشد

$$P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E \leq P_{SC} \quad \text{الف: فشار محوری}$$

$$0.85P_{DL} + (0.4R)P_E \leq P_{ST} \quad \text{ب: کشش محوری}$$

در قسمت قبل (قاب خمشی ویژه در هر دو طرف) روشی برای محاسبه نسبت تنش در این ترکیبات ارائه شد. البته نرم افزار *Etabs* ترکیبات فوق را کنترل می کند و اگر ترکیبات فوق حاکم شد طراحی بر اساس این ترکیبات صورت می گیرد یعنی لنگرهای خمشی برابر صفر می شود و مقاومت نهایی ستون از رابطه  $1.7 F_a A$  محاسبه می گردد. البته برای این کار باید دستور زیر را باید انجام داد

*Define / Special Seismic Load Effects...*

و در پنجره مربوطه مقدار ضریب *Omega* را برابر  $0.4R = 0.4 \times 9 = 3.6$  قرار می دهیم

**Special Seismic Data for Design Using American Codes**

**Use for Design**

☒ Include Special Seismic Design Data ☐ Do Not Include Special Seismic Design Data

**Rho Factor (Reliability Factor based on Redundancy)**

☒ Program Calculated ☐ User Defined

**DL Multiplier**

☒ Program Default (0.2) ☐ User Defined

**IBC2000 Seismic Design Category**

☐ A, B or C ☒ D, E or F

**Lateral Force Resisting System Type**

☒ Dual System ☐ Other

**Omega Factor (System Overstrength Factor)**

☐ Program Default (3.0) ☒ User Defined

**Notes**

1. The program calculated Rho Factor is determined based on the method described in Section 1617.2 of the 2000 International Building Code.
2. The program calculated Rho Factor is reported as a part of the Building Output data.
3. The Rho factor and the DL Multiplier are automatically applied to all program default design load combinations for the American codes (ACI, AISI, UBC). These factors must be applied manually by the user for other combinations.

**OK** **Cancel**

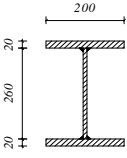
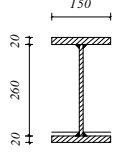
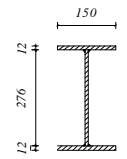
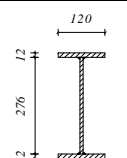
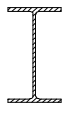
شکل 1-3: اعمال روابط آیین نامه 2800 در مورد قابهای ویژه



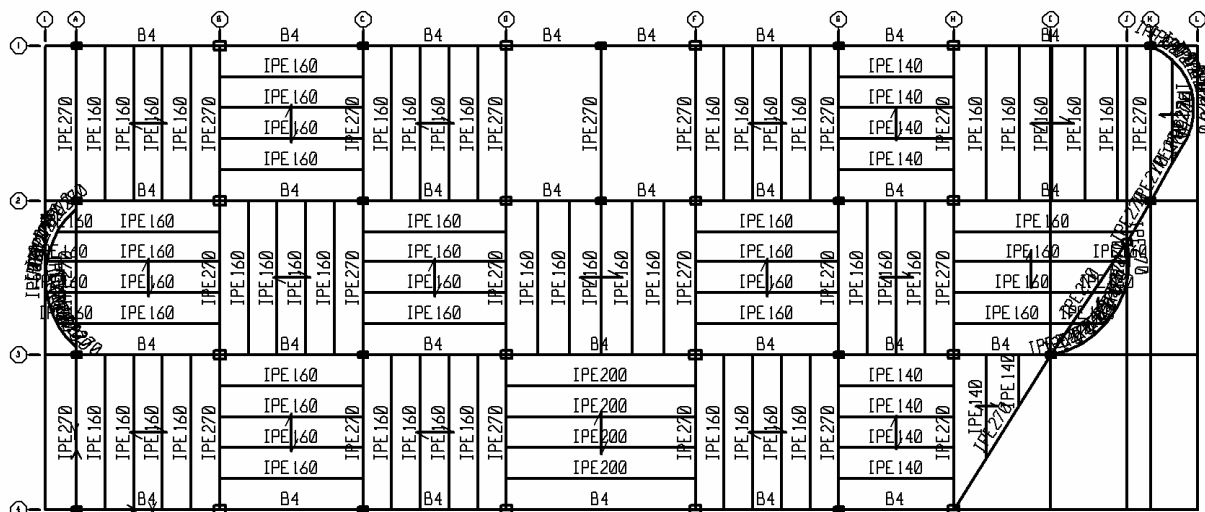
#### 4- طراحی تیر ورق

تیرورق ها در 5 تیپ بر اساس آیین نامه AISC طراحی شده اند. ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 14- می باشد.

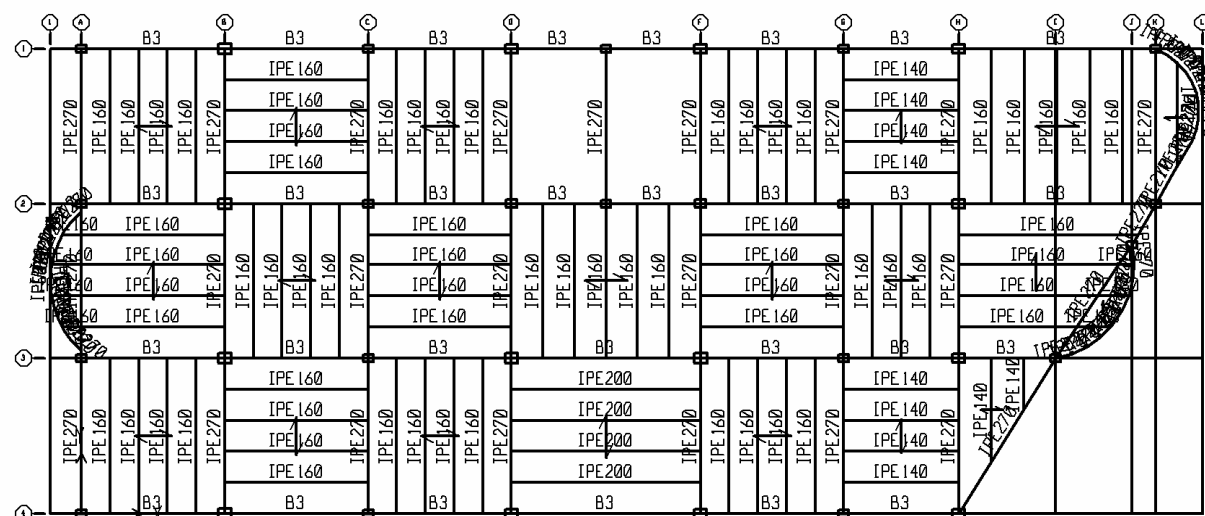
جدول 1-4: مشخصات هندسی تیرها

| SectionName | Shape   | d  | b    | $t_f$ | $t_w$ | A     | $I_{33}$ | $I_{22}$ | $A_2$ | $A_3$ | $S_{33}$ | $S_{22}$ | $Z_{33}$ | $Z_{22}$ | $R_{33}$ | $R_{22}$ |
|-------------|---|----|------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| B1          |    | 30 | 20   | 2     | 1     | 106   | 17171    | 2669     | 30    | 67    | 1145     | 267      | 1289     | 407      | 12.73    | 5.02     |
| B2          |    | 30 | 15   | 2     | 1     | 86    | 13245    | 1127     | 30    | 50    | 883      | 150      | 1009     | 232      | 12.41    | 3.62     |
| B3          |   | 30 | 15   | 1.2   | 0.8   | 58.08 | 8871     | 676      | 24    | 30    | 591      | 90       | 671      | 139      | 12.36    | 3.41     |
| B4          |  | 30 | 12   | 1.2   | 0.8   | 50.88 | 7377     | 347      | 24    | 24    | 492      | 58       | 567      | 91       | 12.04    | 2.61     |
| IPE270      |  | 27 | 13.5 | 1.02  | 0.66  | 45.9  | 5790     | 420      | 18    | 23    | 429      | 62       | 484      | 97       | 11.23    | 3.02     |

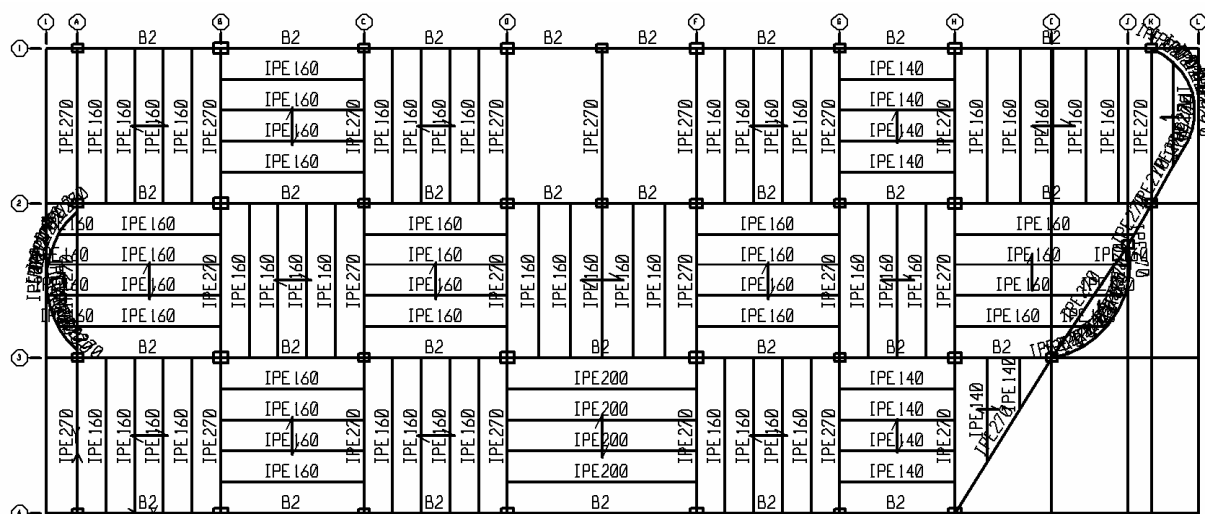




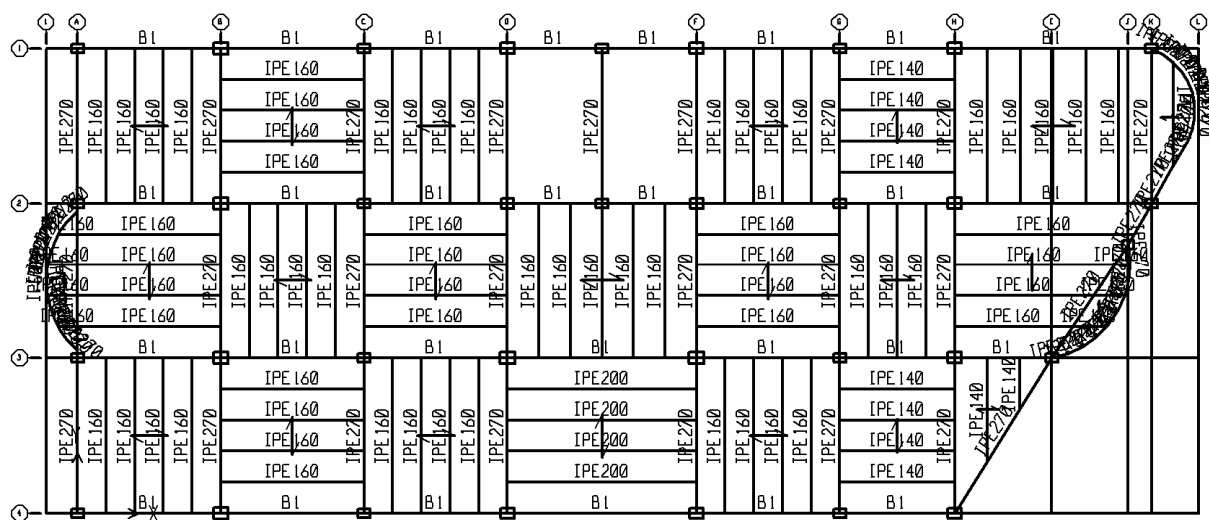
مقطع تیرها - طبقات 13-14-15



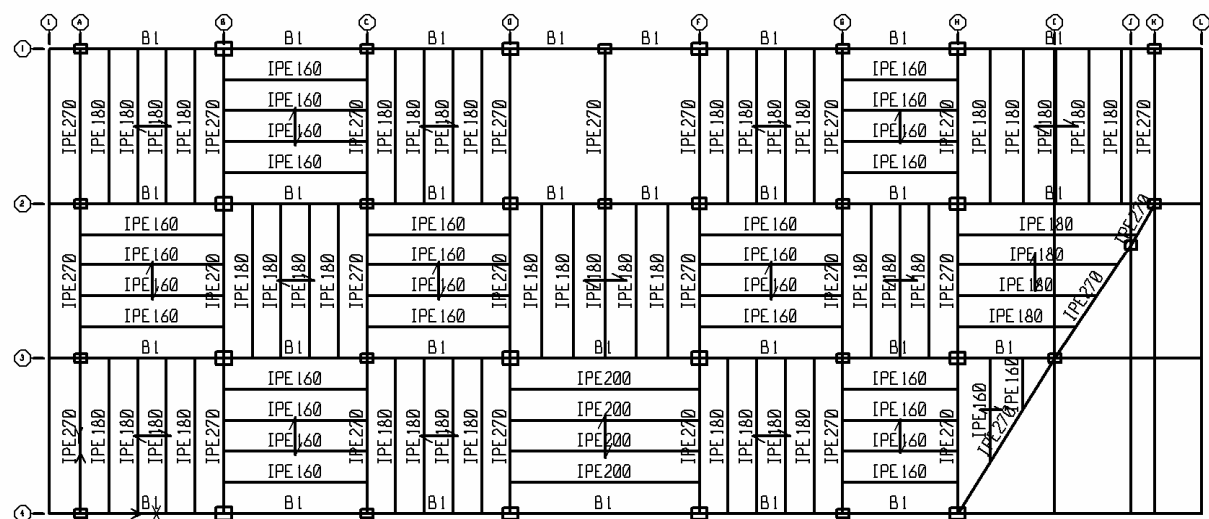
مقطع تیرها - طبقات 10-11-12



مقطع تیرها - طبقات 7-8-9



مقطع تیرها - طبقات 3-4-5



مقطع تیرها - طبقات 1-2

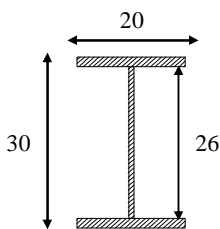


|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2    | صفحه  | BI(Story 2 +A1-B1)     | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           |                   |                   |                   |                   |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ترکیب بار | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|           | 7.40              | -7.59             | 4.26              | -9.41             |
|           | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ |

خصوصیات هندسی مقطع



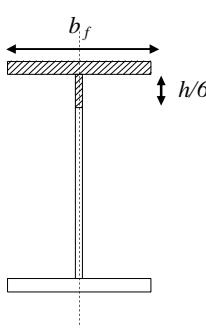
$I_3 = 17171$  $S_3 = 1144$  $A_v = 30$  $h = 26$  $d = 30$  $b = 20.0$  $t_f = 2.0$  $t_w = 1.0$  $L = 455$

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1} = 26 \leq 337$$
$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{20}{4} = 5 \leq 8.9$$

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز



$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{20^3 \times 2.0}{12} + \frac{26 \times 1.0^3}{72} = 667.2$$
$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 40 + \frac{26}{6} = 44.33$$
$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{667.2}{44.33}} = 3.88$$
$$L_b = 91 \quad C_b = 1.754 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{3.88} = 23.46$$
$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$$

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$
$$(II) \quad F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 30 / 40} = 2159$$
$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$$



|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2    | صفحه  | BI(Story 2 +A1-B1)     | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \qquad \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{7.59 \times 1000}{26 \times 1.0} = 291.9 < F_v = 960$$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{9.41 \times 10^5}{1144} = 823 \leq F_b = 1440$$

$$\frac{f_a}{F_b} = \frac{823}{1440} = 0.571$$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$$V_{max} = h . t_w . F_v = 26 \times 1.0 \times 960 = 24960$$

$$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{24960 \times 560}{17171} = 814 \text{ kg/cm}$$

حداکثر جریان برش

$$a_w = 0.8 \qquad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$$

ظرفیت برشی جوش

$$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{814}{1040} = 0.783$$

درصد جوش منقطع

$$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$$

حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$$L_w = 55$$



|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2    | صفحه  | B2(Story 7 + A1-B1)    | تیپ   |               |

|               |                   |                   |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| نیروهای طراحی |                   |                   |                   |                   |
| ترکیب بار     | $V_2^+$           | $V_2^-$           | $M_3^+$           | $M_3^-$           |
|               | 5.71              | -6.32             | 3.98              | -8.26             |
|               | $0.75(DL+LL+EX1)$ | $0.75(DL+LL+EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ | $0.75(DL+LL-EX1)$ |

|                    |         |       |         |      |
|--------------------|---------|-------|---------|------|
| خصوصیات هندسی مقطع |         |       |         |      |
|                    | $I_z =$ | 13245 | $S_z =$ | 883  |
|                    | $A_v =$ | 30    | $b =$   | 15.0 |
|                    | $h =$   | 26    | $d =$   | 30   |
|                    | $t_f =$ | 2.0   | $t_w =$ | 1.0  |
|                    | $L =$   | 455   |         |      |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت  |  |  |  |  |
| $\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1} = 26 \leq 337$ |  |  |  |  |
| $\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{15}{4} = 3.75 \leq 8.9$          |  |  |  |  |
| آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)  |  |  |  |  |

|   |   |               |   |  |
|---|---|---------------|---|--|
| تعیین تنش خمشی مجاز   |   |               |   |  |
|   | $I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{15^3 \times 2.0}{12} + \frac{26 \times 1.0^3}{72} = 281.8$ |               |   |  |
|   | $A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 30 + \frac{26}{6} = 34.33$   |               |   |  |
|   | $r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{281.8}{34.33}} = 2.86$  |               |   |  |
|   | $L_b = 91$  | $C_b = 1.754$ | $\frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{2.86} = 31.76$ |  |
| $I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54$   | $I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$  |               |   |  |
| $(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b / r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b / r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$ |   |               |   |  |
| $(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 30 / 30} = 1619$   |   |               |   |  |
| $F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 1440$  |   |               |   |  |



|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2    | صفحه  | B2(Story 7 + A1-B1)    | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین  
اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{6.32 \times 1000}{26 \times 1.0} = 243.1 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{8.26 \times 10^5}{883} = 935 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{935}{1440} = 0.650$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h \cdot t_w \cdot F_v = 26 \times 1.0 \times 960 = 24960$

$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{24960 \times 420}{13245} = 791.5 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{791.5}{1040} = 0.761$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

$L_w = 50$

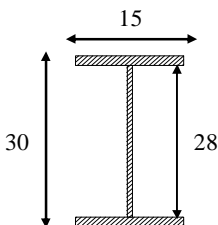


|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2    | صفحه  | B3(Story10 +A1-B1)     | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           |                           |                           |                           |                            |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ترکیب بار | $V_2^+$                   | $V_2^-$                   | $M_3^+$                   | $M_3^-$                    |
|           | 5.05<br>$0.75(DL+LL+EX1)$ | 5.52<br>$0.75(DL+LL+EX1)$ | 2.88<br>$0.75(DL+LL-EX1)$ | -6.70<br>$0.75(DL+LL-EX1)$ |

خصوصیات هندسی مقطع



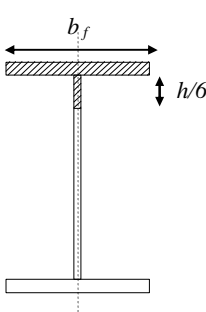
|         |      |         |     |         |      |
|---------|------|---------|-----|---------|------|
| $I_3 =$ | 8871 | $S_3 =$ | 591 | $A_v =$ | 24   |
| $h =$   | 27.6 | $d =$   | 30  | $b =$   | 15.0 |
| $t_f =$ | 1.2  | $t_w =$ | 0.8 | $L =$   | 455  |

کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 337$$
$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{15}{2.4} = 6.25 \leq 8.9$$

آیین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)

تعیین تنش خمشی مجاز



$$I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{15^3 \times 1.2}{12} + \frac{27.6 \times 0.8^3}{72} = 281.5$$
$$A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 18 + \frac{22.08}{6} = 21.68$$
$$r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{281.5}{21.68}} = 3.60$$
$$L_b = 91 \quad C_b = 1.754 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{3.60} = 25.25$$
$$I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 72.54 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 162.2$$

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$
$$(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d / A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 30 / 18} = 971.4$$
$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 971.4462$$



|  |       |                        |       |   |
|--|-------|------------------------|-------|---|
| 83/816   | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق   |
|  | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |   |
| 2/2  | صفحه  | B3(Story10 +A1-B1)     | تیپ   |   |
| $\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 130$  |       |                        |       | <p>کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد</p>   |
| $(I) \quad \frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 < 260$ $(II) \quad f_v < F_v \quad \text{if} \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$ $f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{5.52 \times 1000}{27.6 \times 0.8} = 250 < F_v = 960$  |       |                        |       | کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی   |
| $f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{6.70 \times 10^5}{591} = 1134 \leq F_b = 1440$ $\frac{f_a}{F_b} = \frac{1134}{1440} = 0.787$   |       |                        |       | کنترل نسبت تنشی خمشی  |
| $V_{max} = h . t_w . F_v = 27.6 \times 0.8 \times 960 = 21196.8$ $f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{21197 \times 259.2}{8871} = 619.3 \text{ kg/cm}$ $a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$ $\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{619.3}{1040} = 0.596$ $L_i = 16 t_w = 16 \times 0.8 = 12.8 \Rightarrow L_i = 12.5$ $L_w = 22.5$ |       |                        |       | <p>طراحی جوش اتصال بال به جان</p> <p>حداکثر جریان برش</p> <p>ظرفیت برشی جوش</p> <p>درصد جوش منقطع</p> <p>حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع</p> |
|  |       |                        |       |   |

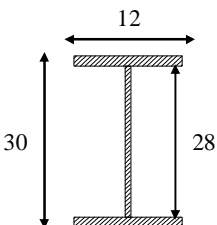




|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2    | صفحه  | B4(Story13 + A1-B1)    | تیپ   |               |

نیروهای طراحی

|           |                           |                            |                           |                            |
|-----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ترکیب بار | $V_2^+$                   | $V_2^-$                    | $M_3^+$                   | $M_3^-$                    |
|           | 4.40<br>$0.75(DL+LL+EX1)$ | -4.86<br>$0.75(DL+LL+EX1)$ | 2.24<br>$0.75(DL+LL-EX1)$ | -5.15<br>$0.75(DL+LL-EX1)$ |

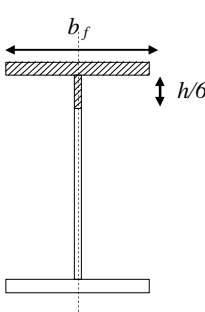


خصوصیات هندسی مقطع

|         |      |         |     |         |      |
|---------|------|---------|-----|---------|------|
| $I_3 =$ | 7377 | $S_3 =$ | 492 | $A_v =$ | 24   |
| $h =$   | 27.6 | $d =$   | 30  | $b =$   | 12.0 |
| $t_f =$ | 1.2  | $t_w =$ | 0.8 | $L =$   | 455  |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 337$$
$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9 \Rightarrow \frac{b}{2t_f} = \frac{12}{2.4} = 5 \leq 8.9$$

آئین نامه 2800 (ضوابط قاب خمشی ویژه)



تعیین تنش خمشی مجاز

|         |   |         |   |                     |  |     |       |
|---------|---|---------|---|---------------------|--|-----|-------|
| $I_T =$ | $\frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72}$ | $=$     | $\frac{12^3 \times 1.2}{12} + \frac{27.6 \times 0.8^3}{72}$ | $=$                 | 144.3                                    |     |       |
| $A_T =$ | $A_f + \frac{A_w}{6}$                                     | $=$     | 14.4 + $\frac{22.08}{6}$                                    | $=$                 | 18.08                                    |     |       |
| $r_T =$ | $\sqrt{\frac{I_T}{A_T}}$                                  | $=$     | $\sqrt{\frac{144.3}{18.08}}$                                | $=$                 | 2.83                                     |     |       |
| $L_b =$ | 91  | $C_b =$ | 1.754   | $\frac{L_b}{r_T} =$ | $\frac{91}{2.83} = 32.21$                |     |       |
| $I_1 =$ | $\sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}}$                   | $=$     | 72.54   | $I_2 =$             | $\sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$ | $=$ | 162.2 |

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$$
$$(II) F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d/A_f} = \frac{84000 \times 1.754}{91 \times 30 / 14} = 777.2$$
$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 777.1569$$



|        |       |                        |       |               |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/816 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2    | صفحه  | B4(Story13 +A1-B1)     | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین  
اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{27.6}{0.8} = 34.5 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{4.86 \times 1000}{27.6 \times 0.8} = 220.1 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{5.15 \times 10^5}{492} = 1047 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1047}{1440} = 0.727$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h \cdot t_w \cdot F_v = 27.6 \times 0.8 \times 960 = 21196.8$

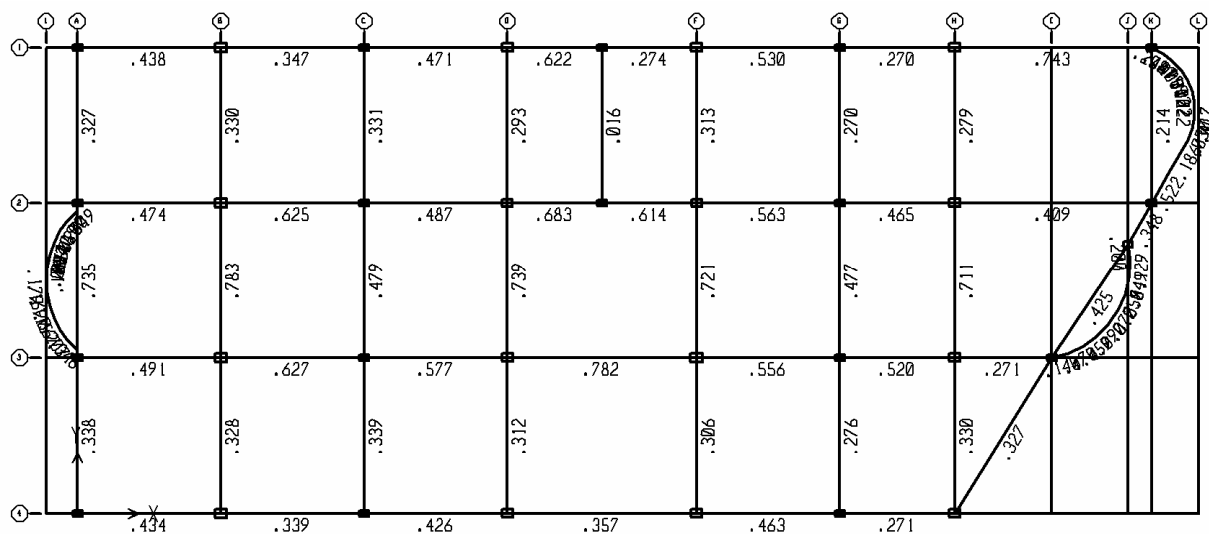
$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{21197 \times 207.4}{7377} = 595.8 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

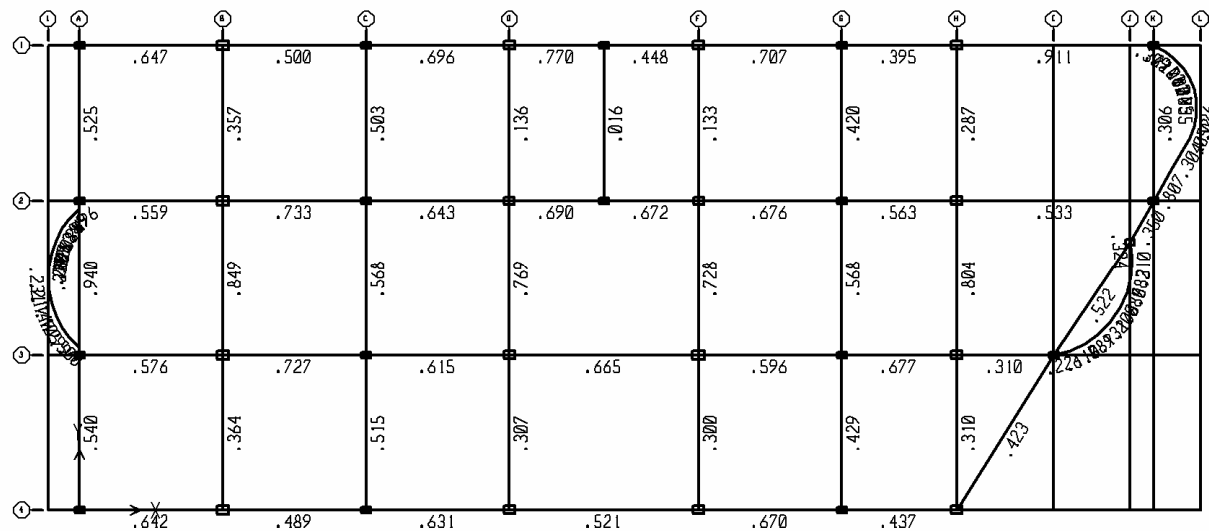
$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{595.8}{1040} = 0.573$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 0.8 = 12.8 \Rightarrow L_i = 12.5$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

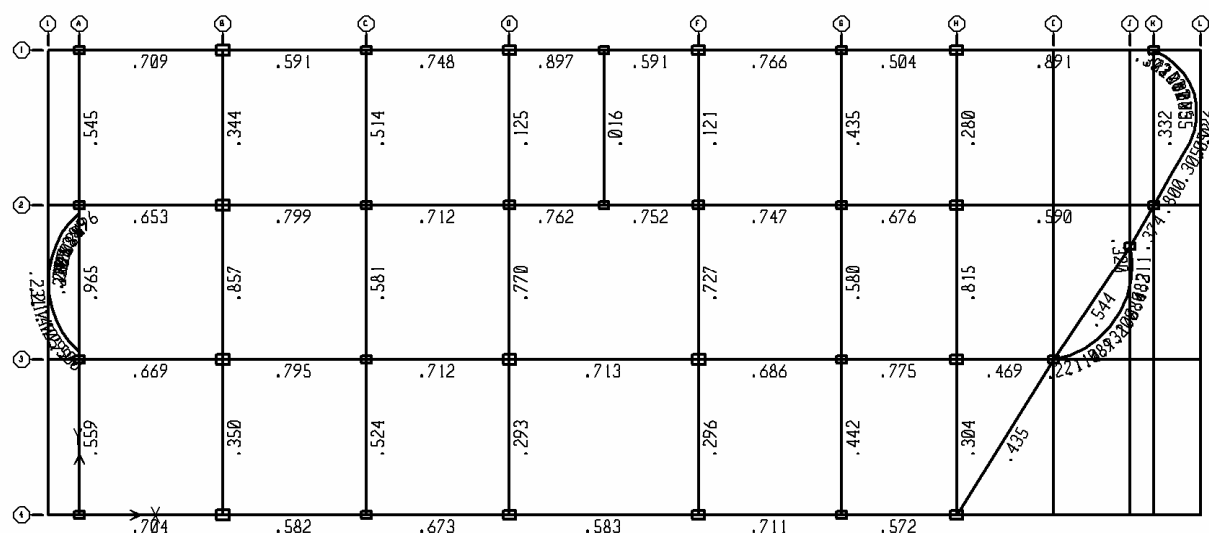
$L_w = 22.5$



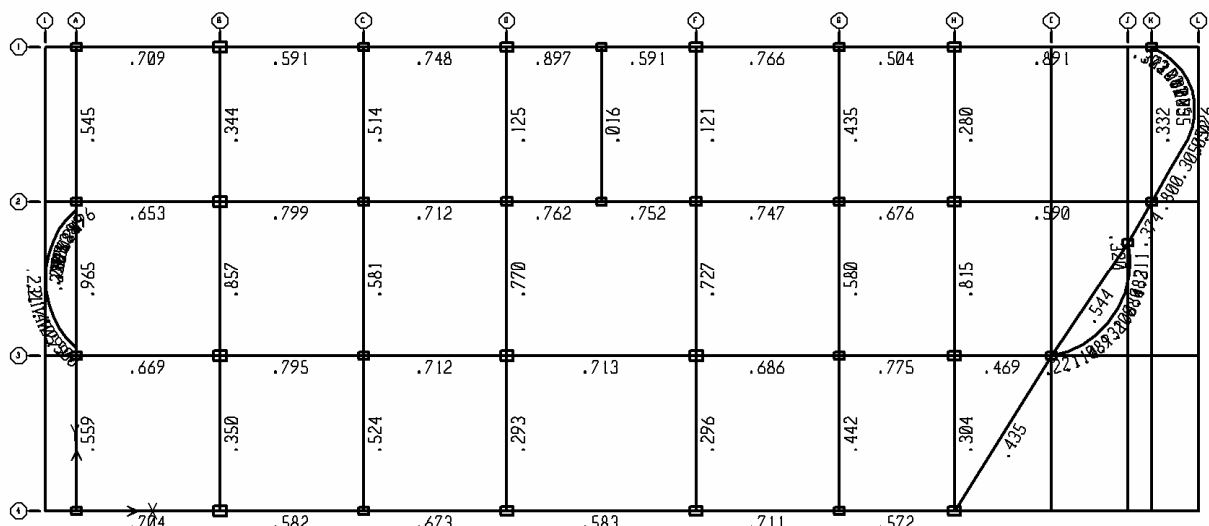
نسبت تنش تیرها - طبقه 15



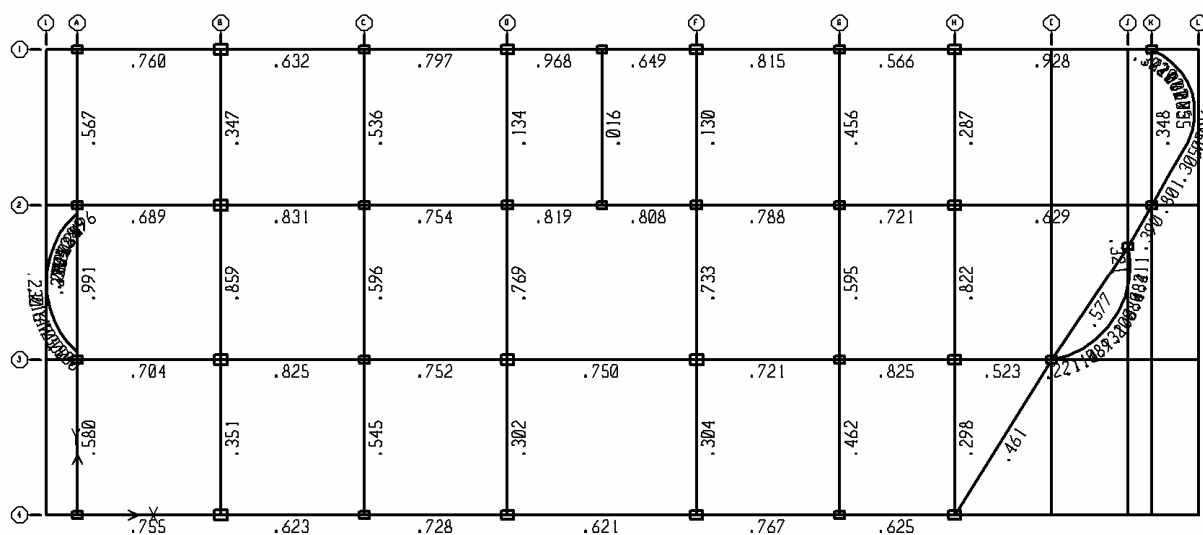
نسبت تنش تیرها - طبقه 14



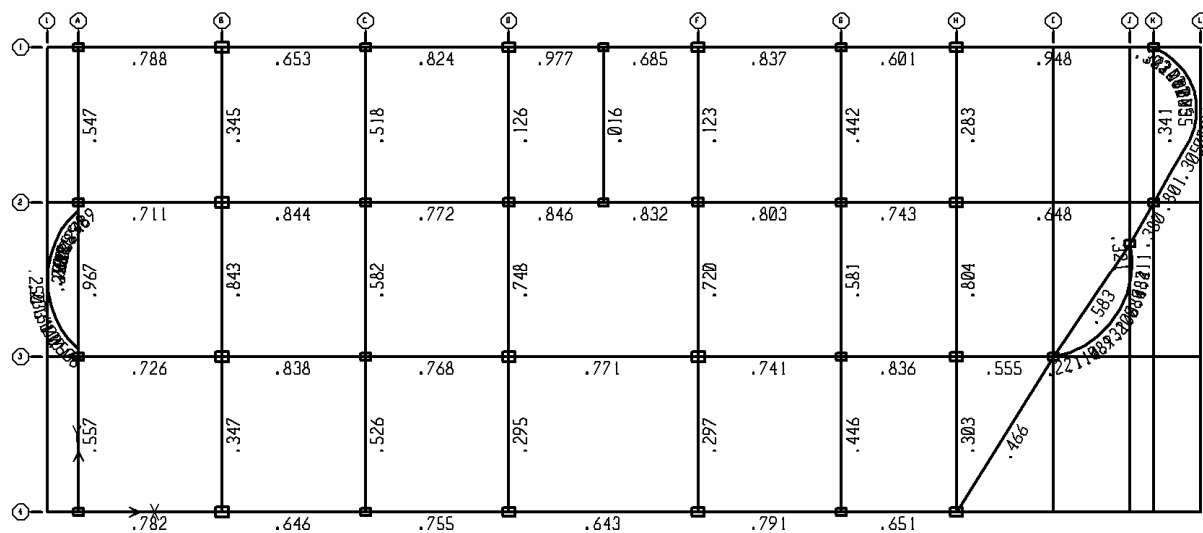
نسبت تنش تیرها - طبقه 13



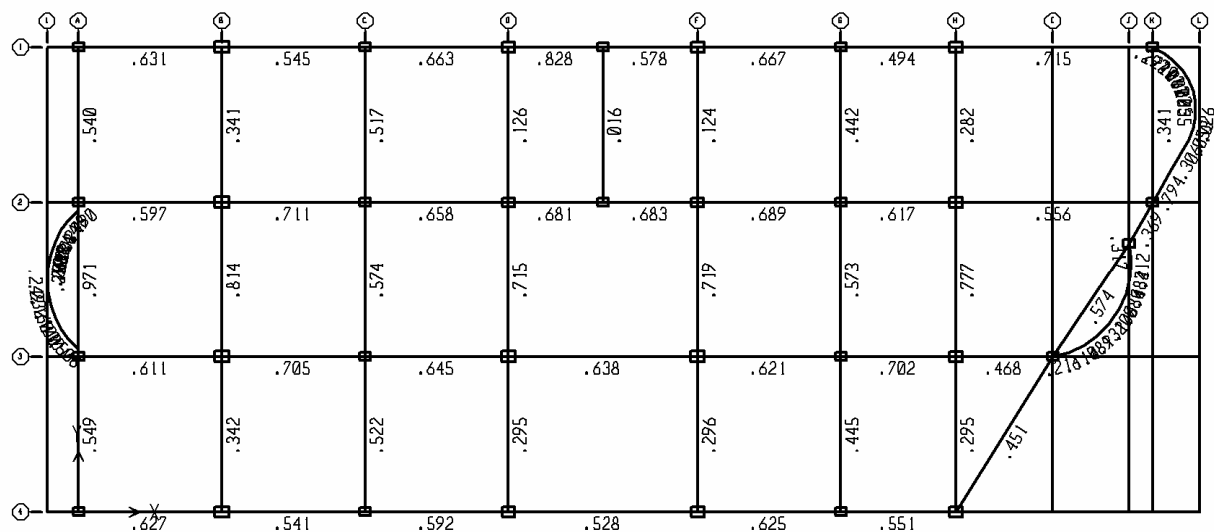
نسبت تنش تیرها - طبقه 12



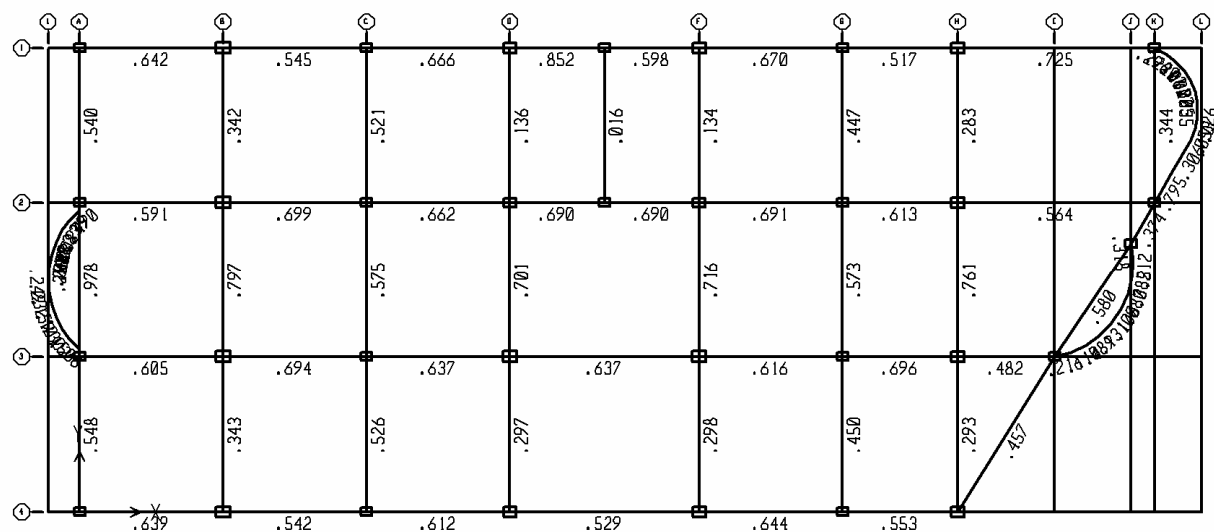
نسبت تنش تیرها - طبقه 11



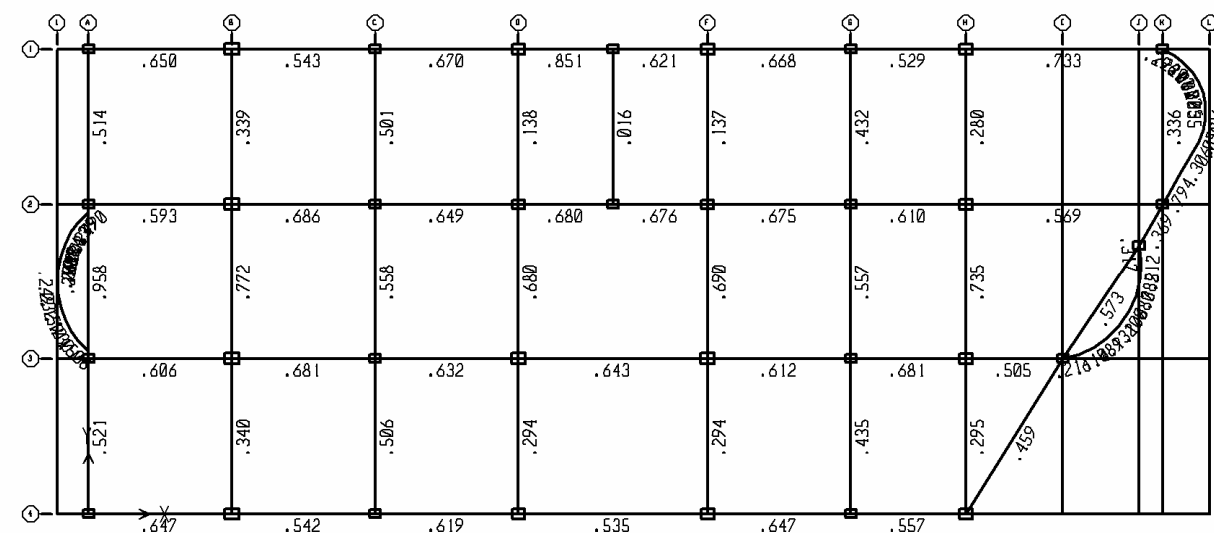
نسبت تنش تیرها - طبقه 10



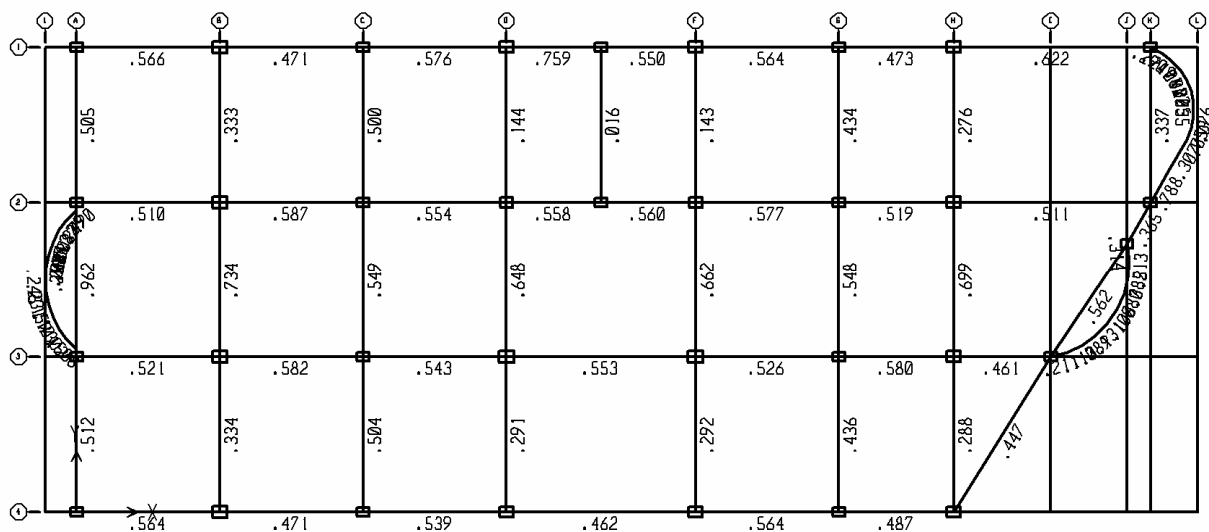
نسبت تنش تیرها - طبقه 9



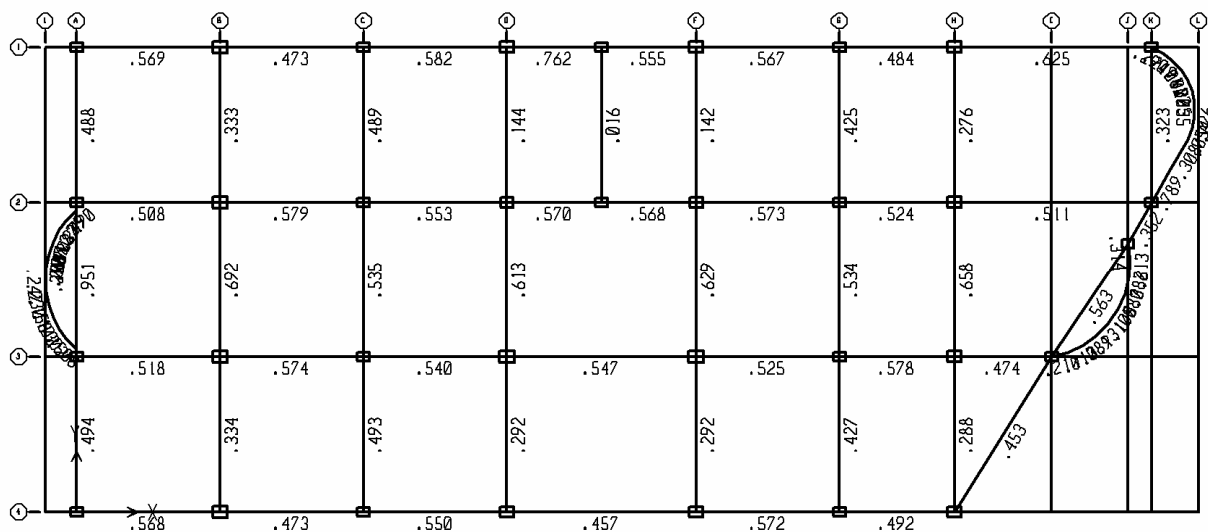
نسبت تنش تیرها - طبقه 8



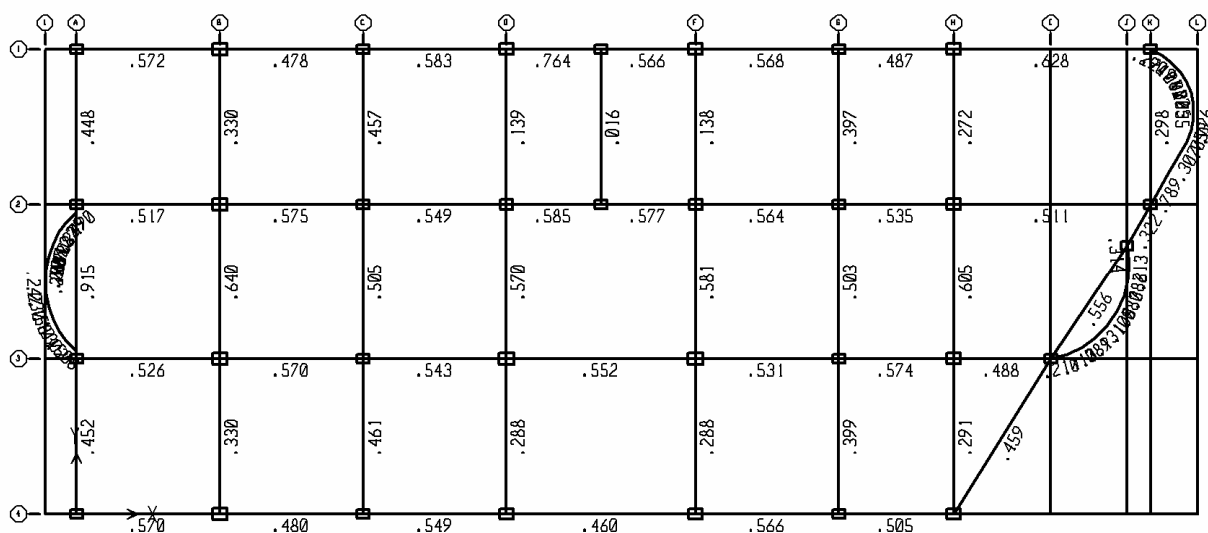
نسبت تنش تیرها - طبقه 7



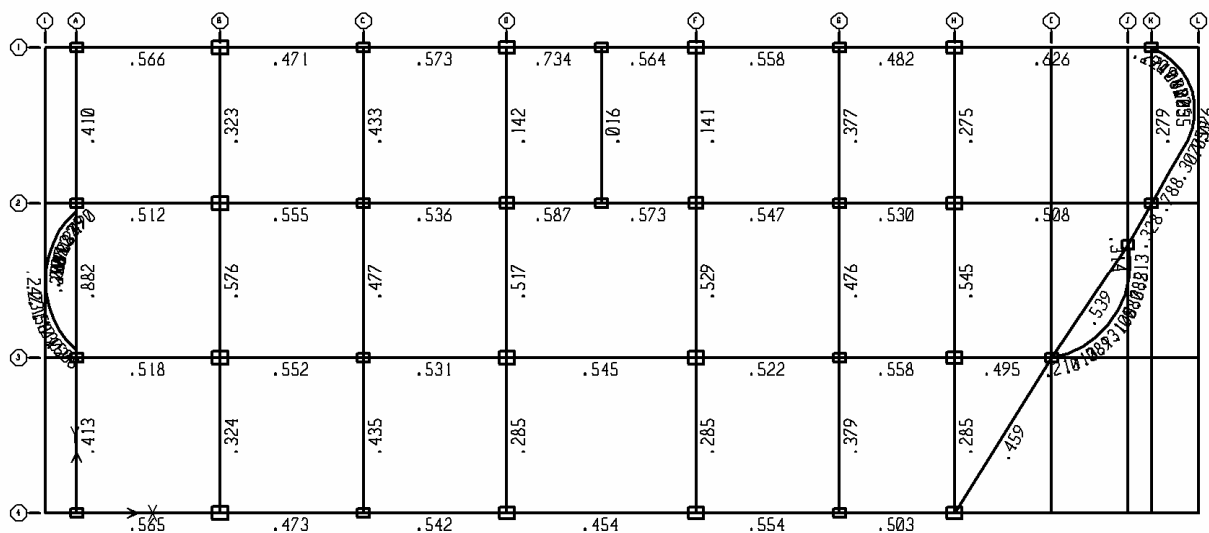
نسبت تنش تیرها - طبقه 6



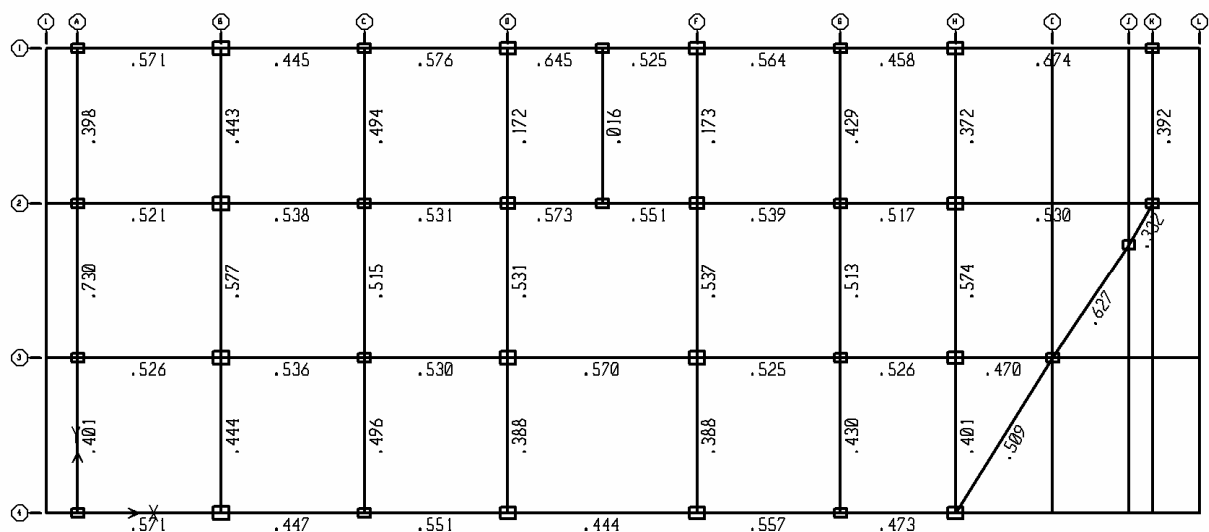
نسبت تنش تیرها - طبقه 5



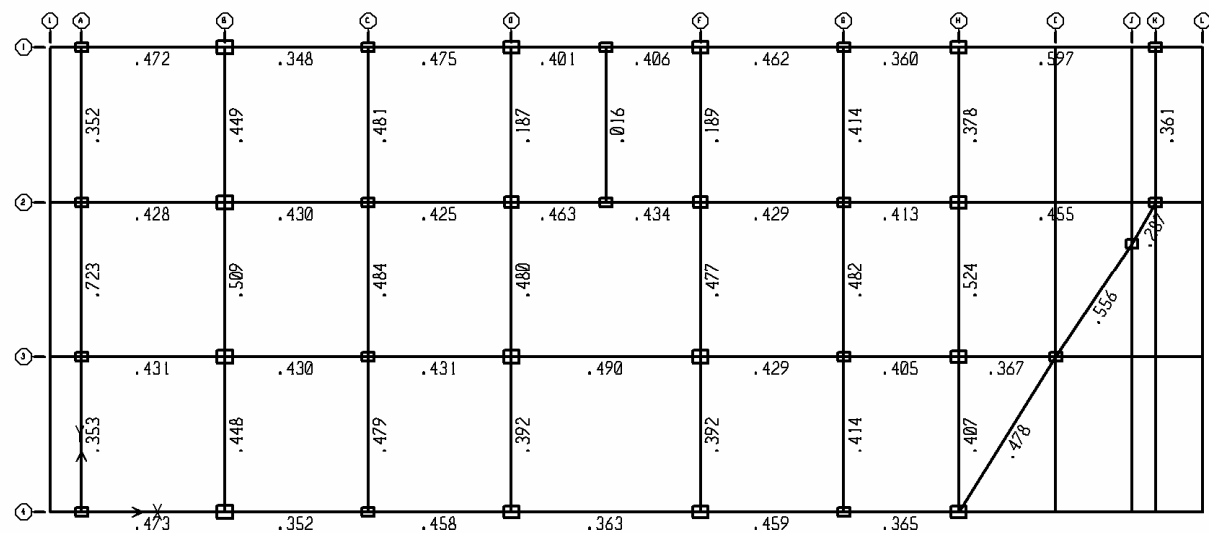
نسبت تنش تیرها - طبقه 4



نسبت تنش تیرها - طبقه 3



نسبت تنش تیرها - طبقه 2



نسبت تنش تیرها - طبقه 1

**5- کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر بر اساس آیین نامه 2800**

طبق بند 7-5 آیین نامه 2800 در هر اتصال از قاب خمشی ویژه باید روابط زیر اقیان شود

$$\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{\sum Z_b F_{yb}} > 1$$

$$\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{1.25 \sum M_{pz}} > 1$$

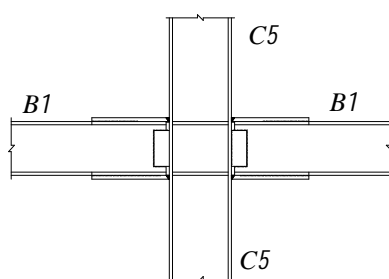
که  $F_{yb}$  و  $F_{yc}$  تنش های جاری شده ستون و تیر می باشد ،  $f_a > 0$  و نیز  $Z_c$  و  $Z_b$  مقادیر اساس پلاستیک مقطع های ستون و تیر می باشد .

$\sum M_{pz}$  = مجموع لنگرهای تیرها که متناظر با مقاومت برشی چشمه اتصال است . مقاومت برشی چشمه اتصال از رابطه

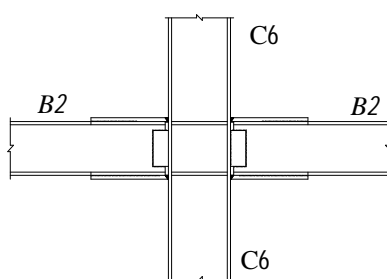
$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right]$$

بنابراین  $\sum M_{pz} = V \cdot d_c$  می باشد

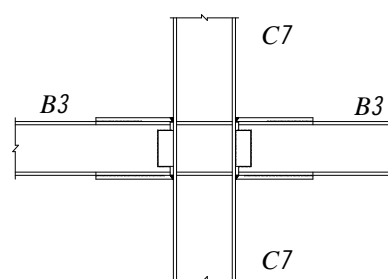
برای کنترل این ضوابط بحرانی ترین حالات اتصال تیر به ستون کنترل می گردد . بنابراین برای یک مقطع تیر کوچکترین مقطع ستون که به آن تیر متصل را انتخاب می کنیم . کل حالت های مورد بررسی 5 حالت می باشد که در شکل 15- آمده است .



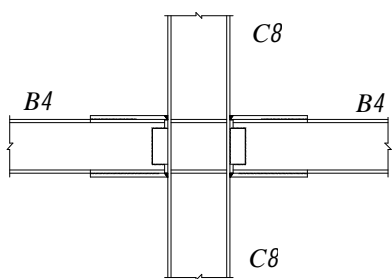
SR1



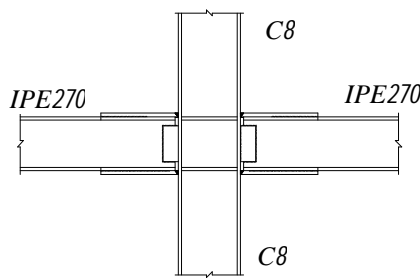
SR 2



SR 3



SR 4



SR 5

شکل 5-1 : حالت های بحرانی اتصال تیر به ستون



| Column  | $Z_c$ | $F_{yc}$ | $f_{a\max}$ | $t$ | $t_{cf}$ | $b_c$ | $d_c$ |
|---------|-------|----------|-------------|-----|----------|-------|-------|
| C5      | 3172  | 2400     | 750         | 4   | 2        | 38    | 28    |
| C6      | 2024  | 2400     | 750         | 3   | 1.5      | 35    | 25    |
| C7      | 1637  | 2400     | 750         | 3   | 1.5      | 32    | 22    |
| C8(3-3) | 1290  | 2400     | 750         | 3   | 1.5      | 29    | 19    |
| C8(2-2) | 935   | 2400     | 750         | 3   | 1.5      | 29    | 19    |

| Beam   | $Z_b$ | $F_{yb}$ | $b_b$ | $d_b$ |
|--------|-------|----------|-------|-------|
| B1     | 1289  | 2400     | 20    | 30    |
| B2     | 1009  | 2400     | 15    | 30    |
| B3     | 670   | 2400     | 15    | 30    |
| B4     | 567   | 2400     | 12    | 30    |
| IPE270 | 484   | 2400     | 13.5  | 27    |

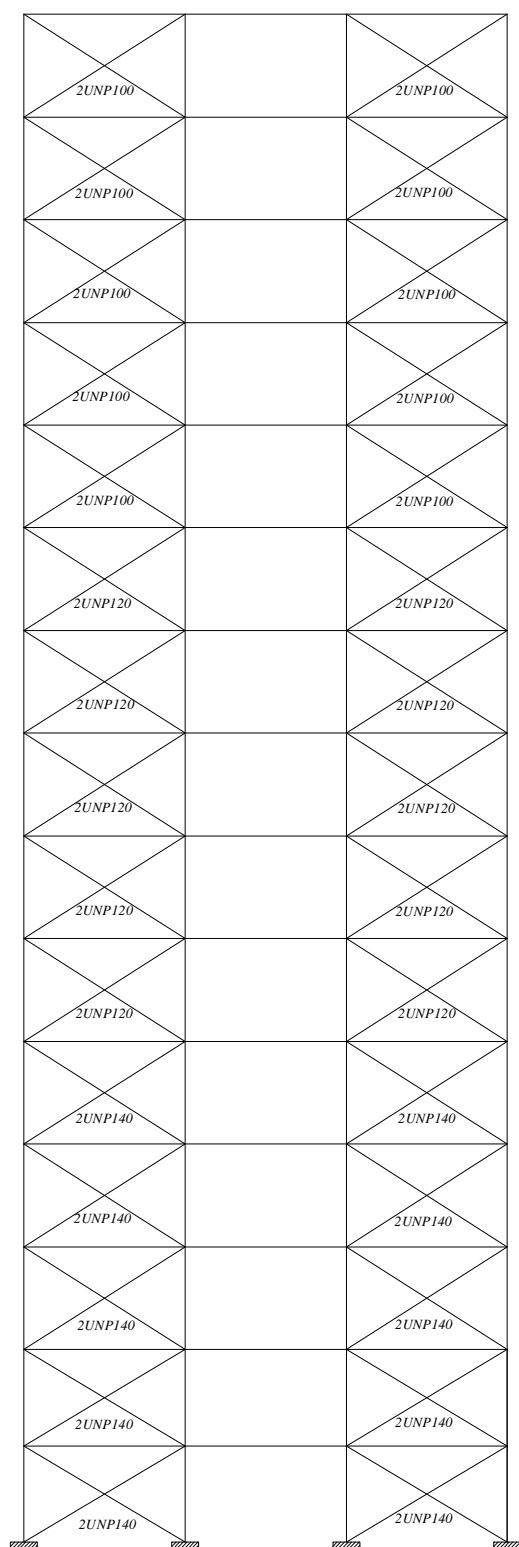
| Case | $\sum Z_c (F_{yc} - f_a)$ | $\sum Z_b F_{yb}$ | $\sum M_{pz}$ | $\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{\sum Z_b F_{yb}}$ | $\frac{\sum Z_c (F_{yc} - f_a)}{1.25 \sum M_{pz}}$ |
|------|---------------------------|-------------------|---------------|---|--|
| SR1  | 10467600                  | 6187200           | 5338080       | 1.69  | 1.57   |
| SR2  | 10467600                  | 4843200           | 3593700       | 2.16  | 2.33   |
| SR3  | 4829550                   | 3216000           | 3183840       | 1.50  | 1.21   |
| SR4  | 4257000                   | 2721600           | 2903175       | 1.56  | 1.17   |
| SR5  | 4257000                   | 2323200           | 2548260       | 1.83  | 1.34   |

جدول 1-5: کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر

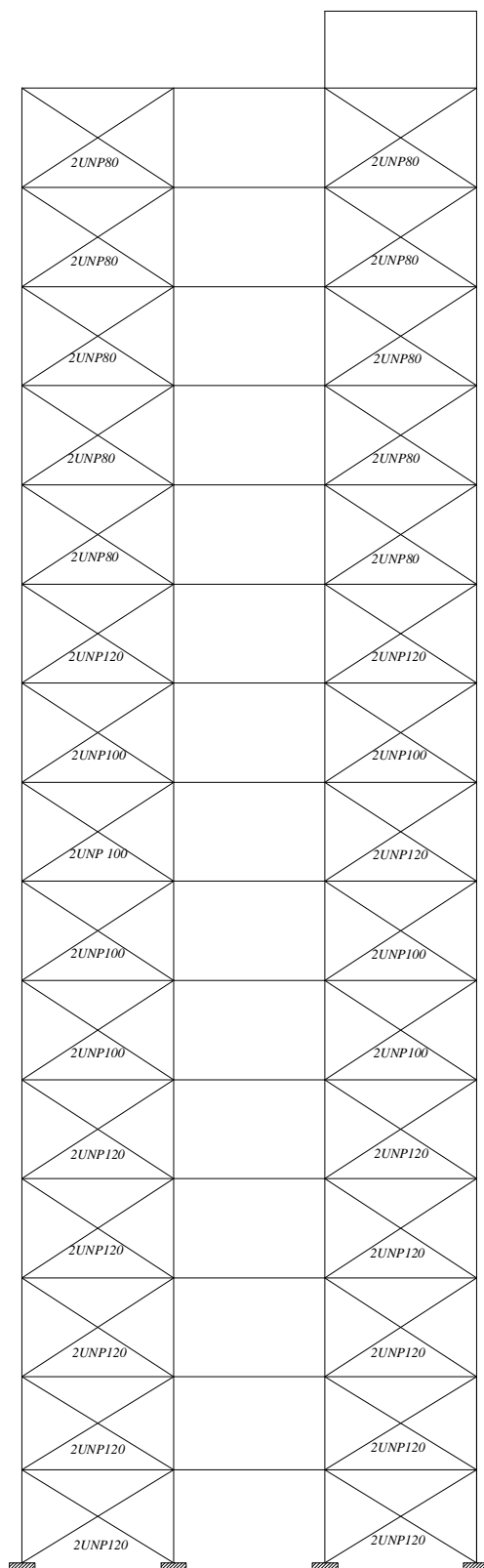


## 6- طراحی مهاربندهای هم محور

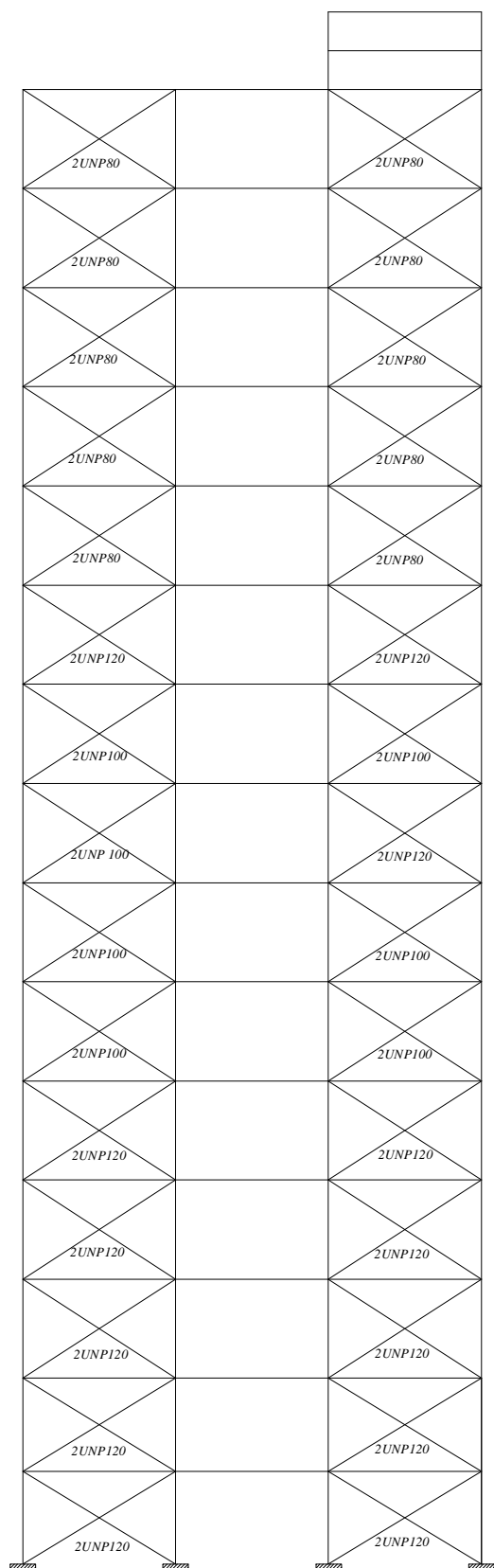
مهاربندها در 4 تیپ طراحی شده اند



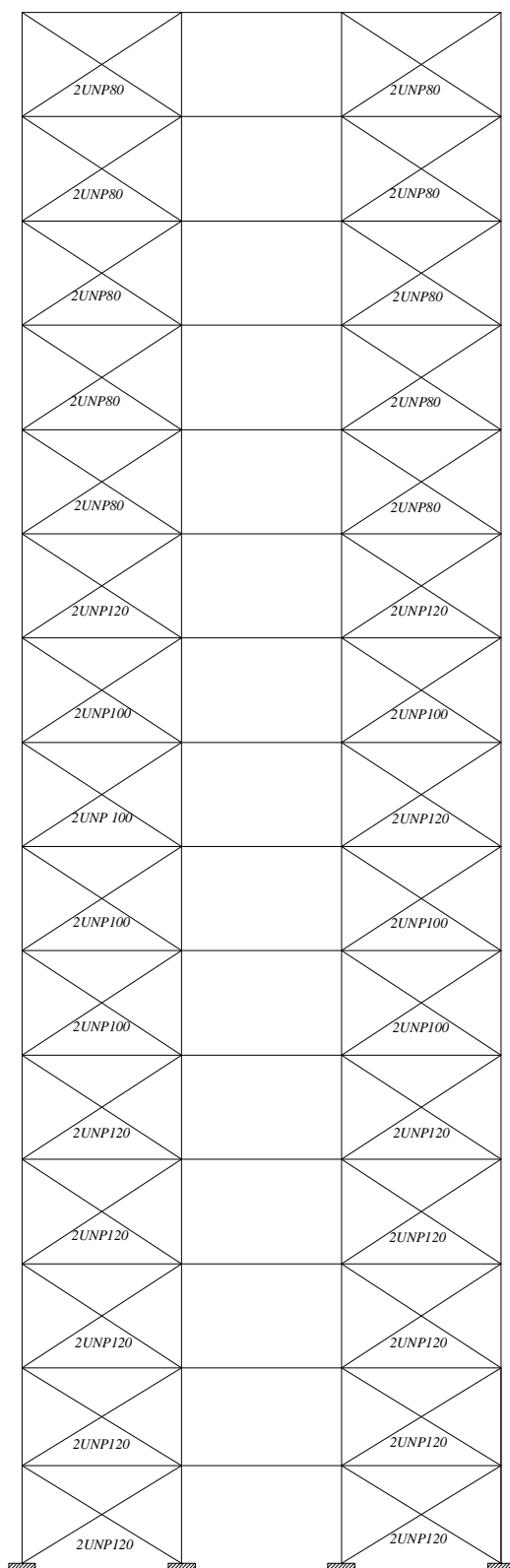
Elevation B



Elevation D

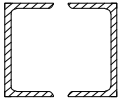
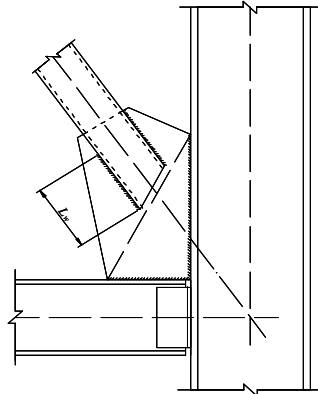


Elevation H



Elevation F



|  |       |                        |       |  |
|--|-------|------------------------|-------|--|
| 83/8/17  | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهارندهای هم محور  |
|  | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 1/2  | صفحه  | BR1(Story2+B1-B2)      | تیپ   |  |
|  <div> <math>A = 40.8</math> <math>r_x = 5.40</math> <math>r_y = 5.10</math> <math>L_b = 575</math> <math>K_x = 0.5</math> <math>K_y = 0.67</math> <math>h = 320</math> <math>L = 455</math> <math>\alpha = 35.12</math> </div>   |       |                        |       | مشخصات مقطع مهار بند   |
| <div> <math>P = 22.71 \text{ ton}</math> </div>  |       |                        |       | نیروی طراحی مهار بند   |
| $\left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 75.54 < \sqrt{\frac{6025}{F_y}} = 123$   |       |                        |       | کنترل لاغری مهار بند   |
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{0.5 \times 575}{5.40} = 53.24 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{0.67 \times 575}{5.10} = 75.54 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 75.54$ $C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.57 \quad B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.777$ $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.858$ $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1078 \quad F_{as} = B F_a = 0.777 \times 1078 = 837.6$ $P_{allow} = A F_{as} = 40.8 \times 837.6 = 34172.05 \text{ kg} = 34.2 \text{ ton} > 22.71 \text{ ton}$  |       |                        |       |  |
| <p>طراحی اتصال مهار بند به تیر و ستون</p> <p>مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد</p> <p>1- مقاومت کششی عضو مهار بند</p> $P = A_{brace} F_y = 40.8 \times 2400 = 97920 \text{ kg} = 97.92 \text{ ton}$ <p>2- <math>0.4R</math> برابر نیروی عضو مهار بند حاصل از نیروی زلزله</p> $R = 9 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 3.6 \times 22.71 = 81.76 \text{ ton}$ $P_{design} = \min(97.92, 81.76) = 81.76 \text{ ton} \quad a_w = 0.7$ $L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{81756}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.7} = 26.42 \text{ cm}$ <p>برای تامین این فاصله باید از پلیت 40 × 55 استفاده کنیم</p> $L_v = 32$ $L_h = 41$ $P_h = P_{design} \cos \alpha = 81756 \times \cos 35.12 = 66873 \text{ kg}$ $P_v = P_{design} \sin \alpha = 81756 \times \sin 35.12 = 47032 \text{ kg} \quad a_w = 0.8$ |       |                        |       |  |



|         |       |                        |       |                         |
|---------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهارندهای هم محور |
| 2/2     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
|         |       | BR1 (Story 11 + B3-B4) | تیپ   |                         |

$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{66873}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 37.82 \text{ cm} < 37$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{47032}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 26.6 \text{ cm} < 35$$
  

$$w = 50 \quad t = 1$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{81756}{50.01 \times 1.0} = 1635 < 2400$$
  

$$L = 19 \quad t = 1 \quad r = 0.3t = 0.3 \quad K = 1.2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 19.04}{0.3} = 76.17 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.58$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1198$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{81756}{50 \times 1} = 1635 < 1.7F_a = 2037$$
  

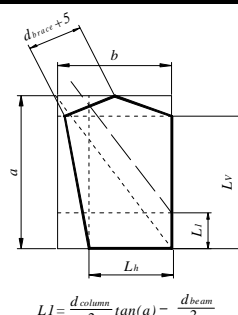
$$(ab+cd) = 52.85 \quad bc = 14 \quad t = 1$$

$$A_v = (ab+cd)t = 52.85 \quad A_t = (bc)t = 14$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$
  

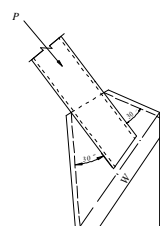
$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (52.85 \times 1110 + 14 \times 1850) = 125624.4 > 81756$$



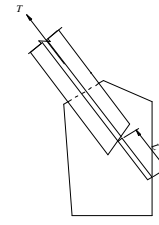
$L1 = \frac{d_{column}}{2} \tan(a) - \frac{d_{beam}}{2}$

ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد

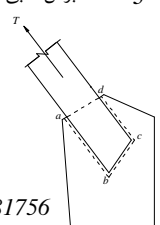
1- تنش کششی در عرض موثر ویتور (w)



2- کماتش ورق اتصال در فشار



3- برش قالبی در کشش



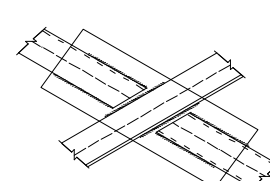
طراحی ورق اتصال میانی مهاربند

$$a_w = 0.7$$

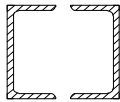
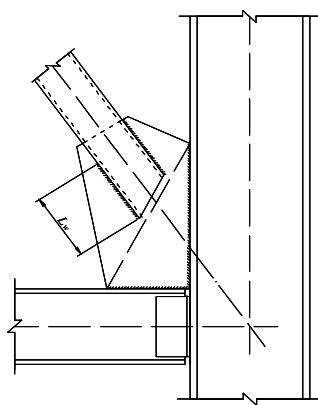
$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{81756}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.7} = 26 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلنت استفاده کنیم

85 × 30





|  |       |                        |       |                         |
|--|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/17  | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهارندهای هم محور |
|  | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 1/2  | صفحه  | BR2(Story2+H1-H2)      | تیپ   |                         |
| <div>  <div> <math>A = 34</math><br/> <math>L_b = 575</math><br/> <math>h = 320</math> </div> <div> <math>r_x = 4.60</math><br/> <math>K_x = 0.5</math><br/> <math>L = 455</math> </div> <div> <math>r_y = 4.70</math><br/> <math>K_y = 0.67</math><br/> <math>\alpha = 35.12</math> </div> </div> <div>مشخصات مقطع مهار بند</div>  |       |                        |       |                         |
| <div> <div>Combo8</div> <div><math>P = 19.05 \text{ ton}</math></div> </div> <div>نیروی طراحی مهار بند</div>   |       |                        |       |                         |
| <div> <math display="block">\left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 81.97 &lt; \sqrt{\frac{6025}{F_y}} = 123</math> </div> <div>کنترل لاغری مهار بند</div>  |       |                        |       |                         |
| <div> <math display="block">\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &amp;= \frac{0.5 \times 575}{4.60} = 62.5 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &amp;= \frac{0.67 \times 575}{4.70} = 81.97 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 81.97</math> <math display="block">C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.62 \quad B = \frac{l}{l + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.762</math> <math display="block">F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.870</math> <math display="block">\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1034 \quad F_{as} = B F_a = 0.76 \times 1034 = 788.1</math> <math display="block">P_{allow} = A F_{as} = 34 \times 788.1 = 26795.72 \text{ kg} = 26.8 \text{ ton} &gt; 19.05 \text{ ton}</math> </div>   |       |                        |       |                         |
| <div> <div>طراحی اتصال مهار بند به تیر و ستون</div> <p>مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد</p> <p>1- مقاومت کششی عضو مهار بند</p> <math display="block">P = A_{brace} F_y = 34 \times 2400 = 81600 \text{ kg} = 81.6 \text{ ton}</math> <p>2- <math>0.4R</math> برابر نیروی عضو مهار بند حاصل از نیروی زلزله</p> <math display="block">R = 9 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 3.6 \times 19.05 = 68.58 \text{ ton}</math> <math display="block">P_{design} = \min(81.6, 68.58) = 68.58 \text{ ton} \quad a_w = 0.6</math> <math display="block">L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{68580}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.6} = 25.86 \text{ cm}</math> <p>برای تامین این فاصله باید از پلست <math>40 \times 55</math> استفاده کنیم</p> <math display="block">L_v = 32</math> <math display="block">L_h = 41</math> <math display="block">P_h = P_{design} \cos \alpha = 68580 \times \cos 35.12 = 56096 \text{ kg}</math> <math display="block">P_v = P_{design} \sin \alpha = 68580 \times \sin 35.12 = 39452 \text{ kg} \quad a_w = 0.8</math> </div> <div>  </div> |       |                        |       |                         |

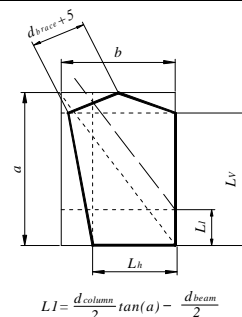


|         |       |                      |       |
|---------|-------|----------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانی مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده       | طرح   |
| 2/2     | صفحه  | BR2(Story2+H1-H2)    | تیپ   |

طراحی مهاربند هم محور

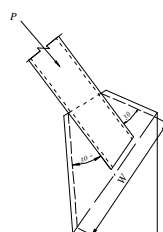
$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{56096}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 31.73 \text{ cm} < 41$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{39452}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 22.31 \text{ cm} < 32$$



$$w = \frac{51}{f} = \frac{51}{1336} = 0.038 \text{ cm}$$

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{1336} = 0.00075 \text{ cm}$$



ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
1- تنش کششی در عرض موثر ویتور (w)

$$L = 19 \quad t = 1 \quad r = 0.3t = 0.3 \quad K = 1.2$$

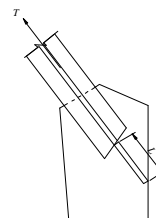
$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 18.97}{0.3} = 75.89 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.58$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^2 = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1200$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{68580}{51 \times 1} = 1336 < 1.7F_a = 2040$$

2- کمانش ورق اتصال در فشار



$$(ab+cd) = 51.72 \quad bc = 12 \quad t = 1$$

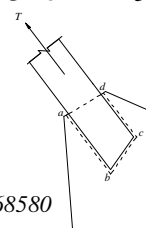
$$A_v = (ab+cd) t = 51.72 \quad A_t = (bc) t = 12$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (51.72 \times 1110 + 12 \times 1850) = 119794.6 > 68580$$

3- برش قالبی در کشش

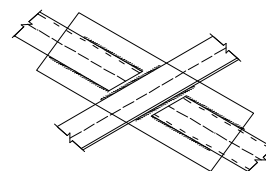


طراحی ورق اتصال میانی مهاربند

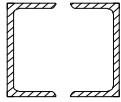
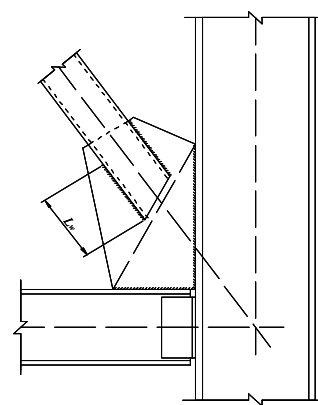
$$a_w = 0.6$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{68580}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 26 \text{ cm}$$

استفاده کنیم 80 × 30 برای تامین این فاصله باید از پلایت





|   |       |                        |       |                       |
|---|-------|------------------------|-------|-----------------------|
| 83/8/17   | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند هم محور |
|   | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                       |
| 1/2   | صفحه  | BR3(Story6+H1-H2)      | تیپ   |                       |
|  <div> <math>A = 27</math><br/> <math>L_b = 575</math><br/> <math>h = 320</math> </div> <div> <math>r_x = 3.90</math><br/> <math>K_x = 0.5</math><br/> <math>L = 455</math> </div> <div> <math>r_y = 4.20</math><br/> <math>K_y = 0.67</math><br/> <math>a = 35.12</math> </div>   |       |                        |       | مشخصات مقطع مهاربند   |
| <div> <math>2UNP100</math><br/> <math>Combo6</math> </div> <div> <math>P = 14.56 \text{ ton}</math> </div>  |       |                        |       | نیروی طراحی مهاربند   |
| $\left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 91.73 < \sqrt{\frac{6025}{F_y}} = 123$  |       |                        |       | کنترل لاغری مهاربند   |
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{0.5 \times 575}{3.90} = 73.72 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{0.67 \times 575}{4.20} = 91.73 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 91.73$ $C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.70 \quad B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.741$ $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^2 = 1.886$ $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 962.8 \quad F_{as} = B F_a = 0.74 \times 962.8 = 713.8$ $P_{allow} = A F_{as} = 27 \times 713.8 = 19272.21 \text{ kg} = 19.3 \text{ ton} > 14.56 \text{ ton}$  |       |                        |       |                       |
| <p>طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون</p> <p>مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد</p> <p>1- مقاومت کششی عضو مهاربند</p> $P = A_{brace} F_y = 27 \times 2400 = 64800 \text{ kg} = 64.8 \text{ ton}$ <p>2- <math>0.4R</math> برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله</p> $R = 9 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 3.6 \times 14.56 = 52.42 \text{ ton}$ $P_{design} = \min(64.8, 52.42) = 52.42 \text{ ton} \quad a_w = 0.5$ $L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{52416}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.5} = 23.72 \text{ cm}$ <p>برای تامین این فاصله باید از پلست استفاده کنیم</p> $L_v = 31$ $L_h = 43$ $P_h = P_{design} \cos a = 52416 \times \cos 35.12 = 42874 \text{ kg}$ $P_v = P_{design} \sin a = 52416 \times \sin 35.12 = 30153 \text{ kg} \quad a_w = 0.8$  |       |                        |       |                       |





|         |       |                        |       |                       |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند هم محور |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                       |
| 2/2     | صفحه  | BR3(Story6+H1-H2)      | تیپ   |                       |

$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{42874}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 24.25 \text{ cm} < 43$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{30153}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.8} = 17.06 \text{ cm} < 31$$
  

$$w = \frac{52}{f} = \frac{52416}{51.93 \times 1.0} = 1009 < 2400$$
  

$$L = 20 \quad t = 1 \quad r = 0.3 t = 0.3 \quad K = 1.2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 19.53}{0.3} = 78.1 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.59$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^2 = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1186$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{52416}{52 \times 1} = 1009 < 1.7 F_a = 2016$$
  

$$(ab+cd) = 47.44 \quad bc = 10 \quad t = 1$$

$$A_v = (ab+cd) t = 47.44 \quad A_t = (bc) t = 10$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$
  

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (47.44 \times 1110 + 10 \times 1850) = 108010.4 > 52416$$

ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
تنش کششی در عرض موثر ویتمور (w)

1-

2- کماتش ورق اتصال در فشار

3- برش قالبی در کشش

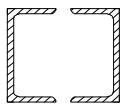
$$a_w = 0.5$$

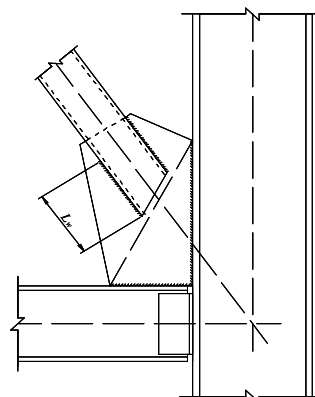
$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{52416}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.5} = 24 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلیت 75 × 25 استفاده کنیم

طراحی ورق اتصال میانی مهاربند



|   |       |                        |       |                                   |
|---|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|
| 83/8/17   | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند هم محور             |
|   | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                   |
| 1/2   | صفحه  | BR4(Story11+H1-H2)     | تیپ   |                                   |
| <br>2UNP80   |       |                        |       | مشخصات مقطع مهاربند               |
| $A = 22.07$ $r_x = 3.10$ $r_y = 3.77$<br>$L_b = 575$ $K_x = 0.5$ $K_y = 0.67$<br>$h = 320$ $L = 455$ $\alpha = 35.12$   |       |                        |       |                                   |
| Combo6 $P = 9.91 \text{ ton}$   |       |                        |       | نیروی طراحی مهاربند               |
| $\left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 102.2 < \sqrt{\frac{6025}{F_y}} = 123$  |       |                        |       | کنترل لاغری مهاربند               |
| $\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{0.5 \times 575}{3.10} = 92.74 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{0.67 \times 575}{3.77} = 102.2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 102.2$ $C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.78 \quad B = \frac{l}{l + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.72$ $F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.899$ $\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 881.8 \quad F_{as} = B F_a = 0.72 \times 881.8 = 635$ $P_{allow} = A F_{as} = 22.07 \times 635 = 14013.57 \text{ kg} = 14.0 \text{ ton} > 9.91 \text{ ton}$ |       |                        |       |                                   |
| طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون<br>مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد  |       |                        |       | طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون |
| 1- مقاومت کششی عضو مهاربند  |       |                        |       |                                   |
| $P = A_{brace} F_y = 22.07 \times 2400 = 52968 \text{ kg} = 52.97 \text{ ton}$  |       |                        |       |                                   |
| 2- $0.4R$ برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله   |       |                        |       |                                   |
| $R = 9 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 3.6 \times 9.91 = 35.68 \text{ ton}$   |       |                        |       |                                   |
| $P_{design} = \min(52.97, 35.68) = 35.68 \text{ ton} \quad a_w = 0.4$   |       |                        |       |                                   |
| $L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{35676}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.4} = 20.18 \text{ cm}$  |       |                        |       |                                   |
| برای تامین این فاصله باید از پلست 30 × 40 استفاده کنیم  |       |                        |       |                                   |
| $L_v = 21$<br>$L_h = 33$  |       |                        |       |                                   |
| $P_h = P_{design} \cos \alpha = 35676 \times \cos 35.12 = 29182 \text{ kg}$<br>$P_v = P_{design} \sin \alpha = 35676 \times \sin 35.12 = 20523 \text{ kg} \quad a_w = 0.6$  |       |                        |       |                                   |





طراحی مهاربند هم محور

83/8/17

تاریخ

طراحی ساختمانهای مقاوم

پروژه

کنترل

مسعود حسن زاده

طرح

2/2

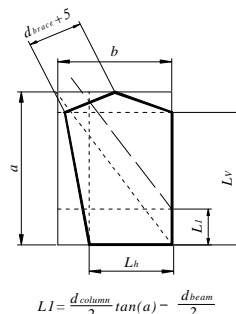
صفحه

BR4(Story11+H1-H2)

تیپ

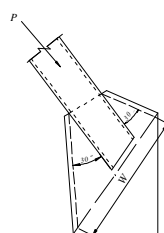
$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{29182}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 22.01 \text{ cm} < 33$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{20523}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 15.48 \text{ cm} < 21$$



$$w = 38 \quad t = 0.8$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{35676}{38.4 \times 0.8} = 1161 < 2400$$



ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
1- تنش کششی در عرض موثر وینمور (w)

$$L = 13 \quad t = 0.8 \quad r = 0.3 t = 0.24 \quad K = 1.2$$

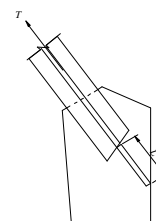
$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 12.76}{0.24} = 63.8 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.49$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1271$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{35676}{38 \times 0.8} = 1161 < 1.7 F_a = 2160$$

2- کماتش ورق اتصال در فشار



$$(ab+cd) = 40.36 \quad bc = 8 \quad t = 0.8$$

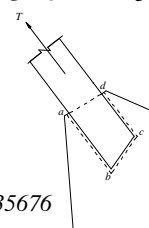
$$A_v = (ab+cd) t = 32.29 \quad A_t = (bc) t = 6.4$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (32.29 \times 1110 + 6.4 \times 1850) = 72763.63 > 35676$$

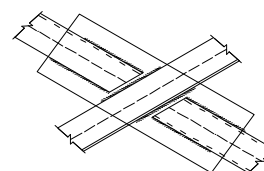
3- برش قالبی در کشش

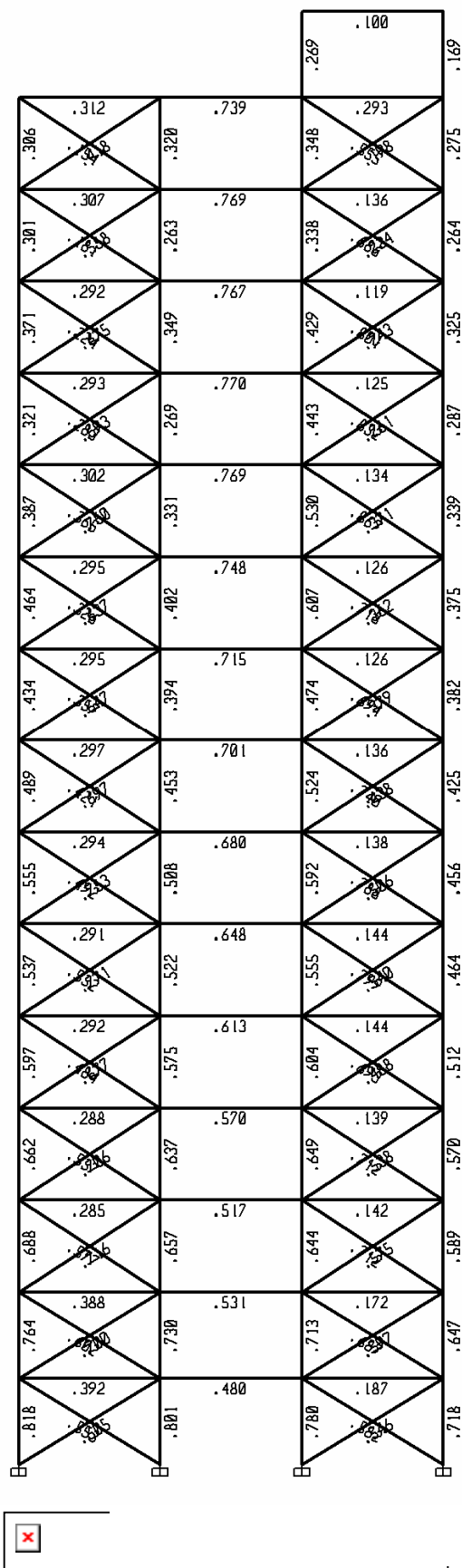
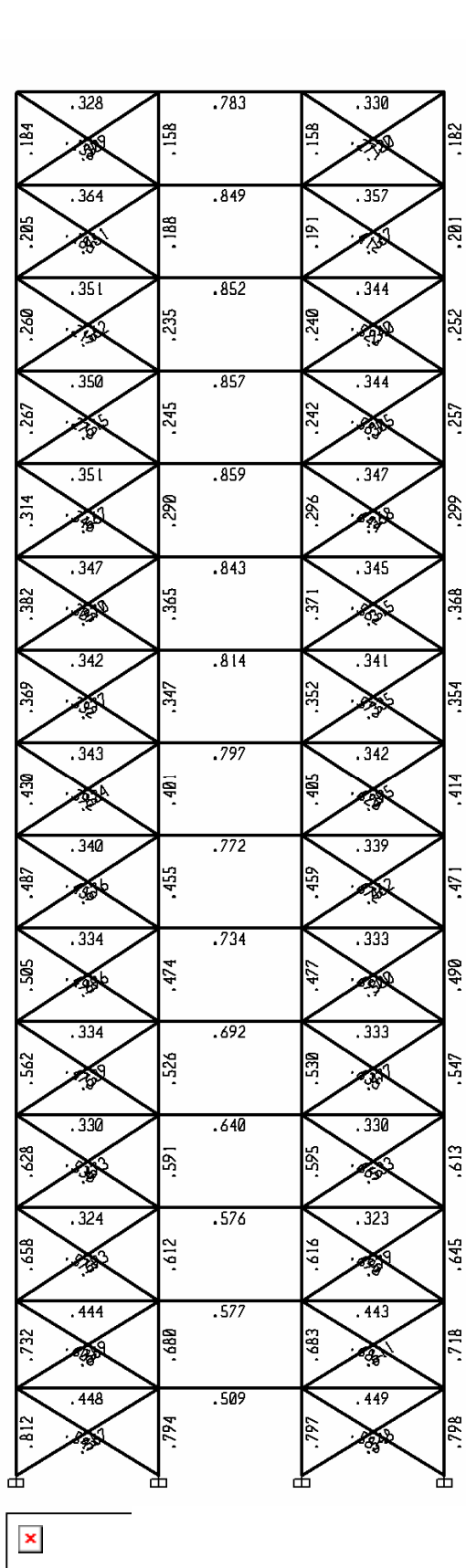


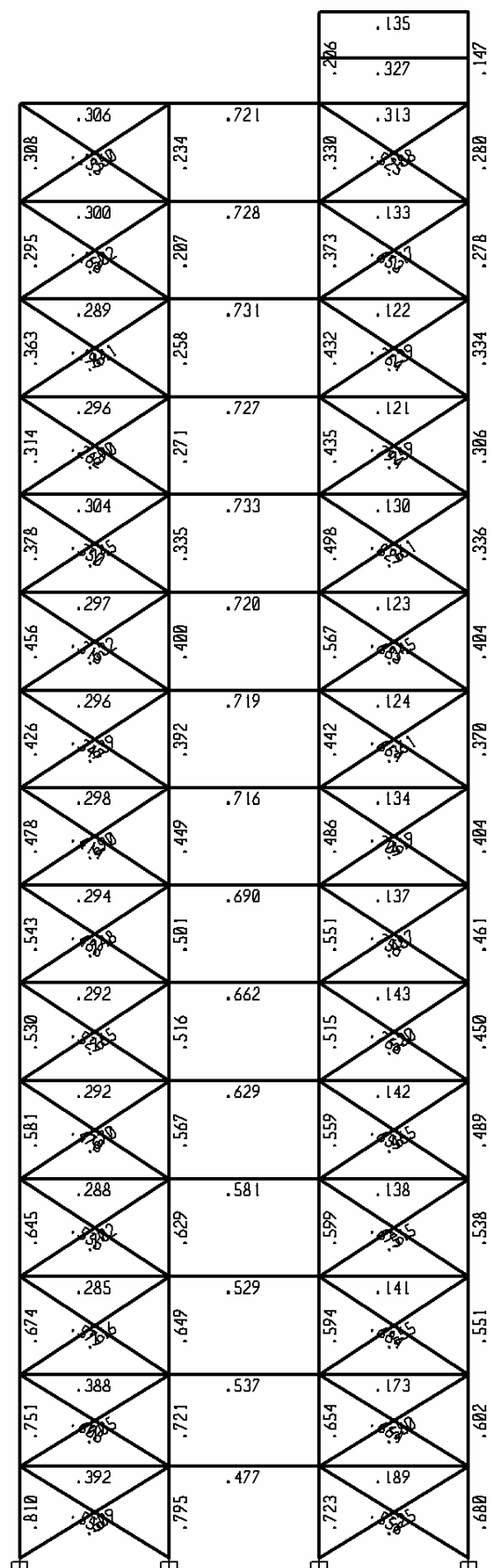
طراحی ورق اتصال میانی مهاربند

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{35676}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.4} = 20 \text{ cm}$$

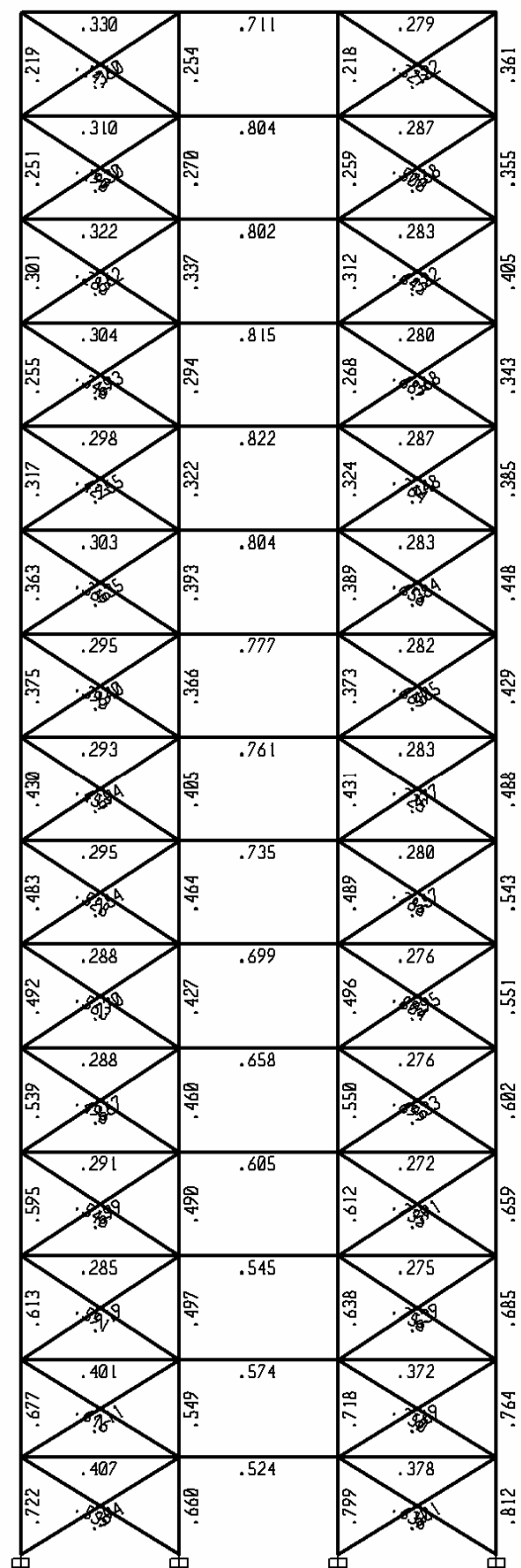
استفاده کنیم 65 × 25 برای تامین این فاصله باید از پلیت







ETABS v8.11  
Elevation View - F Steel P-M Interaction Ratios



ETABS v8.11  
Elevation View - H Steel P-M Interaction Ratios

**7- کنترل ضوابط آیین نامه 2800 در مورد قاب خمشی در سیستم دوگانه**

طبق بند 1-7-4 آیین نامه 2800 قاب خمشی باید حداقل 25 درصد برش پایه ساختمان را مستقلاً تحمل کند . برای این کار ابتدا مهاربندها را حذف کرده و مقدار نیروی جانبی را در ضریب  $0/25$  ضرب نموده و نسبت تنش اعضاء را کنترل می نماییم .

**جدول 7-1: نیروی زلزله در جهت y**

| STORY   | Vy    |
|---------|-------|
| STORY15 | 12.52 |
| STORY14 | 6.13  |
| STORY13 | 5.81  |
| STORY12 | 4.08  |
| STORY11 | 2.72  |
| STORY10 | 1.98  |
| STORY9  | 2.00  |
| STORY8  | 2.50  |
| STORY7  | 3.12  |
| STORY6  | 3.55  |
| STORY5  | 3.57  |
| STORY4  | 3.20  |
| STORY3  | 2.50  |
| STORY2  | 1.63  |
| STORY1  | 0.70  |

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .634 | .454 | .587 | .524 | .620 | .473 | .647 | .653 | .434 | .400 | .539 | .494 | .439 | .599 | .476 | .415 | .374 | .379 | .339 | .320 |
| .885 | .784 | .869 | .788 | .715 | .652 | .987 | .980 | .951 | .800 | .800 | .727 | .646 | .955 | .923 | .916 | .512 | .487 | .404 | .420 |
| .888 | .455 | .890 | .809 | .736 | .670 | .652 | .659 | .644 | .625 | .825 | .752 | .662 | .608 | .592 | .586 | .517 | .491 | .410 | .419 |
| .617 |      | .601 | .534 | .482 | .441 | .407 | .550 | .508 | .452 | .490 | .428 | .387 | .390 | .341 | .319 |      |      |      |      |

نسبت تنش - محور A (25 % نیروی زلزله جهت y)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .650 | .566 | .540 | .463 | .442 | .411 | .375 | .417 | .358 | .317 | .349 | .304 | .254 | .259 | .209 | .206 |
| .787 | .562 | .668 | .600 | .603 | .553 | .505 | .520 | .454 | .400 | .420 | .336 | .272 | .258 | .208 | .158 |
| .773 | .567 | .659 | .600 | .606 | .556 | .508 | .527 | .457 | .404 | .431 | .347 | .284 | .267 | .221 | .169 |
| .610 |      | .510 | .440 | .421 | .393 | .360 | .400 | .345 | .305 | .342 | .296 | .245 | .247 | .203 | .196 |

نسبت تنش - محور B (25 % نیروی زلزله جهت y)

|   |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
|   | .322 | .380 | .334 | .460 |
|   | .488 | .420 | .508 | .444 |
|   | .499 | .456 | .517 | .531 |
|   | .553 | .496 | .572 | .509 |
|   | .588 | .527 | .607 | .565 |
|   | .592 | .542 | .611 | .642 |
|   | .610 | .560 | .627 | .606 |
|   | .628 | .583 | .644 | .646 |
|   | .629 | .596 | .643 | .674 |
|   | .650 | .623 | .663 | .514 |
|   | .666 | .646 | .678 | .535 |
|   | .661 | .651 | .671 | .570 |
|   | .641 | .639 | .648 | .616 |
|   | .677 | .665 | .681 | .678 |
|   | .565 | .567 | .564 | .677 |
| □ | .677 | .881 | .873 | .673 |

|   |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|
|   | .310 | .487 | .373 | .151 | .213 |
|   | .344 | .365 | .395 | .211 | .333 |
|   | .454 | .468 | .394 | .393 | .277 |
|   | .475 | .506 | .416 | .500 | .311 |
|   | .527 | .537 | .460 | .521 | .268 |
|   | .556 | .554 | .477 | .621 | .304 |
|   | .569 | .565 | .479 | .709 | .331 |
|   | .578 | .563 | .482 | .549 | .333 |
|   | .589 | .576 | .492 | .605 | .365 |
|   | .600 | .595 | .498 | .677 | .389 |
|   | .606 | .603 | .501 | .634 | .389 |
|   | .612 | .618 | .502 | .690 | .430 |
|   | .610 | .623 | .495 | .741 | .462 |
|   | .588 | .610 | .467 | .732 | .444 |
|   | .615 | .631 | .433 | .803 | .494 |
|   | .502 | .538 | .316 | .866 | .664 |
| □ | .704 | .845 | .866 | .664 | .664 |

نسبت تنش - محور C (25 % نیروی زلزله جهت y)

نسبت تنش - محور D (25 % نیروی زلزله جهت y)



|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .690 | .625 | .608 | .578 | .535 | .502 | .461 | .504 | .442 | .397 | .570 | .561 | .355 | .323 | .382 | .301 | .340 | .304 |
| .836 | .779 | .635 | .618 | .700 | .643 | .584 | .582 | .525 | .459 | .575 | .542 | .390 | .316 | .298 | .225 | .264 | .444 |
| .782 | .717 | .425 | .456 | .668 | .625 | .576 | .618 | .549 | .501 | .469 | .465 | .590 | .512 | .503 | .409 | .380 | .348 |
| .607 | .490 | .446 | .448 | .415 | .380 | .416 | .357 | .349 | .395 | .329 | .290 | .348 | .282 | .328 | .196 | .343 | .111 |

نسبت تنش - محور F ( 25 % نیروی زلزله جهت y)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .645 | .623 | .599 | .572 | .530 | .500 | .592 | .577 | .636 | .618 | .583 | .621 | .551 | .515 | .514 | .432 | .414 | .426 |
| .835 | .770 | .709 | .666 | .630 | .605 | .624 | .602 | .753 | .703 | .647 | .684 | .586 | .514 | .494 | .447 | .405 | .348 |
| .836 | .775 | .719 | .680 | .606 | .622 | .612 | .598 | .767 | .700 | .631 | .660 | .566 | .484 | .466 | .466 | .380 | .319 |
| .643 | .618 | .563 | .528 | .488 | .488 | .472 | .618 | .598 | .598 | .559 | .598 | .533 | .496 | .494 | .413 | .403 | .403 |

نسبت تنش - محور G ( 25 % نیروی زلزله جهت y)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .603 | .521 | .450 | .431 | .394 | .354 | .386 | .332 | .289 | .319 | .276 | .243 | .286 | .255 | .253 |
| .508 | .594 | .560 | .576 | .574 | .564 | .555 | .542 | .528 | .516 | .503 | .471 | .418 | .388 | .265 |
| .676 | .563 | .509 | .512 | .483 | .450 | .492 | .434 | .394 | .426 | .350 | .319 | .342 | .288 | .407 |
| .818 | .742 | .663 | .648 | .599 | .544 | .545 | .497 | .434 | .454 | .379 | .313 | .365 | .301 | .332 |
| .492 | .603 | .580 | .604 | .606 | .602 | .599 | .589 | .581 | .577 | .565 | .539 | .494 | .458 | .326 |
| .571 | .661 | .612 | .632 | .630 | .623 | .618 | .604 | .593 | .586 | .570 | .547 | .510 | .469 | .407 |
| .650 | .589 | .526 | .513 | .487 | .450 | .467 | .432 | .390 | .425 | .363 | .336 | .405 | .361 | .387 |

نسبت تنش - محور H ( 25 % نیروی زلزله جهت y)

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| .744 | .749 | .649 | .584 | .537 | .501 | .665 | .627 | .570 | .591 | .551 | .491 | .494 | .490 | .545 |
| .446 | .548 | .457 | .469 | .462 | .446 | .421 | .406 | .389 | .371 | .355 | .329 | .285 | .245 | .177 |
| .702 | .745 | .659 | .573 | .538 | .491 | .658 | .612 | .543 | .580 | .531 | .453 | .448 | .417 | .423 |

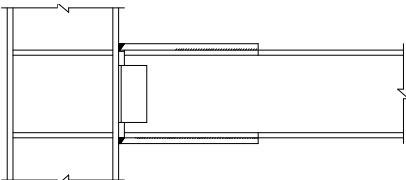
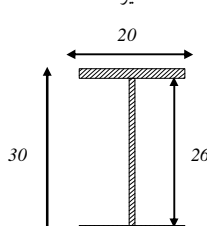
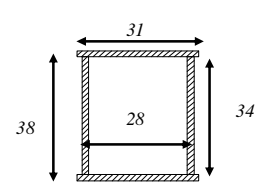
نسبت تنش - محور K (25 % نیروی زلزله جهت y)



## 8- طراحی اتصال گیر دار تیر به ستون

|         |       |                        |       |                                 |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیر دار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                 |
| 1/3     | صفحه  | Z1                     | تیپ   |                                 |

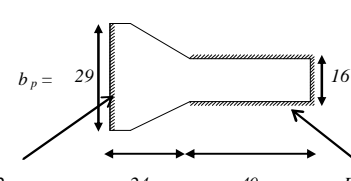
  

|   |   |
|---|---|
| نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون   |   |
|  <p>تیر</p>  <p>ستون</p>  | <p>تیر</p> <p>ستون</p>  |
| $B_1 = 30 \times 20$<br>$I_3 = 17171$<br>$h = 26$<br>$t_f = 2.0$<br>$z = 1289$  | $C_5 = 38 \times 28$<br>$A = 248$<br>$A_{vx} = 152$<br>$A_{vy} = 112$<br>$S_x = 2601$<br>$S_y = 2168$<br>$t_f = 2$<br>$t_w = 2$<br>$r_x = 14.12$<br>$r_y = 11.06$<br>$z = 3172$ |

|   |  |
|---|--|
| تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون   |  |
| $P_{bf} = A_{fb} F_y = 40 \times 2400 = 96 \text{ ton}$<br>$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 30.94}{4.55} = 16.1 \text{ ton}$<br>$M_{ps} = z F_y = 1289 \times 2400 = 30.94 \text{ ton.m}$ |  |

|  |   |
|--|---|
| طراحی ورق فوقانی   |   |
| $F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$<br>$P_{bf} = 96 \text{ ton}$<br>$D = 1.6$<br>$R_w = 650 D = 1040$<br>$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$ | <p>تنش مجاز جوش شیار</p> $t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{31320} = 3.065 \Rightarrow t_p = 3.2$<br><p>تنش مجاز جوش گوشه</p>  <p><math>b_p = 29</math><br/> <math>D = 3.2</math><br/> <math>D = 1.6</math></p> |



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | Z1                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی ورق تحتانی

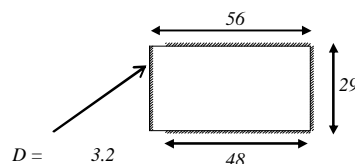
$$b_p = 29$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{96000}{31320} = 3.065 \Rightarrow t_p = 3.2$$

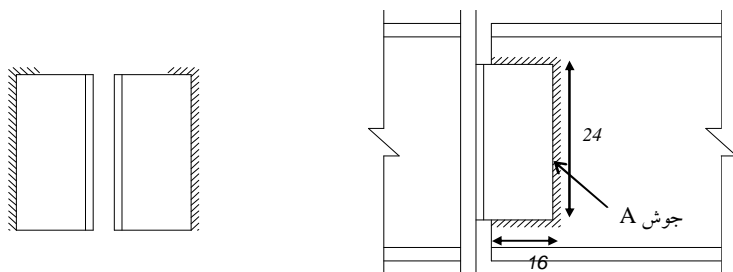
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{96000}{1040} = 92.31$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.8        | 18       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{16098}{2 \times 18 \times 960} = 0.466$$

کنترل جوش A

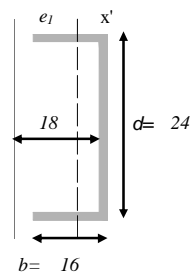
$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 8491 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 4.571 \quad e_l = 18 - x' = 13.43$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 16 + 24) \times 2} = 0.009 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{13.43 P \times (16.0 - 4.57)}{2 \times 8491} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{13.43 P \times 12}{2 \times 8491} = 0.009 P$$



$$f_r = P \sqrt{(0.009 + 0.009)^2 + 0.009^2} = 0.020 P$$

$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.020 P = 520 \Rightarrow P = 25.59 \text{ ton} > 16.1$$

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{16098}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 13.43^2} = 908.6$$

کنترل جوش B

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 908.6 \Rightarrow D = 1.40$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | ZI                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 93 \times 2400 \times 10 = 222.7 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{222720}{2(3.2 + 5 \times 2.0)2400} = 3.52 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{222720 \times 38}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.855$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم

$$t_{wc} = 2 < 3.52$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{222720 - 2400 \times 2 (2.0 + 5 \times 2)}{2400} = 68.8 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 31 \Rightarrow t_s = 2.4$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$$

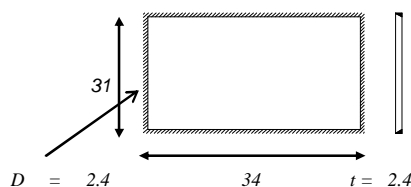
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{31}{2.4} = 12.92 < 16.2$$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 222720}{2400}} = 5.17$$

$$t_{fc} = 2 < 5.17$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 3093600}{30} = 150 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_c^2}{d_b d_c t} \right] = 177 \text{ ton}$$

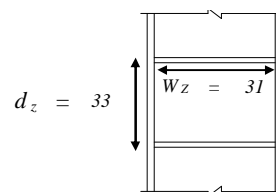
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 4 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{33 + 31}{90} = 0.713$$

آیین نامه 2800

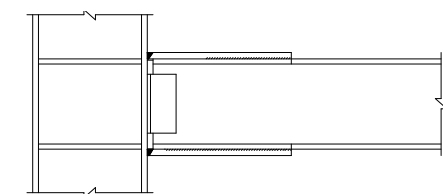




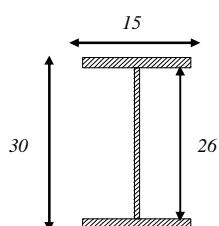
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



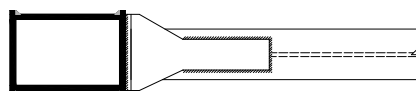
$$B_2 = 30 \times 15$$

$$I_3 = 13245 \quad S_3 = 883 \quad A_v = 30$$

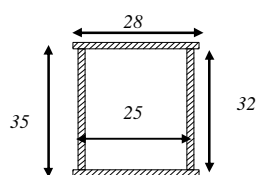
$$h = 26 \quad d = 30 \quad b = 15.0$$

$$t_f = 2.0 \quad t_w = 1.0 \quad L = 455$$

$$z = 1009$$



ستون



$$C_6 = 35 \times 25$$

$$A = 171 \quad S_x = 1671 \quad r_x = 13.07$$

$$A_{vx} = 105 \quad S_y = 1374 \quad r_y = 10.02$$

$$A_{vy} = 75 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$$

$$z = 2024$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 30 \times 2400 = 72 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 24.22}{4.55} = 13.14 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 1009 \times 2400 = 24.22 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6 F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 72 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{72000}{28080} = 2.564 \Rightarrow t_p = 2.6$$

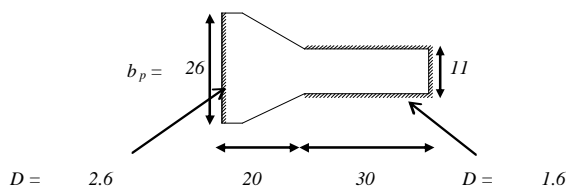
$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{72000}{1040} = 69.23$$

تنش مجاز جوش شیار

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 2/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |                                |

طراحی ورق تحتانی

$$b_p = 26$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{72000}{28080} = 2.564 \Rightarrow t_p = 2.6$$
  

$$D = 1.6$$

$$R_w = 650 D = 1040$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{72000}{1040} = 69.23$$

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{13144}{2 \times 18 \times 960} = 0.38$$
  

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 8491 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 4.571 \quad e_l = 18 - x' = 13.43$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 16 + 24) \times 2} = 0.009 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{13.43 P \times (16.0 - 4.57)}{2 \times 8491} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{13.43 P \times 12}{2 \times 8491} = 0.009 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.009 + 0.009)^2 + 0.009^2} = 0.020 P$$

$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.020 P = 520 \Rightarrow P = 25.59 \text{ ton} > 13.14$$
  

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{13144}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 13.43^2} = 741.9$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 741.9 \Rightarrow D = 1.20$$

طراحی نبشی جان

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.8        | 18       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

کنترل جوش A

کنترل جوش B



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z2                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 68 \times 2400 \times 10 = 162.2 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{162240}{2(2.6 + 5 \times 1.5)2400} = 3.35 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{162240 \times 35}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.749$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کماتش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 3.35$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{162240 - 2400 \times 1.5 (2.0 + 5 \times 2)}{2400} = 53.35 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 25 \Rightarrow t_s = 2.2$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{2.0}{2} = 1$$

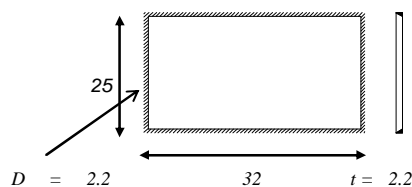
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{25}{2.2} = 11.36 < 16.2$$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 162240}{2400}} = 4.412$$

$$t_{fc} = 1.5 < 4.412$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 2421600}{30} = 117.4 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right] = 121 \text{ ton}$$

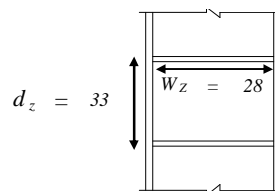
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 3 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{33 + 28}{90} = 0.673$$

آیین نامه 2800



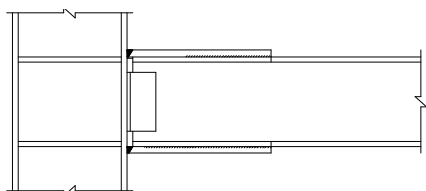




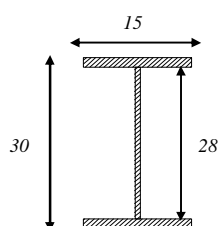
|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر



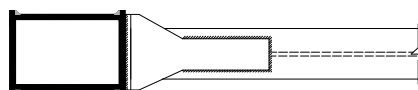
$$B_3 = 30 \times 15$$

$$I_3 = 8870 \quad S_3 = 591 \quad A_v = 24$$

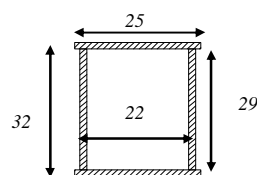
$$h = 27.6 \quad d = 30 \quad b = 15.0$$

$$t_f = 1.2 \quad t_w = 0.8 \quad L = 455$$

$$z = 670$$



ستون



$$C_7 = 32 \times 22$$

$$A = 153 \quad S_x = 1341 \quad r_x = 11.84$$

$$A_{vx} = 105 \quad S_y = 1074 \quad r_y = 8.78$$

$$A_{vy} = 75 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$$

$$z = 1637$$

تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون

$$P_{bf} = A_{fb} F_y = 18 \times 2400 = 43 \text{ ton}$$

$$V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 16.08}{4.55} = 9.568 \text{ ton}$$

$$M_{ps} = z F_y = 670 \times 2400 = 16.08 \text{ ton.m}$$

طراحی ورق فوقانی

$$F_w = 0.75(0.6F_y) = 1080$$

$$P_{bf} = 43 \text{ ton}$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{43200}{24840} = 1.739 \Rightarrow t_p = 1.8$$

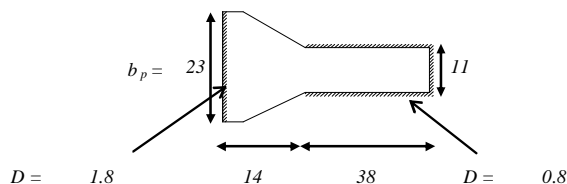
$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{43200}{520} = 83.08$$

تنش مجاز جوش شیاری

تنش مجاز جوش گوشه





|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 2/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |                                |

طراحی ورق تحتانی

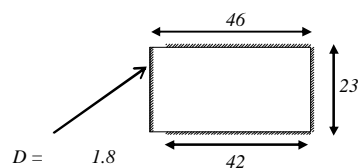
$$b_p = 23$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{43200}{24840} = 1.739 \Rightarrow t_p = 1.8$$

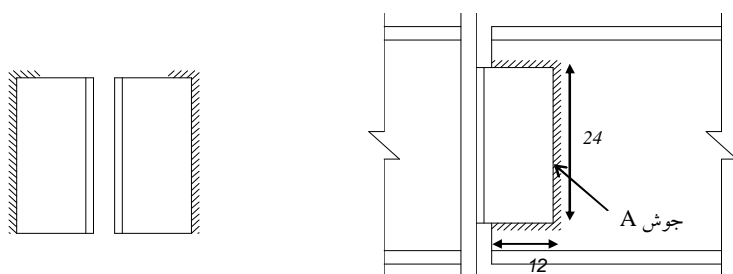
$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{43200}{520} = 83.08$$



طراحی نبشی جان



| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.4        | 14       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{9568}{2 \times 14 \times 960} = 0.356$$

کنترل جوش A

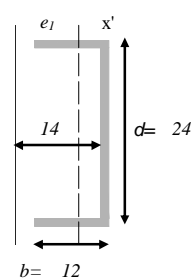
$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 5760 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 3 \quad e_l = 14 - x' = 11.00$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 12 + 24) \times 2} = 0.01 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times (12.0 - 3.00)}{2 \times 5760} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{11.00 P \times 12}{2 \times 5760} = 0.011 P$$



$$f_r = P \sqrt{(0.01 + 0.009)^2 + 0.011^2} = 0.022 P$$

$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.022 P = 390 \Rightarrow P = 17.57 \text{ ton} > 9.568$$

کنترل جوش B

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{9568}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 11.00^2} = 456.9$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 456.9 \Rightarrow D = 0.80$$



|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 3/3     | صفحه  | Z3                     | تیپ   |                                |

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 41 \times 2400 \times 10 = 99.36 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{99360}{2(1.8 + 5 \times 1.5)2400} = 2.23 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{99360 \times 32}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.617$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کمانش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 2.23$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{99360 - 2400 \times 1.5 (1.2 + 5 \times 2)}{2400} = 28.35 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 25 \Rightarrow t_s = 1.6$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{1.2}{2} = 0.6$$

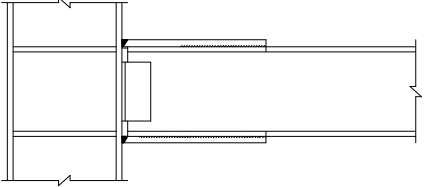
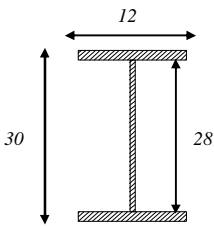
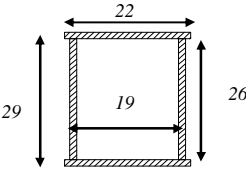
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{25}{1.6} = 15.63 < 16.2$$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی



|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
|         |       | Z4                     | تیپ   |                                |

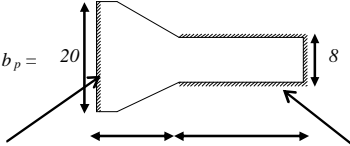
  

|   |  |
|---|--|
| نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون   |  |
|  <p>تیر</p>  <p>ستون</p>  | <p>تیر</p> $B_3 = 30 \times 12$ $I_3 = 7377 \quad S_3 = 491 \quad A_v = 24$ $h = 27.6 \quad d = 30 \quad b = 15.0$ $t_f = 1.2 \quad t_w = 0.8 \quad L = 455$ $z = 567$ |
| <p>ستون</p> $C_8 = 29 \times 19$ $A = 135 \quad S_x = 1046 \quad r_x = 10.60$ $A_{vx} = 87 \quad S_y = 810 \quad r_y = 7.55$ $A_{vy} = 57 \quad t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$ $z = 1290$   |  |

|   |  |
|---|--|
| تعیین نیروی طراحی اتصال تیر به ستون   |  |
| $P_{bf} = A_{fb} F_y = 14.4 \times 2400 = 35 \text{ ton}$ $V = V_{D+L} + \frac{2 M_{ps}}{L} = 2.5 + \frac{2 \times 13.61}{4.55} = 8.482 \text{ ton}$ $M_{ps} = z F_y = 567 \times 2400 = 13.61 \text{ ton.m}$ |  |

|  |  |
|--|--|
| طراحی ورق فوقانی   |  |
| $F_w = 0.75 (0.6 F_y) = 1080$ $P_{bf} = 35 \text{ ton}$ $D = 0.8$ $R_w = 650 D = 520$ $L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{34560}{520} = 66.46$ | <p>تنش مجاز جوش شیاری</p> $t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{34560}{21600} = 1.6 \Rightarrow t_p = 1.6$ <p>تنش مجاز جوش گوشه</p>  <p><math>D = 1.6</math>      <math>D = 0.8</math></p> |



|         |       |                        |       |                                |
|---------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال گیردار تیر به ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                |
| 2/3     | صفحه  | Z4                     | تیپ   |                                |

طراحی ورق تحتانی

$$b_p = 20$$

$$t_p = \frac{P_{bf}}{b_p F_w} = \frac{34560}{21600} = 1.6 \Rightarrow t_p = 1.6$$
  

$$D = 0.8$$

$$R_w = 650 D = 520$$

$$L_w = \frac{P_{bf}}{R_w} = \frac{34560}{520} = 66.46$$

طراحی نبشی جان

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{8482}{2 \times 12 \times 960} = 0.368$$
  

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 4699 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.273 \quad e_l = 12 - x' = 9.73$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 24) \times 2} = 0.011 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_l x)}{2 I_p} = \frac{9.73 P \times (10.0 - 2.27)}{2 \times 4699} = 0.008 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_l y)}{2 I_p} = \frac{9.73 P \times 12}{2 \times 4699} = 0.012 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.011 + 0.008)^2 + 0.012^2} = 0.023 P$$

$$D = 0.6$$

$$R_w = 650 D = 390 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.023 P = 390 \Rightarrow P = 16.95 \text{ ton} > 8.482$$
  

$$f_r = \frac{P}{2 L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_l^2} = \frac{8482}{2 \times 24^2} \sqrt{24^2 + 20.25 \times 9.73^2} = 367.5$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 D = 367.5 \Rightarrow D = 0.60$$

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 24       |

کنترل ضخامت نبشی

کنترل جوش A



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/17 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/3     | صفحه  | Z4                     | تیپ   |

طراحی اتصال گیردار تیر به ستون

طراحی سخت کننده در ناحیه فشاری

$$P_{bf} = A_f F_y = 32 \times 2400 \times 10 = 76.8 \text{ ton}$$

$$t > \frac{P_{bf}}{2(t_b + 5k)F_y} = \frac{76800}{2(1.6 + 5 \times 1.5)2400} = 1.76 \text{ cm}$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از لهیدگی

$$t > \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{P_{bf} d_c}{34500 \sqrt{F_{yc}}}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{76800 \times 29}{34500 \sqrt{2400}}} = 0.548$$

ضخامت لازم جان ستون برای جلوگیری از کماتش قائم

$$t_{wc} = 1.5 < 1.76$$

احتیاج به ورق سخت کننده است

$$A_s = \frac{P_{bf} - F_y t_{wc} (t_b + 5k)}{F_y} = \frac{76800 - 2400 \times 1.5 (1.2 + 5 \times 2)}{2400} = 18.95 \text{ cm}^2$$

$$b_s = 22 \Rightarrow t_s = 1.6$$

$$t_s \geq \frac{t_b}{2} = \frac{1.2}{2} = 0.6$$

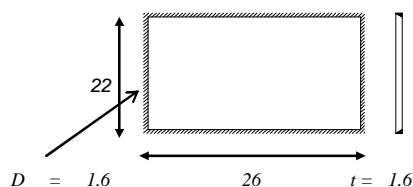
$$\frac{b_s}{t_s} < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2 \quad \frac{b_s}{t_s} = \frac{22}{1.6} = 13.75 < 16.2$$

طراحی سخت کننده در ناحیه کششی

$$t_{fc} \geq 0.4 \sqrt{\frac{1.8 F_{bf}}{F_y}} = 0.4 \sqrt{\frac{1.8 \times 76800}{2400}} = 3.036$$

$$t_{fc} = 1.5 < 3.036$$

احتیاج به سخت کننده می باشد بنابراین از سخت کننده ای همانند ناحیه فشاری استفاده می کنیم



کنترل چشمه اتصال

طبق بند 7-1 آیین نامه 2800 اتصال تیر به ستون باید قادر به تامین مقاومتی برابر زیر باشد

$$V_d = \frac{0.8 \sum M_{ps}}{d_b} = \frac{0.8 \times 2 \times 1360800}{30} = 65.98 \text{ ton}$$

$$V = 0.55 F_y d_c t \left[ 1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right] = 92 \text{ ton}$$

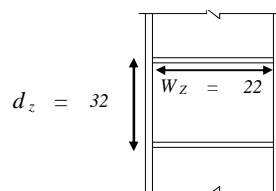
مقاومت برشی چشمه اتصال

$$V > V_d$$

نیازی به استفاده از ورق مضاعف نمی باشد

$$t_{wc} = 3 \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} = \frac{32 + 22}{90} = 0.596$$

آیین نامه 2800





## 9- طراحی صفحه ستون

صفحه ستون ها در 4 تیپ BS1, BS2, BS3, BS4 طراحی شده اند .

| تاریخ   | طراحی | پروژه                  | طراحی صفحه ستون |
|---------|-------|------------------------|-----------------|
| 83/7/14 | کنترل | طراحی ساختمانهای مقاوم |                 |
| 1/3     | صفحه  | مسعود حسن زاده         |                 |
|         |       | BS1                    |                 |
|         |       | تیپ                    |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 344 = 495.36 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 4986 = 71.80 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 4391 = 63.23 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 71.8 / 3 = 23.93 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 63.23 / 3 = 21.08 \text{ ton}$$

$C_1 = 50 \times 40$   
 $A = 344 \quad S_x = 4986$   
 $A_{vx} = 200 \quad S_y = 4391$   
 $A_{vy} = 160$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{7180}{495} = 14.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{6323}{495} = 12.76 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 14.49}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 90 \Rightarrow e = 14.49 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 73.62 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495360}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 14.49}{90} \right) = 120 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{495360}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 12.76}{90} \right) = 113 \leq F_p = 147$$
  

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.22 \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{22}{18} = 1.22$$
  

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.22 \Rightarrow \begin{matrix} a_1 = 0.064 \\ a_2 = 0.050 \end{matrix}$$
  

$$M_{2a} = a_1 f_{pmax} b^2 = 0.064 \times 120 \times 18^2 = 2498 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = a_2 f_{pmax} b^2 = 0.050 \times 120 \times 18^2 = 1935 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2498 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2498}{0.75 \times 2400}} = 3$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/3     | صفحه  | BSI                    | تیپ   |                 |

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{247680}{650 \times 0.8} = 476.3$$

تعداد کل سخت کننده  $n = 12$

ارتفاع اولیه سخت کننده ها  $= \frac{476}{2 \times 12} = 19.85$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی.

A-A برش طراحی سخت کننده در مقطع  $V = B a_2 f_{pmax} = 90 \times 22 \times 120 = 238.1 \text{ ton}$

A-A لنگر طراحی سخت کننده در مقطع  $M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{90 \times 22^2 \times 120}{2} = 26.2 \text{ ton.m}$

A-A تعداد سخت کننده ها در مقطع  $n_A = 5$

A-A ضخامت سخت کننده ها در مقطع  $t_s = 1.0$

$$y' = \frac{5 \times 50 \times 1.01 \times 28 + 90 \times 3.00 \times 1.50}{90 \times 3 + 5 \times 50 \times 1.01} = 14.31 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 3.00 \times \frac{50^3}{12} + 5 \times 50 \times 1 \times (28 - 14.31)^2$$

$$+ \frac{90 \times 3^3}{12} + 90 \times 3 \times (14.31 - 1.5)^2 = 248081 \text{ cm}^4$$

$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{248081}{14.31} = 17341 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{248081}{38.69} = 6411 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 6411$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{238093}{5 \times 50 \times 1} = 943 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2619021}{6411} = 408 < 0.6 F_y = 1440$$

A-A برش

طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$L_s$  (طول کل سخت کننده ها)  $= 544 \text{ cm}$

نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها  $= \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{23933}{544} = 43.99$

نیروی برشی خارجی هر سخت کننده  $= 22 \times 43.99 = 967.9 \text{ kg}$

$Q = A y' = 50.5 \times 14.31 = 722.5$

A-A جریان برش در مقطع  $q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{238093 \times 722.5}{248081} = 693.4$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BSI                    | تیپ   |                 |

جریان برش در هر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 693.4}{2} \times 22 = 7627 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 967.9 + 7627 = 8595 \text{ kg}$

$L_w = 22 \times 2 = 44 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 8595 \Rightarrow a_w \geq \frac{8595}{650 \times 44} = 0.301$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 23.93 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{23933}{0.17 \times 3700} = 38.05 \Rightarrow \text{Use } 12 \text{ T } 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                      |       |                 |
|---------|-------|----------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانی مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده       | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS2                  | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

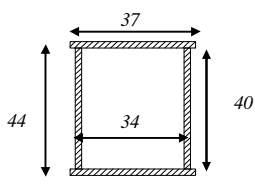
$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 296 = 426.24 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 3698 = 53.25 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 3183 = 45.84 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 53.25 / 3 = 17.75 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 45.84 / 3 = 15.28 \text{ ton}$$



$C_3 = 44 \times 34$   
 $A = 296$   
 $A_{vx} = 170$   
 $A_{vy} = 134$   
 $t_f = 2$   
 $t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{5325}{426} = 12.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{4584}{426} = 10.75 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{426}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 12.49}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 80 \Rightarrow e = 12.49 < \frac{B}{6} = \frac{80}{6} = 13.33 \Rightarrow D = 70.21 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{426240}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 12.49}{80} \right) = 129 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{426240}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 10.75}{80} \right) = 120 \leq F_p = 147$$
  

$$\left. \begin{matrix} a_2 = 21 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{21}{19} = 1.11$$
  

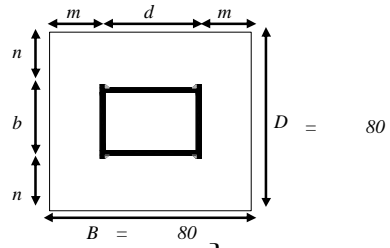
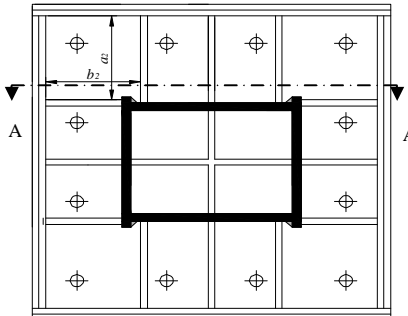
$$\frac{a_2}{b_2} = 1.11 \Rightarrow \begin{matrix} a_1 = 0.056 \\ a_2 = 0.049 \end{matrix}$$
  

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.056 \times 129 \times 19^2 = 2624 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 129 \times 19^2 = 2288 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2624 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2624}{0.75 \times 2400}} = 3$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{213120}{650 \times 0.8} = 409.8$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{410}{2 \times 12} = 17.08$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 80 \times 21 \times 129 = 216.7 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{80 \times 21 \times 129}{2} = 22.8 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 45 \times 1.01 \times 25.5 + 80 \times 3.00 \times 1.50}{80 \times 3 + 5 \times 45 \times 1.01} = 13.17 \text{ cm}$$

$$I_{NA} = 5 \times 3.00 \times \frac{45^3}{12} + 5 \times 45 \times 1 \times (25.5 - 13.17)^2$$

$$+ \frac{80 \times 3^3}{12} + 80 \times 3 \times (13.17 - 1.5)^2 = 181320 \text{ cm}^4$$

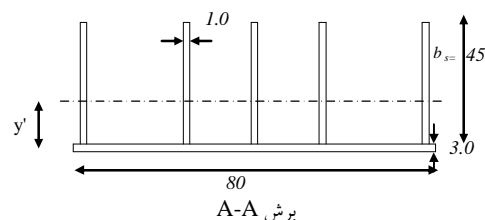
$$S_b = \frac{I_{NA}}{y'} = \frac{181320}{13.17} = 13765 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{NA}}{b_s + t_p - y'} = \frac{181320}{34.83} = 5206 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 5206$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{216726}{5 \times 45 \times 1} = 954 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2275626}{5206} = 437 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 544 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{17750}{544} = 32.63$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 21 \times 32.63 = 685.2 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 45.45 \times 13.17 = 598.7$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{NA}} = \frac{216726 \times 598.7}{181320} = 715.6$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 715.6}{2} \times 21 = 7514 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 685.2 + 7514 = 8199 \text{ kg}$

$L_w = 21 \times 2 = 42 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 8199 \Rightarrow a_w \geq \frac{8199}{650 \times 42} = 0.3$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 17.75 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{17750}{0.17 \times 3700} = 28.22 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \quad (A_v = 37.7)$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/18 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | شرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

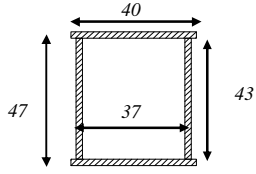
$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 320 = 460.8 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 4318 = 62.18 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 3763 = 54.19 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 62.18 / 3 = 20.73 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 54.19 / 3 = 18.06 \text{ ton}$$



$C_2 = 47 \times 37$   
 $A = 320 \quad S_x = 4318$   
 $A_{vx} = 188 \quad S_y = 3763$   
 $A_{vy} = 148$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{6218}{461} = 13.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{5419}{461} = 11.76 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{461}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 13.49}{B} \right) \leq F_p = 147$$

$B = 90$   
 $D = 90$

if  $B = 80 \Rightarrow e = 13.49 < \frac{B}{6} = \frac{80}{6} = 13.33 \Rightarrow D = 78.84 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{460800}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 13.49}{90} \right) = 108 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{460800}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 11.76}{90} \right) = 101 \leq F_p = 147$$

$\left. \begin{matrix} a_2 = 20 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{20}{19} = 1.05$

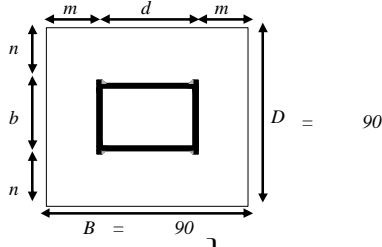
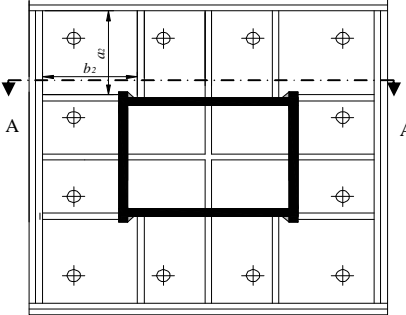
$$\frac{a_2}{b_2} = 1.05 \Rightarrow \begin{matrix} \alpha_1 = 0.053 \\ \alpha_2 = 0.049 \end{matrix}$$

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.053 \times 108 \times 19^2 = 2051 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 108 \times 19^2 = 1903 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2051 \text{ kg.cm/cm}$$

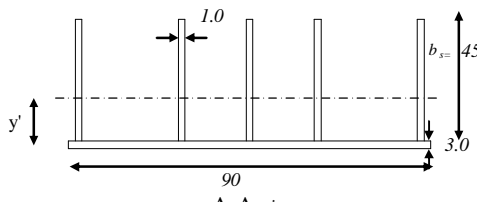
$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2051}{0.75 \times 2400}} = 3$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/18 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

|   |  |
|---|--|
| طراحی سخت کننده ها  |  |
| تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون  |  |
| $650 a_w L_w > 0.5 P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{230400}{650 \times 0.8} = 443.1$   |  |
| تعداد کل سخت کننده $n = 12$   |  |
| ارتفاع اولیه سخت کننده ها $= \frac{443}{2 \times 12} = 18.46$   |  |
| تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی  |  |
| <p>برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A <math>V = B a_2 f_{pmax} = 90 \times 20 \times 108 = 194.5 \text{ ton}</math></p> <p>لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A <math>M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{90 \times 20^2 \times 108}{2} = 19.5 \text{ ton.m}</math></p> <p>تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A <math>n_A = 5</math></p> <p>ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A <math>t_s = 1.0</math></p> <p><math display="block">y' = \frac{5 \times 45 \times 1.01 \times 25.5 + 90 \times 3.00 \times 1.50}{90 \times 3 + 5 \times 45 \times 1.01} = 12.47 \text{ cm}</math></p> <p><math display="block">I_{NA} = 5 \times 3.00 \times \frac{45^3}{12} + 5 \times 45 \times 1 \times (25.5 - 12.47)^2</math> <math display="block">+ \frac{90 \times 3^3}{12} + 90 \times 3 \times (12.47 - 1.5)^2 = 185184 \text{ cm}^4</math></p> <p><math display="block">S_b = \frac{I_{NA}}{y'} = \frac{185184}{12.47} = 14852 \text{ cm}^3</math></p> <p><math display="block">S_t = \frac{I_{NA}}{b_s + t_p - y'} = \frac{185184}{35.53} = 5212 \text{ cm}^3</math></p> <p><math display="block">S_{min} = \min(S_b, S_t) = 5212</math></p> <p><math display="block">f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{194517}{5 \times 45 \times 1} = 856 &lt; 0.4 F_y = 960</math></p> <p><math display="block">f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1945173}{5212} = 373 &lt; 0.6 F_y = 1440</math></p> |  |
|   |  |
| طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون   |  |
| <p><math>L_s</math> (طول کل سخت کننده ها) <math>= 544 \text{ cm}</math></p> <p>نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها <math>= \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{20726}{544} = 38.1</math></p> <p>نیروی برشی خارجی هر سخت کننده <math>= 20 \times 38.1 = 762 \text{ kg}</math></p> <p><math>Q = A y' = 45.45 \times 12.47 = 566.7</math></p> <p>جریان برش در مقطع A-A <math>q = \frac{V Q}{I_{NA}} = \frac{194517 \times 566.7}{185184} = 595.2</math></p>  |  |



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/18 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 595.2}{2} \times 20 = 5952 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 762 + 5952 = 6714 \text{ kg}$

$L_w = 20 \times 2 = 40 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 6714 \Rightarrow a_w \geq \frac{6714}{650 \times 40} = 0.258$

$V_{max} = 20.73 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{20726}{0.17 \times 3700} = 32.95 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} \\ 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی

$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 248 = 357.12 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 2601 = 37.45 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.6 F_y S_y = 0.6 \times 2400 \times 2168 = 31.22 \text{ ton.m}$$

$$V_x = M_x / h = 37.45 / 3 = 12.48 \text{ ton}$$

$$V_y = M_y / h = 31.22 / 3 = 10.41 \text{ ton}$$

$C_5 = 38 \times 28$   
 $A = 248$   
 $A_{vx} = 152$   
 $A_{vy} = 112$   
 $t_f = 2$   
 $t_w = 2$

تعیین ابعاد صفحه ستون

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{3745}{357} = 10.49 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{3122}{357} = 8.742 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{357}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 10.49}{70} \right) = 138 \leq F_p = 147$$

$$f_{py} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_y}{D} \right) = \frac{357}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 8.742}{70} \right) = 127 \leq F_p = 147$$

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.19 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{0.062}{0.050}$$

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.062 \times 138 \times 16^2 = 2193 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.050 \times 138 \times 16^2 = 1755 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2193 \text{ kg.cm/cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2193}{0.75 \times 2400}} = 3$$





|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5 P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{178560}{650 \times 0.8} = 343.4$$

$$n = 12 \quad \text{تعداد کل سخت کننده}$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{343}{2 \times 12} = 14.31$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 70 \times 19 \times 138 = 184.1 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{70 \times 19^2 \times 138}{2} = 17.5 \text{ ton.m}$$

$$n_A = 5 \quad \text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A}$$

$$t_s = 1.0 \quad \text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A}$$

$$y' = \frac{5 \times 40 \times 1.01 \times 23 + 70 \times 3.00 \times 1.50}{70 \times 3 + 5 \times 40 \times 1.01} = 12.04 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 3.00 \times \frac{40^3}{12} + 5 \times 40 \times 1 \times (23 - 12.04)^2$$

$$+ \frac{70 \times 3^3}{12} + 70 \times 3 \times (12.04 - 1.5)^2 = 127751 \text{ cm}^4$$

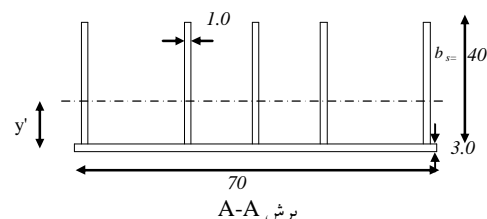
$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{127751}{12.04} = 10609 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{127751}{30.96} = 4127 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 4127$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{184071}{5 \times 40 \times 1} = 911 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1748678}{4127} = 424 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s = 544 \text{ cm} \quad (\text{طول کل سخت کننده ها})$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{12485}{544} = 22.95$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 19 \times 22.95 = 436.1 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 40.4 \times 12.04 = 486.5$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{184071 \times 486.5}{127751} = 700.9$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 700.9}{2} \times 19 = 6659 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 436.1 + 6659 = 7095 \text{ kg}$

$L_w = 19 \times 2 = 38 \text{ cm}$

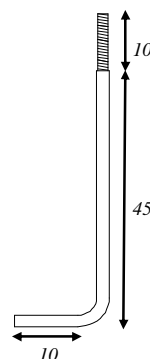
$650 a_w L_w \geq 7095 \Rightarrow a_w \geq \frac{7095}{650 \times 38} = 0.287$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 12.48 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{12485}{0.17 \times 3700} = 19.85 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$





## 10- طراحی وصله ستون

|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC1                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 7.75 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{61374}{1440} = 42.62 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{61374}{650 \times 0.80} = 118 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118 - 2 \times 30}{2} = 29.01 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 70 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 35 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 35^2}{6} = 816.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{61374}{86} + \frac{319110}{817} = 1104 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{7.75}{2} = 3.875 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{71}{2} = 35.55 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{3.2}{2} = 1.596 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 35 + 2 \times 35 = 105 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 105$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{35552}{105} = 338.6$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3875}{105} = 36.9$$
  

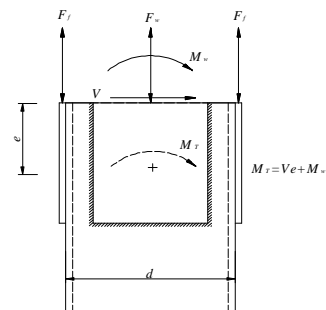
$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(35 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2 (35 + 35)^2}{35 + 2 \times 35} = 39302$$
  

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{35 + 2 \times 35} = 11.67 \quad e = 35 - 11.67 = 23.33 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 1.596 + 3.875 \times 0.233 = 2.50 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{249972 \times 23.33}{39302} = 148 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.9 + 148 = 185$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{249972 \times 17.5}{39302} = 111 \quad f_y = f'_y + f''_y = 338.6 + 111 = 450$$
  

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{185^2 + 450^2} = 486.6 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$




|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 47 \times 2 = 94$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 40^3}{12} = 21333$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت Y} \quad M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{21333}{101488} 12.39 = 2.604 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.39 - 2.604}{37} + 264.6 \times \frac{94}{320} = 77.98 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 264.6 \times \frac{66}{320} = 54.57 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.86 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{77982}{1440} = 54.15 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{77982}{650 \times 0.80} = 150 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{150 - 2 \times 35}{2} = 39.98 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{فرض} \quad \text{طول ورق} = 70 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{54568}{66} + \frac{260445}{600} = 1261 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.86}{2} = 3.43 \text{ ton}$$

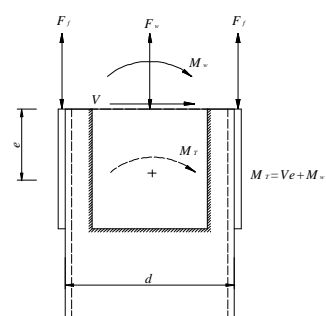
$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.28 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{12.4}{2} = 6.195 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 35 = 100 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 100$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27284}{100} = 272.8$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3430}{100} = 34.3$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 35 \quad b_l = 30$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2(30 + 35)^2}{30 + 2 \times 35} = 31577$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{30 + 2 \times 35} = 12.25 \quad e = 35 - 12.25 = 22.75 \text{ cm}$$

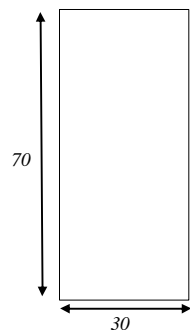
$$M_T = M_{wI} + V_e = 6.195 + 3.43 \times 0.228 = 6.98 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{697533 \times 22.75}{31577} = 503 \quad f_x = f'_x + f''_x = 34.3 + 503 = 537$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{697533 \times 15}{31577} = 331 \quad f_y = f'_y + f''_y = 272.8 + 331 = 604$$

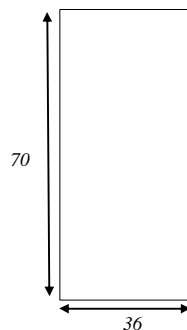
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{537^2 + 604^2} = 808.2 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.2$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



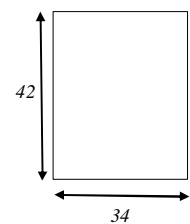
$$t = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.2 \text{ cm}$$



$$t = 2 \text{ cm}$$

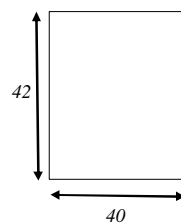
$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.0 \text{ cm}$$

جهت X



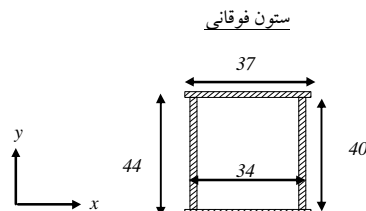
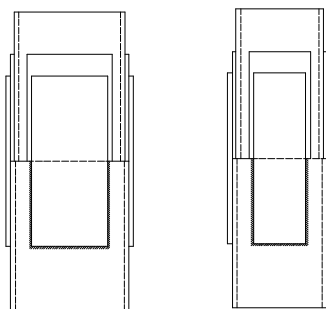
$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.6 \text{ cm}$$

جهت Y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |



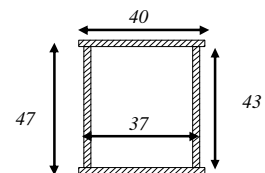
$$C_3 = 44 \times 34$$

$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$

$$A = 296 \quad I_x = 81355$$

$$I_y = 54115$$

مقاطع ستون ها  
ستون تحتانی



$$C_2 = 47 \times 37$$

$$t_f = 2 \quad t_w = 2$$

$$A = 320$$

#### تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$           | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 269.50 | 7.84            | 6.72            | 12.16           | 12.00           |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1253 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1253 \times 296 = 185444 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 370888$$

$$R = 10$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 190.41   | 73.46    | 11.36 | 176.77                                 |

$$P_{max} = 269500 = 269.5 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 34 \times 2 = 68$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 40^3}{12} = 21333$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت X} \quad M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{21333}{81355} 12.00 = 3.147 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.00 - 3.147}{44} + 269.5 \times \frac{68}{296} = 62.11 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 269.5 \times \frac{80}{296} = 72.84 \text{ ton}$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 7.84 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{62113}{1440} = 43.13 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{62113}{650 \times 0.80} = 119.4 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{119.4 - 2 \times 30}{2} = 29.72 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$\text{فرض} \quad \text{عرض ورق} = 35 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 35^2}{6} = 816.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{62113}{80} + \frac{314670}{817} = 1162 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{7.84}{2} = 3.92 \text{ ton}$$

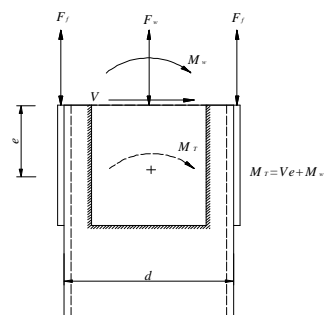
$$F_{wl} = \frac{73}{2} = 36.42 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{3.1}{2} = 1.573 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 35 + 2 \times 30 = 95 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 95$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{36419}{95} = 383.4$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3920}{95} = 41.26$$



$$d_l = 30 \quad b_l = 35 \quad I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(35 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(35 + 30)^2}{35 + 2 \times 30} = 31422$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{35 + 2 \times 30} = 9.474 \quad e = 30 - 9.474 = 20.53 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 1.573 + 3.92 \times 0.205 = 2.38 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{237798 \times 20.53}{31422} = 155 \quad f_x = f'_x + f''_x = 41.26 + 155 = 197$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{237798 \times 17.5}{31422} = 132 \quad f_y = f'_y + f''_y = 383.4 + 132 = 516$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{197^2 + 516^2} = 552 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.8$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 44 \times 2 = 88$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 37^3}{12} = 16884$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{16884}{81355} 12.16 = 2.524 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{12.16 \cdot 2.524}{34} + 269.5 \times \frac{88}{296} = 80.41 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 269.5 \times \frac{60}{296} = 54.63 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.72 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{80405}{1440} = 55.84 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{80405}{650 \times 0.80} = 154.6 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{154.6 - 2 \times 35}{2} = 42.31 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{54628}{60} + \frac{252367}{600} = 1331 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.72}{2} = 3.36 \text{ ton}$$

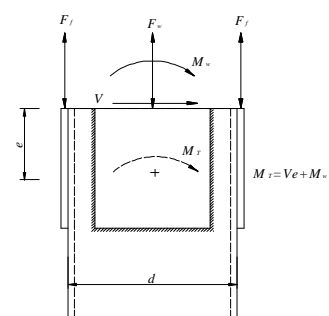
$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.31 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{12.2}{2} = 6.080 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = l \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27314}{90} = 303.5$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3360}{90} = 37.33$$







|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 30 \quad b_l = 30$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

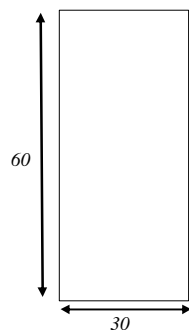
$$M_T = M_{wl} + Ve = 6.080 + 3.36 \times 0.2 = 6.75 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{675200 \times 20}{24750} = 546 \quad f_x = f'_x + f''_x = 37.33 + 546 = 583$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{675200 \times 15}{24750} = 409 \quad f_y = f'_y + f''_y = 303.5 + 409 = 713$$

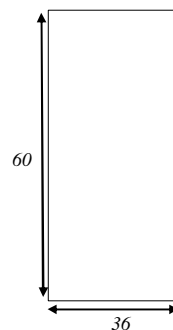
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{583^2 + 713^2} = 920.7 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.4$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



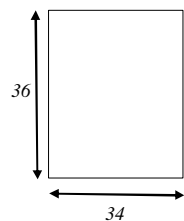
$$t = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.4 \text{ cm}$$



$$t = 2 \text{ cm}$$

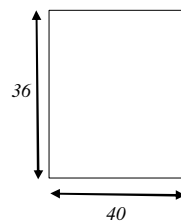
$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.2 \text{ cm}$$

جهت x



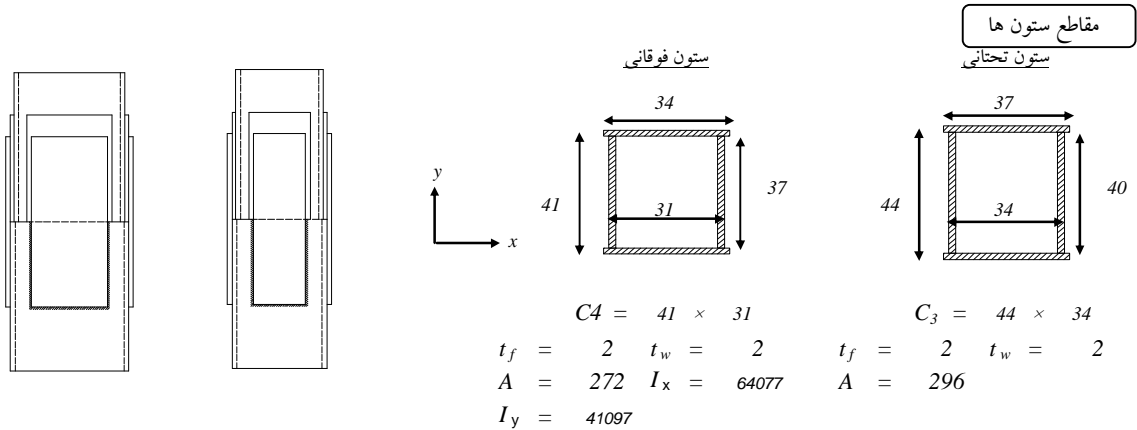
$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.6 \text{ cm}$$

جهت y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 1/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC3                    | تیپ   |                 |



#### تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$           | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 203.10 | 6.91            | 6.27            | 9.70            | 9.82            |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- درصدها ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1238 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1238 \times 272 = 168368 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 336736$$

$$R = 10$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 190.41   | 73.46    | 11.36 | 176.77                                 |

$$P_{max} = 203100 = 203.1 \text{ ton}$$

#### تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 31 \times 2 = 62$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 37^3}{12} = 16884$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت X} \quad M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{16884}{64077} \times 9.82 = 2.588 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.82 - 2.588}{41} + 203.1 \times \frac{62}{272} = 46.47 \text{ ton}$$

#### تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{74}{272} = 55.26 \text{ ton}$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 6.91 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{46471}{1440} = 32.27 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 25 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{46471}{650 \times 0.80} = 89.37 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{89.37 - 2 \times 25}{2} = 19.68 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{46471}{74} + \frac{258758}{600} = 1059 \leq 1440$$

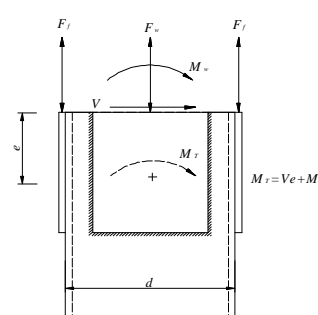
$$V_l = \frac{6.91}{2} = 3.455 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{55}{2} = 27.63 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{2.6}{2} = 1.294 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27628}{90} = 307$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3455}{90} = 38.39$$
  

  

$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 1.294 + 3.455 \times 0.2 = 1.98 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{198479 \times 20}{24750} = 160 \quad f_x = f'_x + f''_x = 38.39 + 160 = 199$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{198479 \times 15}{24750} = 120 \quad f_y = f'_y + f''_y = 307 + 120 = 427$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{199^2 + 427^2} = 471.2 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 41 \times 2 = 82$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 34^3}{12} = 13101$$

$$M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{13101}{64077} \times 9.70 = 1.983 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.70 - 1.983}{31} + 203.1 \times \frac{82}{272} = 61.48 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{54}{272} = 40.32 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.27 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{61478}{1440} = 42.69 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{61478}{650 \times 0.80} = 118.2 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118.2 - 2 \times 30}{2} = 29.11 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{فرض}$$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{40321}{54} + \frac{198328}{417} = 1223 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.27}{2} = 3.135 \text{ ton}$$

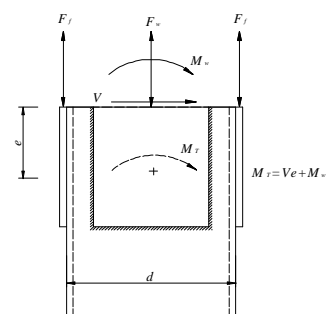
$$F_{wl} = \frac{40}{2} = 20.16 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{9.7}{2} = 4.850 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm} \quad a_w = l \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{20161}{85} = 237.2$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3135}{85} = 36.88$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 30 \quad b_l = 25$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 4.850 + 3.135 \times 0.194 = 5.46 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{545856 \times 19.41}{19148} = 553 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.88 + 553 = 590$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{545856 \times 12.5}{19148} = 356 \quad f_y = f'_y + f''_y = 237.2 + 356 = 594$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{590^2 + 594^2} = 837.1 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.3$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

60

25

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 1.3 \text{ cm}$

60

30

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 0.8 \text{ cm}$

36

30

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 1.1 \text{ cm}$

جهت x

36

34

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 0.6 \text{ cm}$

جهت y



|         |       |                        |       |  |
|---------|-------|------------------------|-------|--|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی وصله ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 1/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |  |

ستون فوقانی

ستون تحتانی

|   |  |
|---|--|
| $C_5 = 38 \times 28$<br>$t_f = 2 \quad t_w = 2$<br>$A = 248 \quad I_x = 49427$<br>$I_y = 30347$ | $C_4 = 41 \times 31$<br>$t_f = 2 \quad t_w = 2$<br>$A = 272$ |
|---|--|

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| P <sub>1</sub> | V <sub>2</sub>  | V <sub>3</sub>  | M <sub>2</sub>  | M <sub>3</sub>  |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 203.10         | 6.91            | 6.27            | 9.70            | 9.82            |
| DL+LL          | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EX2) | 0.75(DL+LL-EY2) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$F_a = 1247 \text{ kg/cm}^2$   
 $P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1247 \times 248 = 154628 \text{ kg}$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$ 
 $F_a A = 309256$ 
 $R = 10$

| P <sub>DL</sub> | P <sub>LL</sub> | P <sub>E</sub> | 0.6 [P <sub>DL</sub> + 0.8P <sub>LL</sub> + (0.4R)P <sub>E</sub> ] |
|-----------------|-----------------|----------------|--|
| 190.41          | 73.46           | 11.36          | 176.77   |

$P_{max} = 203100 = 203.1 \text{ ton}$

$A_f = 28 \times 2 = 56$

$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 34^3}{12} = 13101$

$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{13101}{49427} \times 9.82 = 2.603 \text{ ton.m}$

$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.82 - 2.603}{38} + 203.1 \times \frac{56}{248} = 46.05 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{68}{248} = 55.69 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 2/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC4                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 6.91 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{46051}{1440} = 31.98 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 25 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{46051}{650 \times 0.80} = 88.56 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{88.56 - 2 \times 25}{2} = 19.28 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 30^2}{6} = 600 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{46051}{68} + \frac{260293}{600} = 1111 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.91}{2} = 3.455 \text{ ton}$$

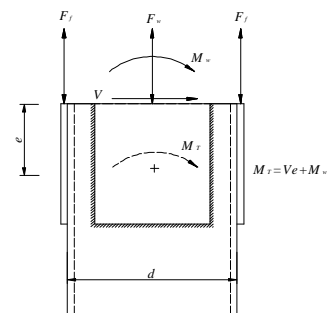
$$F_{wl} = \frac{56}{2} = 27.84 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{2.6}{2} = 1.301 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 90$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{27844}{90} = 309.4$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3455}{90} = 38.39$$



$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2 (30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 1.301 + 3.455 \times 0.2 = 1.99 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{199247 \times 20}{24750} = 161 \quad f_x = f'_x + f''_x = 38.39 + 161 = 199$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{199247 \times 15}{24750} = 121 \quad f_y = f'_y + f''_y = 309.4 + 121 = 430$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{199^2 + 430^2} = 474.1 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 38 \times 2 = 76$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 31^3}{12} = 9930$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{9930}{49427} 9.70 = 1.949 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{9.70 - 1.949}{28} + 203.1 \times \frac{76}{248} = 62.52 \text{ ton}$$
  

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 203.1 \times \frac{48}{248} = 39.31 \text{ ton}$$

$$V_y = 6.27 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{62517}{1440} = 43.41 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 30  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{62517}{650 \times 0.80} = 120.2 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{120.2 - 2 \times 30}{2} = 30.11 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{39310}{48} + \frac{194882}{417} = 1287 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{6.27}{2} = 3.135 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{39}{2} = 19.65 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{9.7}{2} = 4.850 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm}$$

$$a_w = l \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{19655}{85} = 231.2$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{3135}{85} = 36.88$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC4                    | تیب   |                 |

$$d_1 = 30 \quad b_1 = 25$$

$$I_p = \frac{(b_1 + 2d_1)^3}{12} - \frac{d_1^2(b_1 + d_1)^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$

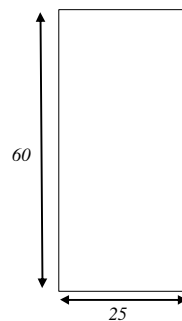
$$M_T = M_{wl} + Ve = 4.850 + 3.135 \times 0.194 = 5.46 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{545856 \times 19.41}{19148} = 553 \quad f_x = f'_x + f''_x = 36.88 + 553 = 590$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{545856 \times 12.5}{19148} = 356 \quad f_y = f'_y + f''_y = 231.2 + 356 = 588$$

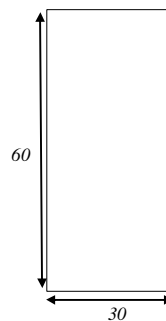
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{590^2 + 588^2} = 832.9 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.3$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



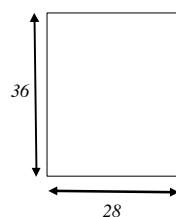
$$t = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.3 \text{ cm}$$



$$t = 2 \text{ cm}$$

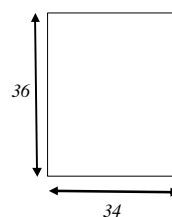
$$a_w = 0.8 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.1 \text{ cm}$$

جهت x



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.6 \text{ cm}$$

جهت y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/4     | صفحه  | CC5                    | تیپ   |                 |

مقاطع ستون ها

ستون فوقانی

ستون تحتانی

|   |  |
|---|--|
| $C_6 = 35 \times 25$<br>$t_f = 1.5 \quad t_w = 1.5$<br>$A = 171 \quad I_x = 29248$<br>$I_y = 17178$ | $C_5 = 38 \times 28$<br>$t_f = 2 \quad t_w = 2$<br>$A = 248$ |
|---|--|

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون بر ای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$          | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 116.83 | 4.24            | 4.70           | 6.20            | 6.36            |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EY1) | 0.75(DL+L+EX2) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL-EY1) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1255 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1255 \times 171 = 107302.5 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 214605 \quad R = 10$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 93.11    | 23.35    | 29.41 | 137.66                                 |

$$P_{max} = 137658 = 137.7 \text{ ton}$$

$A_f = 25 \times 1.5 = 37.5$ 

$$I_{wx} = \frac{2 \times 1.5 \times 32^3}{12} = 8192$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت x

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{8192}{29248} \times 6.36 = 1.781 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{6.36 \times 1.781}{35} + 137.7 \times \frac{37.5}{171} = 30.32 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت x

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 137.7 \times \frac{48}{171} = 38.64 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت x



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC5                    | تنیپ  |                 |

$$V_x = 4.24 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{30319}{1440} = 21.05 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 20 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$
  

$$a_w = 0.8$$
  

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{30319}{650 \times 0.80} = 58.31 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{58.31 - 2 \times 20}{2} = 9.153 \text{ cm}$$
  
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 25^2}{6} = 416.7 \text{ cm}^3$$
  

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{30319}{48} + \frac{178136}{417} = 1059 \leq 1440$$
  

$$V_l = \frac{4.24}{2} = 2.12 \text{ ton}$$
  

$$F_{wl} = \frac{39}{2} = 19.32 \text{ ton}$$
  

$$M_{wl} = \frac{1.8}{2} = 0.891 \text{ ton.m}$$
  

$$L_w = 25 + 2 \times 30 = 85 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 85$$
  

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{19320}{85} = 227.3$$
  

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{2120}{85} = 24.94$$
  
  

$M_r = V_e + M_c$

$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(25 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(25 + 30)^2}{25 + 2 \times 30} = 19148$$
  

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{25 + 2 \times 30} = 10.59 \quad e = 30 - 10.59 = 19.41 \text{ cm}$$
  

$$M_T = M_{wl} + V_e = 0.891 + 2.12 \times 0.194 = 1.30 \text{ ton.m}$$
  

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{130221 \times 19.41}{19148} = 132 \quad f_x = f'_x + f''_x = 24.94 + 132 = 157$$
  

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{130221 \times 12.5}{19148} = 85 \quad f_y = f'_y + f''_y = 227.3 + 85 = 312$$
  

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{157^2 + 312^2} = 349.5 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.5$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC5                    | تیب   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 35 \times 1.5 = 52.5$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 1.5 \times 28^3}{12} = 5488$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{5488}{29248} 6.20 = 1.163 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{6.20 - 1.163}{25} + 137.7 \times \frac{52.5}{171} = 42.46 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 137.7 \times \frac{33}{171} = 26.57 \text{ ton}$$

$$V_y = 4.70 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{42465}{1440} = 29.49 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 25  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{42465}{650 \times 0.80} = 81.66 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{81.66 - 2 \times 25}{2} = 15.83 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{عرض ورق} = 20 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 60 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{2 \times 20^2}{6} = 266.7 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{26566}{33} + \frac{116335}{267} = 1241 \leq 1440$$

$$V_I = \frac{4.70}{2} = 2.35 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{27}{2} = 13.28 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{6.2}{2} = 3.100 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 20 + 2 \times 30 = 80 \text{ cm}$$

$$a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 80$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{13283}{80} = 166$$

$$f'_x = \frac{V_I}{A_{we}} = \frac{2350}{80} = 29.38$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC5                    | تیپ   |                 |

$$d_1 = 30 \quad b_1 = 20$$

$$I_p \frac{(b_1+2d_1)^3}{12} - \frac{d_1^2(b_1+d_1)^2}{b_1+2d_1} = \frac{(20 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(20 + 30)^2}{20 + 2 \times 30} = 14542$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1+2d_1} = \frac{30^2}{20 + 2 \times 30} = 11.25 \quad e = 30 - 11.25 = 18.75 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 3.100 + 2.35 \times 0.188 = 3.54 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{354063 \times 18.75}{14542} = 457 \quad f_x = f'_x + f''_x = 29.38 + 457 = 486$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{354063 \times 10}{14542} = 243 \quad f_y = f'_y + f''_y = 166 + 243 = 410$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{486^2 + 410^2} = 635.5 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 1.0$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

60

20

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 1.0 \text{ cm}$

جهت X

60

25

$t = 2 \text{ cm}$

$a_w = 0.8 \text{ cm}$

جهت Y

36

24

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 0.8 \text{ cm}$

جهت X

36

29

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 0.6 \text{ cm}$

جهت Y

## 11- کنترل دیافراگم

در این بخش صلب بودن دیافراگم که مبنای محاسبات می باشد کنترل می گردد. برای صلب بودن یک دیافراگم باید رابطه زیر برقرار باشد

$$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} < 0.5$$

تغییر شکل کلی دیافراگم  $\Delta_{diaph}$  تحت اثر بارهای جانبی وارد بر آن از دو قسمت تغییر مکان خمشی  $\Delta_f$  و تغییر شکل برشی تشکیل می گردد

$$\Delta_{diaph} = \Delta_f + \Delta_s$$

که

$$\Delta_f = \frac{5 w L^4}{384 EI} \quad \Delta_s = \frac{a w L^2}{8 A G}$$

نیروی جانبی حداکثر وارد به دیافراگم (طبقه 15)  $F_{pi} = 49.38 \text{ ton}$

حداقل نیروی جانبی وارد بر دیافراگم بر اساس آیین نامه 2800  $F_{pi} = 0.35 A I W_i = 0.35 \times 0.35 \times 1 \times 412 = 50.47$

$$\Rightarrow F_{pi} = 50.47 \text{ ton}$$

$$w = \frac{F_{pi}}{L_t} = \frac{50470}{1470} = 34.33 \text{ kg / cm}$$

$$I = \frac{t h^3}{12} = \frac{10 \times 455^3}{12} = 78496979 \text{ cm}^4$$

$$L = 490 \text{ cm}$$

$$\Delta_f = \frac{5 w L^4}{384 EI} = \frac{5 \times 34.33 \times 490^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 78496979} = 0.0013 \text{ cm}$$

$$\Delta_s = \frac{a w L^2}{8 A G} = \frac{1.5 \times 34.33 \times 490^2}{8 \times (455 \times 10) \times (0.4 \times 2.5 \times 10^5)} = 0.0034$$

$$\Delta_{diaph} = \Delta_f + \Delta_s = 0.0013 + 0.0034 = 0.0047 \text{ cm}$$

$$\Delta_{story15} = drift \times h = 0.00186 \times 320 = 0.595 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} = \frac{0.0047}{0.595} = 0.0079 < 0.5$$



## 12- تحلیل و طراحی پی

تحلیل و طراحی پی توسط نرم افزار Safe با استفاده از خروجی نیروهای تکیه گاهی صورت می گیرد. مقاومت مجاز خاک  $q_u = 2 \text{ kg/cm}^2$  می باشد. برنامه Safe پی را بصورت الاستیک و با استفاده از ضریب بستر خاک تحلیل می کند. بنابراین ضریب بستر را از روی رابطه تقریبی زیر محاسبه می کنیم

$$k_s = 1.2q_u = 1.2 \times 2 = 2.4$$

برای کنترل تنش زیر پی از 9 ترکیب بار طبق جدول زیر استفاده می کنیم

جدول 1-12: ترکیبات بار برای کنترل تنش زیر پی

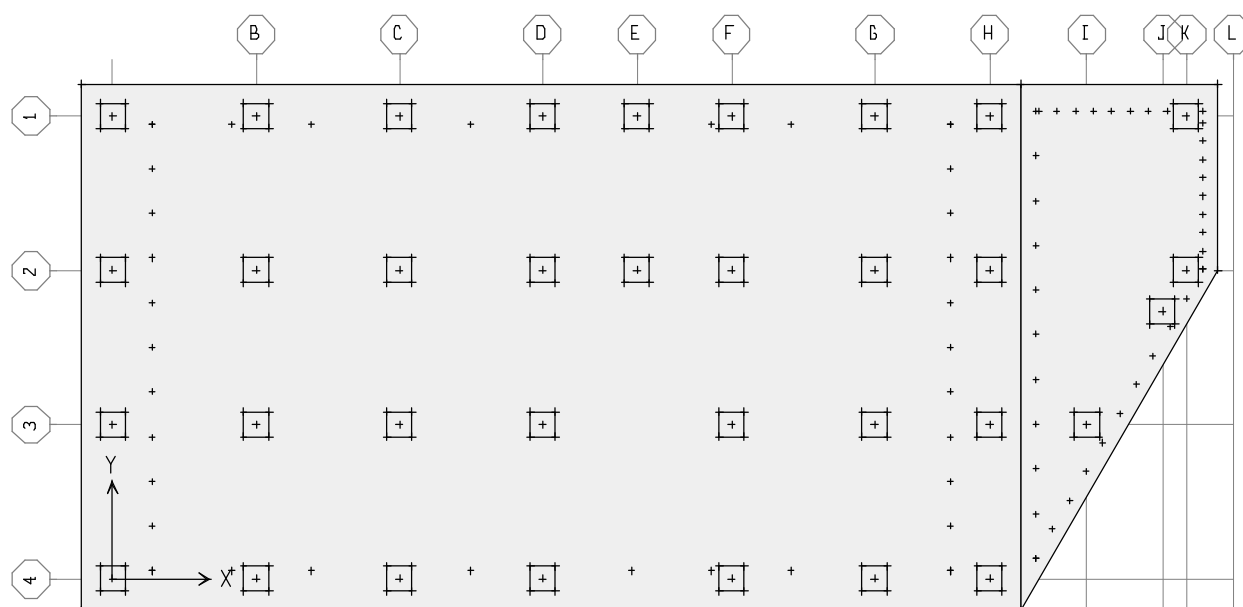
| Load<br>combo | P1    | P2              | P3              | P4              | P5              | P6              | P7              | P8              | P9              |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|               | DL+LL | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY2) | 0.75(DL+LL+EY2) |

برای طراحی پی از 18 ترکیب بار زیر استفاده می کنیم

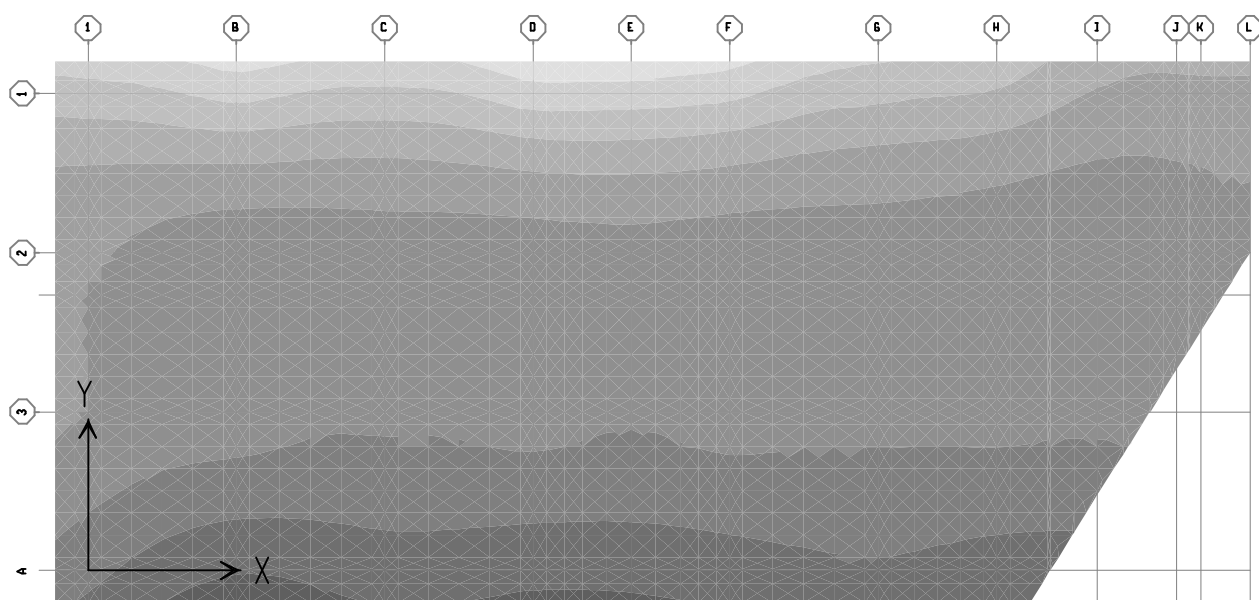
جدول 2-12: ترکیبات بار برای طراحی پی

| Load<br>combo | DCON1                       | DCON2                       | DCON3                       | DCON4                       | DCON5                       | DCON6                       |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               | 1.4DL                       | 1.4 DL+1.7 LL               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 |
|               | DCON7                       | DCON8                       | DCON9                       | DCON10                      | DCON11                      | DCON12                      |
|               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 0.9 DL+1.43 EX1             | 0.9 DL+1.43 EX1             |
|               | DCON13                      | DCON14                      | DCON15                      | DCON16                      | DCON17                      | DCON18                      |
|               | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EY2             | 0.9 DL+1.43 EY2             |

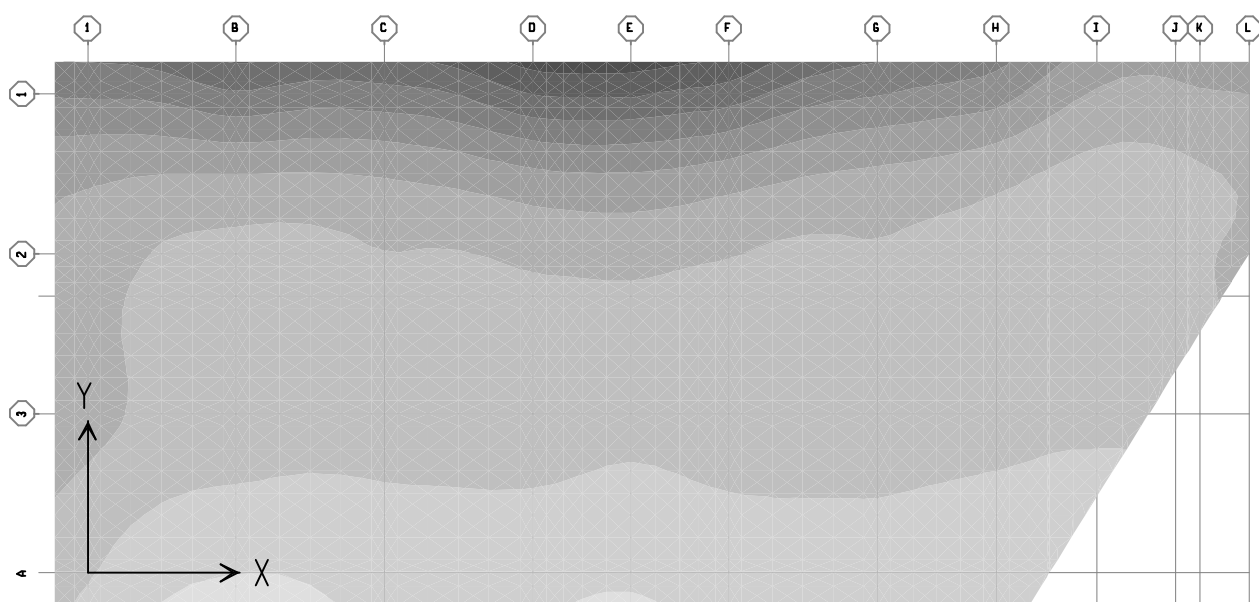
ضخامت پی 100 cm در نظر گرفته شده است



شکل 1-12 پلان پی

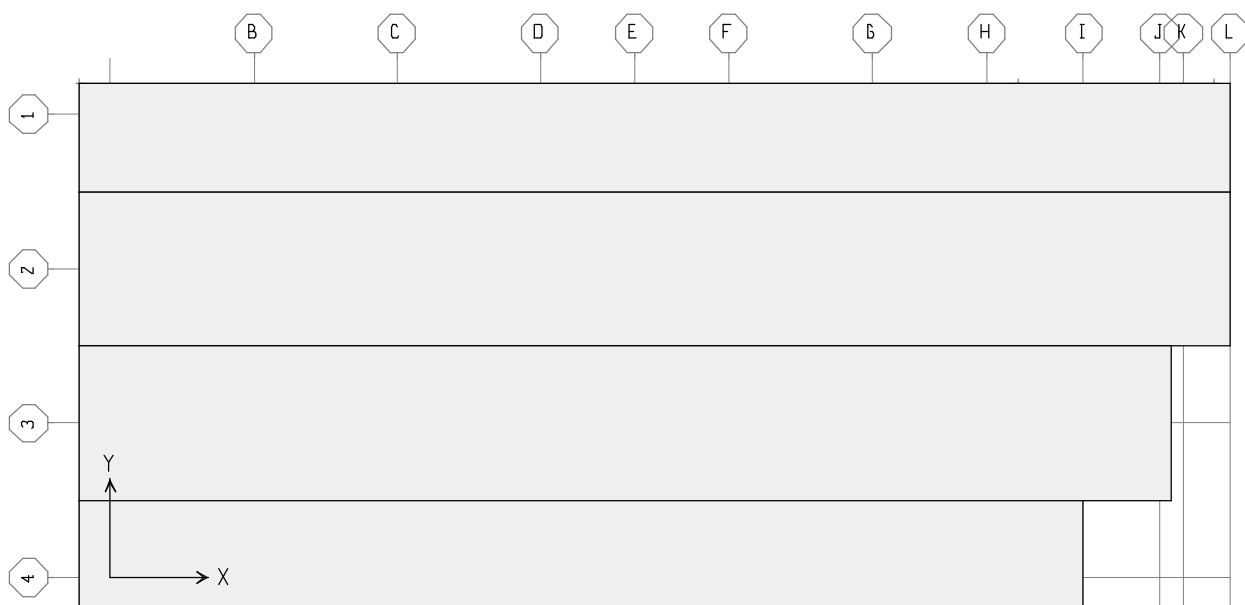


شکل 2-12: حداکثر تغییر مکان پی  $0.96 \text{ cm}$  مربوط به ترکیب بار  $DCON17$  است

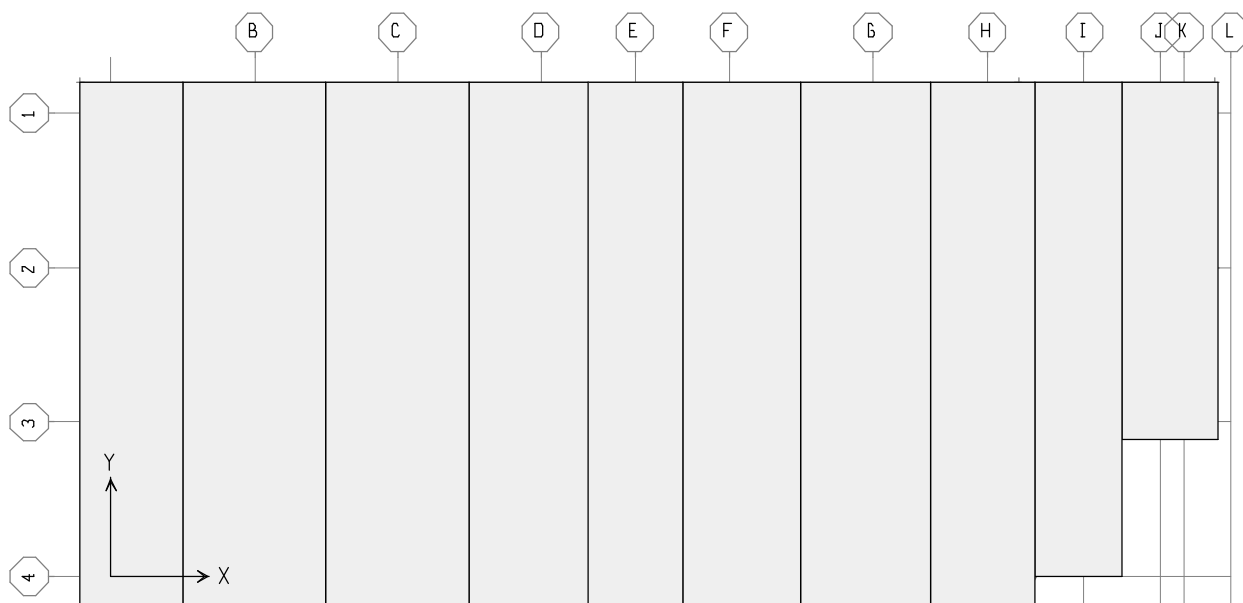


شکل 3-12: حداکثر تنش زیر پی  $2 \text{ kg/cm}^2$  مربوط به ترکیب بار  $P8$  است

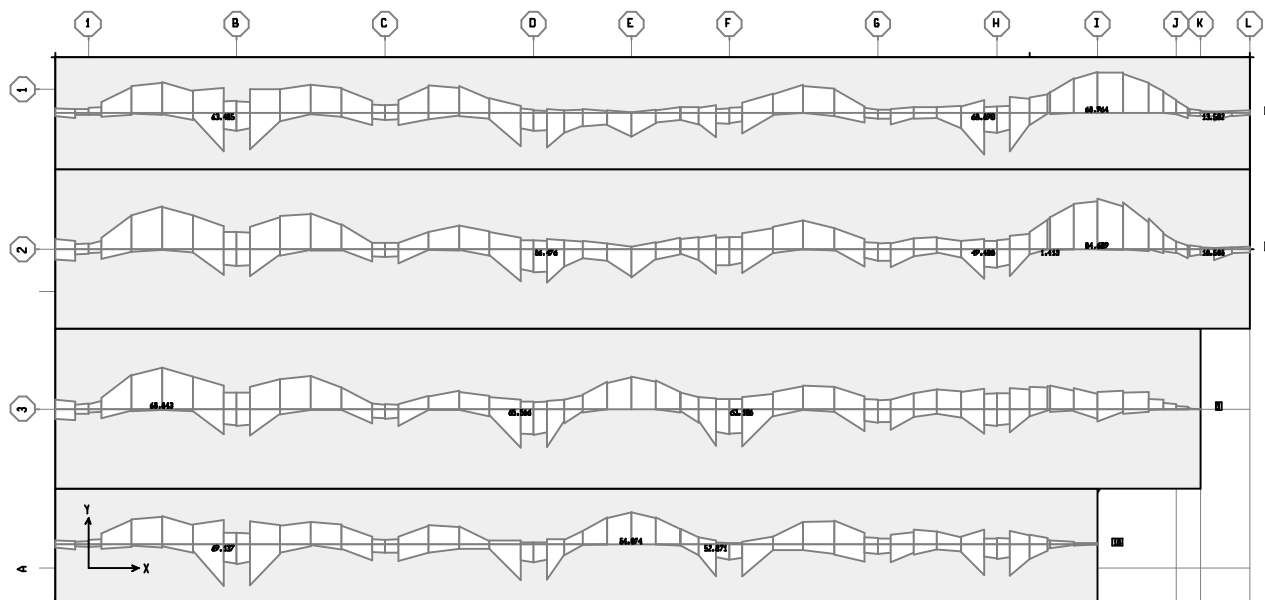




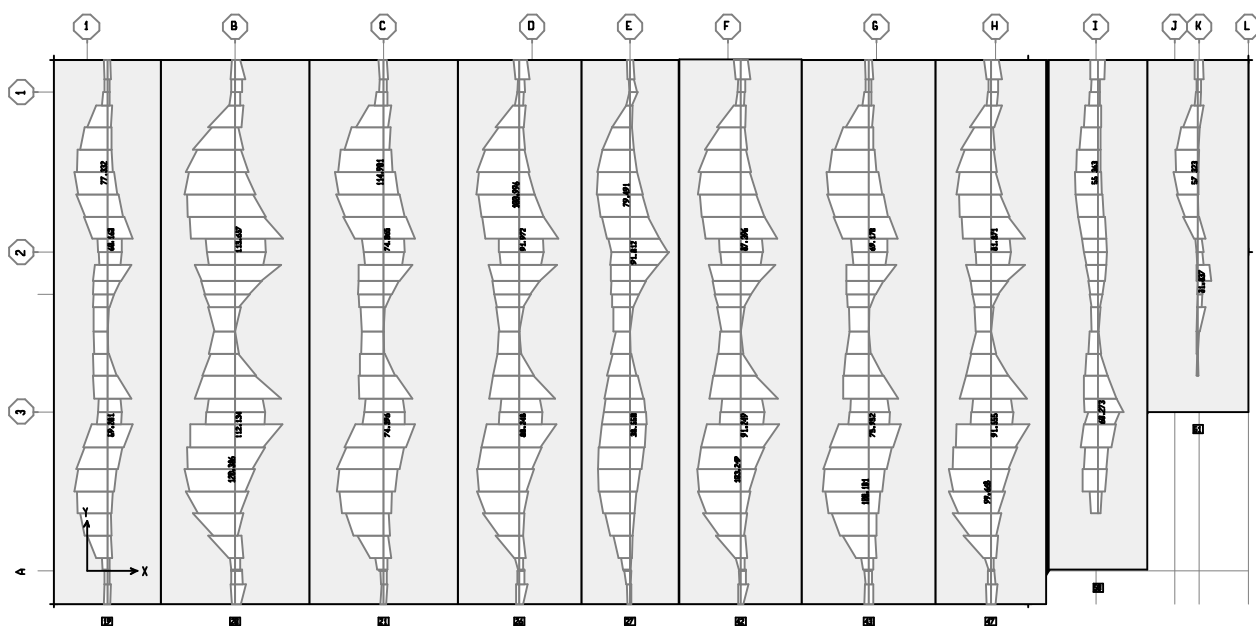
شکل 4-12: نوارهای طراحی جهت  $X$



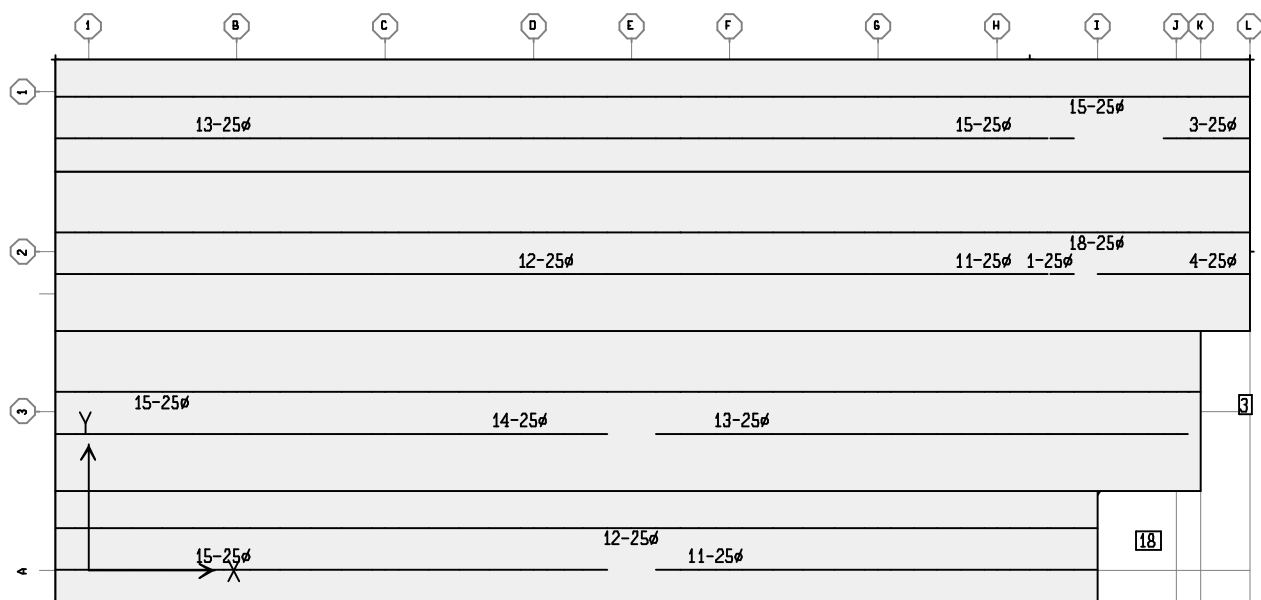
شکل 5-12: نوار طراحی جهت  $Y$



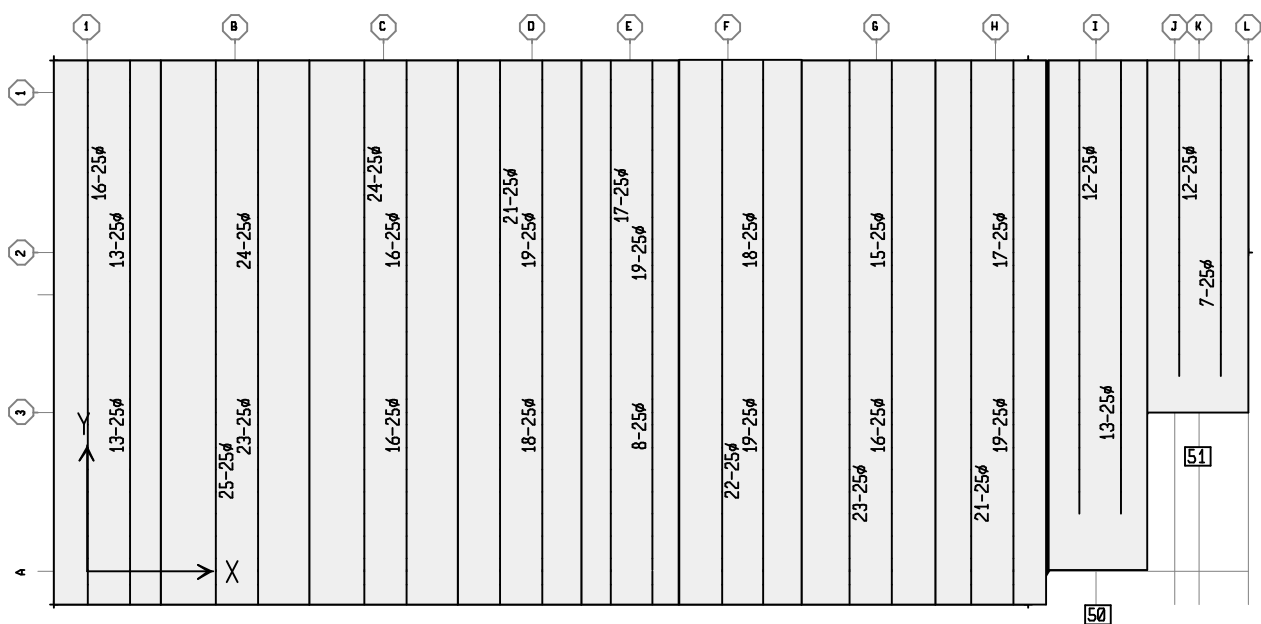
شکل 6-12: دیاگرام لنگر خمشی در جهت X



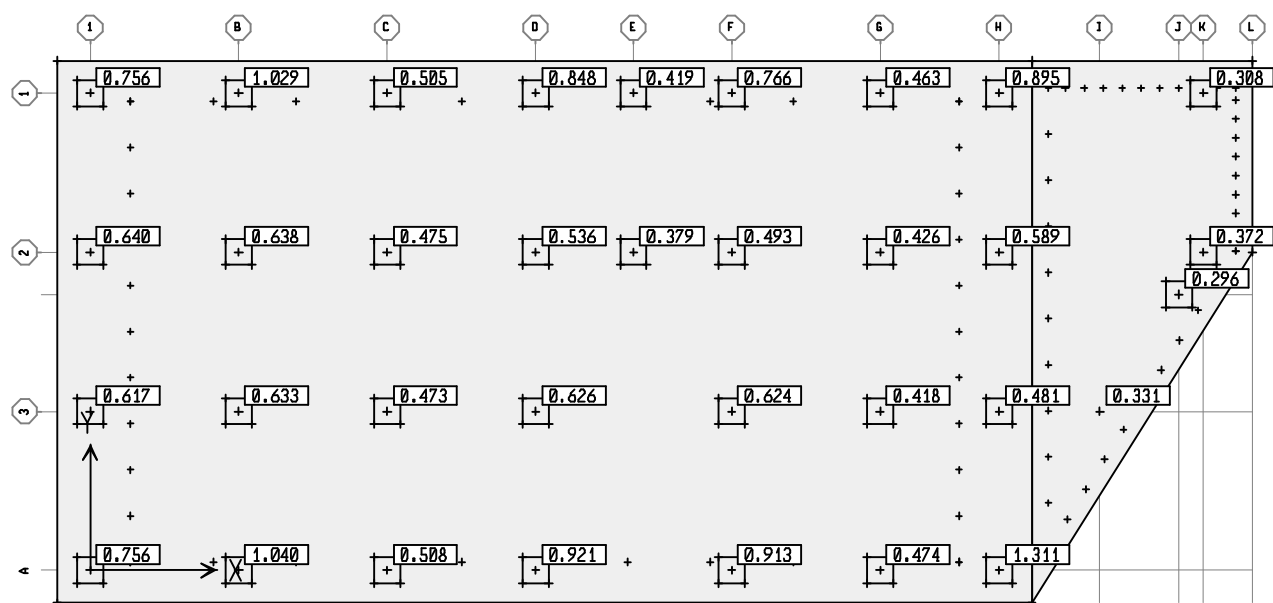
شکل 7-12: دیاگرام لنگر درجهت Y



شکل 8-12: میلگردهای طراحی در جهت X



شکل 9-12: میلگردهای طراحی در جهت Y



شکل 10-12: نسبت ظرفیت برش پانچ

| صفحه | عنوان                                  |
|------|--|
| 2    | 1- بار زلزله                           |
| 2    | 1-1 روش استاتیکی معادل                 |
| 2    | 2-1 محاسبه وزن سازه                    |
| 3    | 3-1 تعیین ضریب زلزله                   |
| 3    | 1-4 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع        |
| 4    | 5-1 لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی : |
| 4    | 6-1 تحلیل دینامیکی خطی طیفی            |
| 6    | 1-7 محاسبه لنگر واژگونی                |
| 7    | 8-1 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات        |
| 8    | 9-1 اثر $P-\Delta$                     |
| 10   | -2 طراحی تیر مرکب                      |
| 10   | -3 طراحی ستون                          |
| 19   | -4 طراحی تیر ورق                       |
| 29   | -5 طراحی مهاربند های برون محور         |
| 57   | -6 اتصال ساده تیر به ستون              |
| 60   | -7 طراحی صفحه ستون                     |
| 72   | -8 طراحی وصله ستون                     |
| 89   | -9 تحلیل و طراحی پی                    |



## 1- بار زلزله

نیروهای ناشی از زلزله به عامل های زیادی از جمله بزرگی و سایر مشخصات زلزله ، فاصله از مرکز زلزله ، شرایط زمین ساختی منطقه ، نوع سیستم مقاوم در برابر زلزله و ... بستگی دارد . در آئین نامه 2800 دو روش برای تعیین بار زلزله وجود دارد؛ روش تحلیل استاتیکی معادل و روش تحلیل دینامیکی (طیفی و تاریخچه زمانی) . در این پروژه از روش دینامیکی طیفی استفاده خواهد شد . طبق بند 2-5-3 آئین نامه 2800 در مواردی که برش پایه بدست آمده برای کل سازه از روش تحلیل طیفی با برش پایه استاتیکی معادل متفاوت باشد باید مقادیر بازتاب ها را اصلاح نمود بنابراین ابتدا با استفاده از روش استاتیکی معادل برش پایه را بدست می آوریم .

### 1-1 روش استاتیکی معادل

در روش تحلیل استاتیکی معادل اثرات زلزله بر یک ساختمان با تخمین نیروی برشی پایه ساختمان در اثر زلزله برآورد می شود  

$$V = C.W$$
 که  $V$  نیروی برشی پایه ،  $C$  ضریب زلزله ،  $W$  بار قائم موثر است . و در نهایت لازم است نیروی برشی پایه به طور مناسب بین طبقات تقسیم شود .

### 2-1 محاسبه وزن سازه

وزن ساختمان شامل بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه 20% بار زنده می باشد . وزن ساختمان به تفکیک طبقه ها تعیین و در نهایت وزن کل آن محاسبه می شود . برای محاسبه وزن ساختمان از برنامه *Etabs* استفاده شده است . برنامه بر اساس بارگذاری انجام گرفته بر روی سازه و وزن اعضای سازه ای این وزن را محاسبه می کند . بدیهی است وزن اعضای سازه ای بعد از انجام طراحی تغییر خواهد نمود .

جدول 1-1: وزن موثر طبقات

| وزن (ton) | طبقه             |
|-----------|------------------|
| 412       | طبقه 15 + خرپشته |
| 363       | طبقه 14          |
| 363       | طبقه 13          |
| 363       | طبقه 12          |
| 363       | طبقه 11          |
| 381       | طبقه 10          |
| 381       | طبقه 9           |
| 384       | طبقه 8           |
| 384       | طبقه 7           |
| 384       | طبقه 6           |
| 410       | طبقه 5           |
| 410       | طبقه 4           |
| 410       | طبقه 3           |
| 415       | طبقه 2           |
| 415       | طبقه 1           |
| 5839      | مجموع            |



### 3-1 تعیین ضریب زلزله

ضریب زلزله از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$C = \frac{ABI}{R}$$

که در آن  $A$  شتاب مبنای طرح ،  $B$  ضریب بازتاب ساختمان ،  $I$  ضریب اهمیت ساختمان و  $R$  ضریب رفتار ساختمان می باشد .  
که ضریب بازتاب  $B$  از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 2.5$$

که در این رابطه  $T$  زمان تناوب اصلی ساختمان بر حسب ثانیه ،  $T_0$  بر حسب نوع زمین تعیین می گردد .  
زمان تناوب تجربی ساختمان برای ساختمانهای فولادی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$T = 0.05 H^{\frac{3}{4}}$$

$$A = 0.35 \text{ (شهر تهران)}$$

$$I = 1 \text{ (ضریب اهمیت)}$$

$$T_0 = 0.5 \text{ (خاک نوع 2)}$$

$$R = 7 \text{ (مهار بندی برون محور)}$$

$$H = 47.6 \text{ m}$$

$$T = 0.05 H^{\frac{3}{4}} = 0.05 \times 47.6^{\frac{3}{4}} = 0.90 \text{ s}$$

مطابق بند 2-4-5 آیین نامه 2800 میتوان از زمان تناوب تحلیلی بجای زمان تناوب تجربی استفاده کرد مشروط بر آن که زمان تناوب از 1/25 برابر زمان تناوب تجربی تجاوز نکند . در این مرحله این بند را اعمال می کنیم و در مراحل بعد آن را کنترل می کنیم .

$$T = 1.25 T = 1.25 \times 0.9 = 1.125$$

$$B = 2.5 \left( \frac{T_0}{T} \right)^{\frac{2}{3}} = 2.5 \left( \frac{0.5}{1.125} \right)^{\frac{2}{3}} = 1.456$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.35 \times 1.456 \times 1}{7} = 0.0728$$

$$V = C.W = 0.0728 \times 5839 = 425 \text{ ton}$$

### 4-1 توزیع نیروی زلزله در ارتفاع

نیروی برشی پایه ( $V$ ) که در قسمت قبل محاسبه شد بصورت زیر در ارتفاع ساختمان و در تراز طبقات توزیع می شود .

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j} (V - F_t)$$

در رابطه فوق ،  $F_i$  نیروی جانبی زلزله در تراز  $i$  ،  $W_i$  وزن طبقه  $i$  ،  $h_i$  ارتفاع تراز  $i$  و  $F_t$  نیروی جانبی اضافی در تراز  $n$  است و از رابطه زیر محاسبه می شود .

$$F_t = 0.07 T.V \leq 0.25 V$$

$$\left. \begin{aligned} F_t &= 0.07 T.V = 0.07 \times 1.125 \times 425 = 33.47 \\ 0.25 V &= 0.25 \times 425 = 106.25 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_t = 33.47$$

$$V - F_t = 425 - 33.47 = 391.23 \text{ ton}$$



جدول 1-2: توزیع نیروی زلزله (روش استاتیکی معادل)

| طبقه    | وزن (ton) | ارتفاع (m) | $W_i h_i$ | $\frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$ | $V - F_i$ | $V_i$ |
|---------|-----------|------------|-----------|--|-----------|-------|
| طبقه 15 | 412       | 47/6       | 19611     | 0/135                                  | 391/23    | 86/28 |
| طبقه 14 | 363       | 44/4       | 16117     | 0/111                                  | 391/23    | 43/42 |
| طبقه 13 | 363       | 41/2       | 14955     | 0/103                                  | 391/23    | 40/29 |
| طبقه 12 | 363       | 38         | 13794     | 0/095                                  | 391/23    | 37/17 |
| طبقه 11 | 363       | 34/8       | 12632     | 0/085                                  | 391/23    | 33/25 |
| طبقه 10 | 381       | 31/6       | 12039     | 0/083                                  | 391/23    | 32/47 |
| طبقه 9  | 381       | 28/4       | 10820     | 0/075                                  | 391/23    | 29/34 |
| طبقه 8  | 384       | 25/2       | 9679      | 0/067                                  | 391/23    | 26/21 |
| طبقه 7  | 384       | 22         | 8448      | 0/058                                  | 391/23    | 22/69 |
| طبقه 6  | 384       | 18/8       | 7219      | 0/050                                  | 391/23    | 19/56 |
| طبقه 5  | 410       | 15/6       | 6396      | 0/044                                  | 391/23    | 17/21 |
| طبقه 4  | 410       | 12/4       | 5084      | 0/035                                  | 391/23    | 13/69 |
| طبقه 3  | 410       | 9/2        | 3772      | 0/026                                  | 391/23    | 10/17 |
| طبقه 2  | 415       | 6          | 2940      | 0/020                                  | 391/23    | 7/82  |
| طبقه 1  | 415       | 3          | 1245      | 0/009                                  | 391/23    | 3/52  |
| مجموع   | 5839      |            | 144751    |  |           | 425   |

## 5-1- لنگر پیچشی ناشی از نیروهای جانبی :

لنگر پیچشی به دو قسمت تقسیم می شود

- لنگر ناشی از اختلاف بین مرکز جرم و سختی که با قرار دادن نیروی افقی در مرکز جرم اعمال می شود .
- لنگر ناشی از پیچش تصادفی که معادل 5% بعد ساختمان می شود و برای جلوگیری از اثرات کاهنده بر روی اجزا در دو جهت (با علامت  $\pm$ ) در نرم افزار اعمال می گردد .

## 6-1- تحلیل دینامیکی خطی طیفی

در این روش ، تحلیل دینامیکی با فرض رفتار الاستیک سازه و با استفاده از حداکثر بازتاب کلیه مدهای نوسانی که در بازتاب کل سازه اثر قابل توجهی دارند انجام می گیرد . حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست می آید . سپس بازتاب کلی سازه از ترکیب آماری بازتاب های حداکثر هر مد تخمین زده می شود . در سازه های منظم مقادیر بازتاب ها باید در 80 درصد نسبت برش پایه استاتیکی ضرب شود .





$$\text{ضریب اصلاح} = 0.8 \frac{V_{static}}{V_{dynamic}}$$

بدلیل اینکه نیروهای ناشی از تحلیل طیفی مقادیر مثبت هستند در طراحی سازه نمی توان از آن استفاده کرد . در حقیقت تحلیل طیفی توزیع بار جانبی متناسب با ترکیب کلیه مدهای نوسانی را به درستی ارائه می کند . بنا براین توزیع بار جانبی را به روش طیفی محاسبه کرده و این نیروها را بصورت استاتیکی بر سازه اعمال می کنیم . تعداد مدهای نوسان باید حداقل سه مد اول نوسان ، یا تمام مدهای نوسان با زمان تناوب بیشتر از 0/4 ثانیه و یا تمام مدهای نوسان که مجموع جرم های موثر ساختمان در آنها حداقل برابر 90 در صد جرم کل سازه باشند ، هر کدام که تعدادشان بیشتر است در نظر گرفته شود .

جدول 1-3: تعداد مدهای در نظر گرفته و جرم موثر هر مد

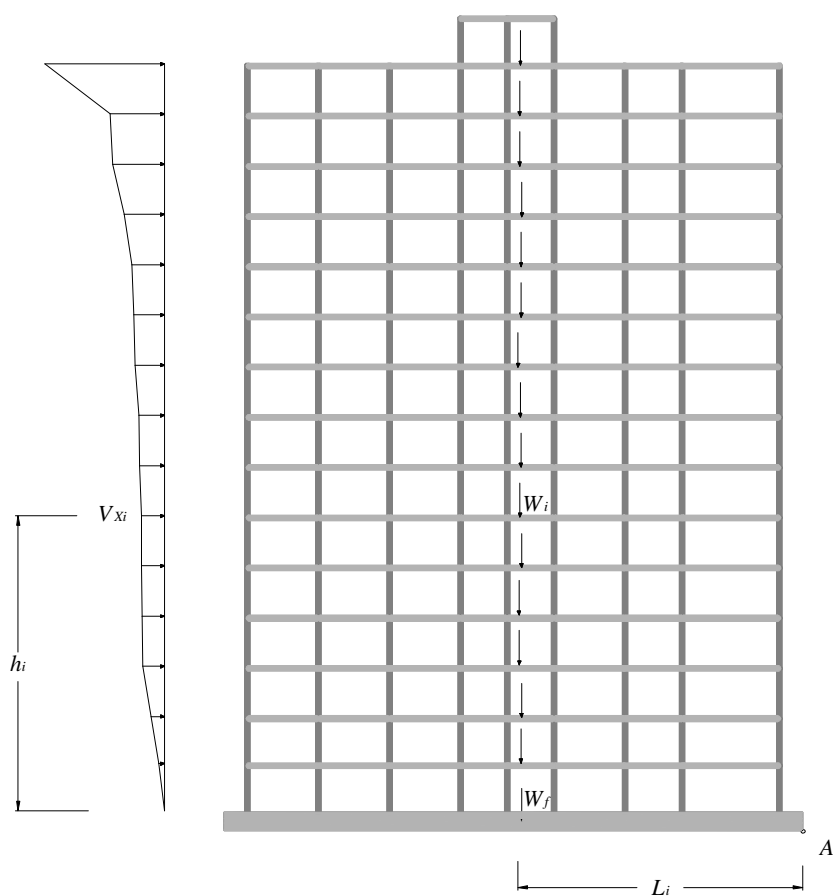
| Mode | Period | UX     | UY     | RZ     | SumUX  | SumUY  | SumRZ  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1    | 2.414  | 6.386  | 34.934 | 6.386  | 34.934 | 26.130 | 26.130 |
| 2    | 2.354  | 60.534 | 8.506  | 66.919 | 43.440 | 0.102  | 26.232 |
| 3    | 2.233  | 2.548  | 23.699 | 69.467 | 67.139 | 42.547 | 68.779 |
| 4    | 0.741  | 16.377 | 0.034  | 85.844 | 67.173 | 0.931  | 69.710 |
| 5    | 0.703  | 0.830  | 5.021  | 86.674 | 72.194 | 13.058 | 82.768 |
| 6    | 0.679  | 0.112  | 14.591 | 86.786 | 86.785 | 4.380  | 87.148 |
| 7    | 0.394  | 4.955  | 0.001  | 91.741 | 86.786 | 0.222  | 87.370 |
| 8    | 0.363  | 0.229  | 0.533  | 91.969 | 87.319 | 4.661  | 92.031 |
| 9    | 0.356  | 0.018  | 4.560  | 91.987 | 91.879 | 0.427  | 92.458 |
| 10   | 0.350  | 0.001  | 0.000  | 91.988 | 91.879 | 0.000  | 92.458 |
| 11   | 0.345  | 0.000  | 0.000  | 91.988 | 91.879 | 0.000  | 92.458 |
| 12   | 0.343  | 0.000  | 0.000  | 91.988 | 91.879 | 0.000  | 92.458 |



جدول 4-1: نیروی برشی طبقات با استفاده از روش تحلیل طیفی

| STORY   | $V_x$ | $V_y$ |
|---------|-------|-------|
| STORY15 | 77.54 | 72.16 |
| STORY14 | 34.94 | 30.56 |
| STORY13 | 33.61 | 36.18 |
| STORY12 | 26.00 | 29.92 |
| STORY11 | 22.01 | 25.28 |
| STORY10 | 19.91 | 22.28 |
| STORY9  | 18.86 | 20.60 |
| STORY8  | 17.77 | 19.10 |
| STORY7  | 16.28 | 17.42 |
| STORY6  | 15.09 | 15.95 |
| STORY5  | 14.96 | 14.86 |
| STORY4  | 15.25 | 13.60 |
| STORY3  | 13.98 | 11.32 |
| STORY2  | 9.84  | 7.63  |
| STORY1  | 3.91  | 3.13  |

7-1 محاسبه لنگر واژگونی



شکل 1-1: نیروهای وارد بر ساختمان جهت محاسبه لنگر واژگونی



جدول 5-1 محاسبه لنگر واژگونی

| STORY     | V <sub>x</sub> | V <sub>y</sub> | h <sub>i</sub> | W <sub>i</sub> | L <sub>x i</sub> | L <sub>y i</sub> | M <sub>ox</sub> | M <sub>oy</sub> | M <sub>Rx</sub> | M <sub>Ry</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| STORY15   | 77.54          | 72.16          | 47.6           | 412            | 18.5             | 8.85             | 3691.06         | 3434.94         | 7622            | 3646            |
| STORY14   | 34.94          | 30.56          | 44.4           | 363            | 18.5             | 8.85             | 1551.51         | 1356.81         | 6716            | 3213            |
| STORY13   | 33.61          | 36.18          | 41.2           | 363            | 18.5             | 8.85             | 1384.84         | 1490.68         | 6716            | 3213            |
| STORY12   | 26.00          | 29.92          | 38             | 363            | 18.5             | 8.85             | 987.88          | 1136.92         | 6716            | 3213            |
| STORY11   | 22.01          | 25.28          | 34.8           | 363            | 18.5             | 8.85             | 765.92          | 879.65          | 6716            | 3213            |
| STORY10   | 19.91          | 22.28          | 31.6           | 381            | 18.5             | 8.85             | 629.18          | 704.11          | 7049            | 3372            |
| STORY9    | 18.86          | 20.60          | 28.4           | 381            | 18.5             | 8.85             | 535.71          | 585.00          | 7049            | 3372            |
| STORY8    | 17.77          | 19.10          | 25.2           | 384            | 18.5             | 8.85             | 447.72          | 481.36          | 7104            | 3398            |
| STORY7    | 16.28          | 17.42          | 22             | 384            | 18.5             | 8.85             | 358.12          | 383.15          | 7104            | 3398            |
| STORY6    | 15.09          | 15.95          | 18.8           | 384            | 18.5             | 8.85             | 283.70          | 299.81          | 7104            | 3398            |
| STORY5    | 14.96          | 14.86          | 15.6           | 410            | 18.5             | 8.85             | 233.34          | 231.85          | 7585            | 3629            |
| STORY4    | 15.25          | 13.60          | 12.4           | 410            | 18.5             | 8.85             | 189.07          | 168.59          | 7585            | 3629            |
| STORY3    | 13.98          | 11.32          | 9.2            | 410            | 18.5             | 8.85             | 128.60          | 104.10          | 7585            | 3629            |
| STORY2    | 9.84           | 7.63           | 6              | 415            | 18.5             | 8.85             | 59.03           | 45.78           | 7678            | 3673            |
| STORY1    | 3.91           | 3.13           | 3              | 415            | 18.5             | 8.85             | 11.72           | 9.40            | 7678            | 3673            |
| Fundation | -              | -              | -              | 1748           | 18.5             | 8.85             | -               | -               | 32338           | 15470           |
| Sum       |                |                |                |                |                  |                  | 11257           | 11312           | 140341          | 67136           |

$$\frac{M_{Rx}}{M_{Ox}} = \frac{140341}{11257} = 12.46 > 1.75 \quad \frac{M_{Ry}}{M_{Oy}} = \frac{67136}{11312} = 5.93 > 1.75$$

## 8-1 کنترل تغییر مکان نسبی طبقات

بر طبق آئین نامه 2800 تغییر مکان نسبی طبقات در اثر زلزله نباید از  $\frac{0.03}{R}$  برابر از ارتفاع طبقه تجاوز نماید .  
 حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه باید کوچکتر از  $(\frac{0.03}{7} = 0.0042)$  باشد .

جدول 6-1: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت X

| Story   | Item        | Load | DriftX  |
|---------|-------------|------|---------|
| STORY15 | Max Drift X | EX   | 0.00272 |
| STORY14 | Max Drift X | EX   | 0.00284 |
| STORY13 | Max Drift X | EX   | 0.00303 |
| STORY12 | Max Drift X | EX   | 0.00312 |
| STORY11 | Max Drift X | EX   | 0.00312 |
| STORY10 | Max Drift X | EX   | 0.00298 |
| STORY9  | Max Drift X | EX   | 0.00294 |
| STORY8  | Max Drift X | EX   | 0.00289 |
| STORY7  | Max Drift X | EX   | 0.00281 |
| STORY6  | Max Drift X | EX   | 0.00268 |
| STORY5  | Max Drift X | EX   | 0.00245 |
| STORY4  | Max Drift X | EX   | 0.00224 |
| STORY3  | Max Drift X | EX   | 0.00200 |
| STORY2  | Max Drift X | EX   | 0.00164 |
| STORY1  | Max Drift X | EX   | 0.00090 |



جدول 7-1: تغییر مکان نسبی طبقات تقسیم بر ارتفاع طبقه در جهت Y

| Story   | Item        | Load | DriftY  |
|---------|-------------|------|---------|
| STORY15 | Max Drift Y | EY   | 0.00337 |
| STORY14 | Max Drift Y | EY   | 0.00350 |
| STORY13 | Max Drift Y | EY   | 0.00365 |
| STORY12 | Max Drift Y | EY   | 0.00375 |
| STORY11 | Max Drift Y | EY   | 0.00377 |
| STORY10 | Max Drift Y | EY   | 0.00362 |
| STORY9  | Max Drift Y | EY   | 0.00353 |
| STORY8  | Max Drift Y | EY   | 0.00343 |
| STORY7  | Max Drift Y | EY   | 0.00326 |
| STORY6  | Max Drift Y | EY   | 0.00304 |
| STORY5  | Max Drift Y | EY   | 0.00270 |
| STORY4  | Max Drift Y | EY   | 0.00235 |
| STORY3  | Max Drift Y | EY   | 0.00196 |
| STORY2  | Max Drift Y | EY   | 0.00150 |
| STORY1  | Max Drift Y | EY   | 0.00077 |

## 9-1 اثر $P-\Delta$

اثر  $P-\Delta$  در هر طبقه بدلیل برون محوری بارهای ثقلی طبقات ایجاد می شود و سبب ایجاد یک نیروی برشی افقی در طبقه می گردد این نیروی برشی به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$V_{i P-\Delta} = V_i \left( \frac{1}{1 - 0.4Rq_i} \right)$$

$V_i$ : برش طبقه  $i$

$R$ : ضریب رفتار ساختمان

$q_i$ : شاخص پایداری طبقه که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$q_i = \left( \frac{\sum P_i \times \Delta_i}{V_i \times h_i} \right)$$

$\sum P_i$ : مجموع بارهای ثقلی روی طبقه  $i$

$\Delta_i$ : تغییر مکان نسبی طبقه  $i$

$h_i$ : ارتفاع طبقه  $i$



جدول 8-1: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $X$

| STORY   | $V_x$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{i P-\Delta}$ | $V_{x P-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|------------------|------------------|
| STORY15 | 77.54 | 77.54  | 412   | 412        | 0.870      | 320   | 0.0144 | 80.81            | 80.81            |
| STORY14 | 34.94 | 112.49 | 363   | 775        | 0.909      | 320   | 0.0196 | 119.01           | 38.20            |
| STORY13 | 33.61 | 146.10 | 363   | 1138       | 0.970      | 320   | 0.0236 | 156.44           | 37.43            |
| STORY12 | 26.00 | 172.10 | 363   | 1501       | 1.000      | 320   | 0.0272 | 186.31           | 29.87            |
| STORY11 | 22.01 | 194.11 | 363   | 1864       | 1.000      | 320   | 0.0300 | 211.91           | 25.60            |
| STORY10 | 19.91 | 214.02 | 381   | 2245       | 0.953      | 320   | 0.0312 | 234.53           | 22.62            |
| STORY9  | 18.86 | 232.88 | 381   | 2626       | 0.940      | 320   | 0.0331 | 256.67           | 22.14            |
| STORY8  | 17.77 | 250.65 | 384   | 3010       | 0.925      | 320   | 0.0347 | 277.64           | 20.96            |
| STORY7  | 16.28 | 266.92 | 384   | 3394       | 0.898      | 320   | 0.0357 | 296.54           | 18.90            |
| STORY6  | 15.09 | 282.02 | 384   | 3778       | 0.858      | 320   | 0.0359 | 313.55           | 17.01            |
| STORY5  | 14.96 | 296.97 | 410   | 4188       | 0.783      | 320   | 0.0345 | 328.72           | 15.18            |
| STORY4  | 15.25 | 312.22 | 410   | 4598       | 0.716      | 320   | 0.0329 | 343.95           | 15.22            |
| STORY3  | 13.98 | 326.20 | 410   | 5008       | 0.639      | 320   | 0.0306 | 356.81           | 12.87            |
| STORY2  | 9.84  | 336.04 | 415   | 5423       | 0.491      | 300   | 0.0264 | 362.88           | 6.07             |
| STORY1  | 3.91  | 339.95 | 415   | 5838       | 0.269      | 300   | 0.0154 | 355.29           | -7.59            |

جدول 9-1: مقدار برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$  در جهت  $Y$

| STORY   | $V_y$ | $V_i$  | $P_i$ | $\sum P_i$ | $\Delta_i$ | $h_i$ | $q_i$  | $V_{i P-\Delta}$ | $V_{y P-\Delta}$ |
|---------|-------|--------|-------|------------|------------|-------|--------|------------------|------------------|
| STORY15 | 72.16 | 72.16  | 412   | 412        | 1.078      | 320   | 0.0192 | 76.27            | 76.27            |
| STORY14 | 30.56 | 102.72 | 363   | 775        | 1.121      | 320   | 0.0264 | 110.93           | 34.66            |
| STORY13 | 36.18 | 138.90 | 363   | 1138       | 1.169      | 320   | 0.0299 | 151.60           | 40.67            |
| STORY12 | 29.92 | 168.82 | 363   | 1501       | 1.201      | 320   | 0.0334 | 186.23           | 34.62            |
| STORY11 | 25.28 | 194.10 | 363   | 1864       | 1.206      | 320   | 0.0362 | 215.99           | 29.76            |
| STORY10 | 22.28 | 216.38 | 381   | 2245       | 1.157      | 320   | 0.0375 | 241.79           | 25.80            |
| STORY9  | 20.60 | 236.98 | 381   | 2626       | 1.131      | 320   | 0.0392 | 266.16           | 24.38            |
| STORY8  | 19.10 | 256.08 | 384   | 3010       | 1.097      | 320   | 0.0403 | 288.65           | 22.48            |
| STORY7  | 17.42 | 273.50 | 384   | 3394       | 1.044      | 320   | 0.0405 | 308.48           | 19.84            |
| STORY6  | 15.95 | 289.44 | 384   | 3778       | 0.972      | 320   | 0.0396 | 325.58           | 17.10            |
| STORY5  | 14.86 | 304.31 | 410   | 4188       | 0.862      | 320   | 0.0371 | 339.57           | 13.99            |
| STORY4  | 13.60 | 317.90 | 410   | 4598       | 0.752      | 320   | 0.0340 | 351.32           | 11.75            |
| STORY3  | 11.32 | 329.22 | 410   | 5008       | 0.628      | 320   | 0.0298 | 359.22           | 7.90             |
| STORY2  | 7.63  | 336.85 | 415   | 5423       | 0.450      | 300   | 0.0242 | 361.29           | 2.07             |
| STORY1  | 3.13  | 339.98 | 415   | 5838       | 0.231      | 300   | 0.0132 | 353.07           | -8.23            |

• طبق آئین نامه 2800 در صورتیکه از آنالیز  $P-\Delta$  مطابق با پیوست آئین نامه استفاده شود نسبت تنش عضو فشاری در

صورتیکه  $\frac{f_a}{F_a} > 0.15$  باید با روابط زیر کنترل گردند:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$



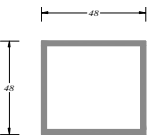
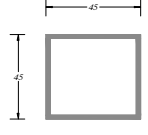
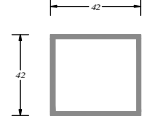
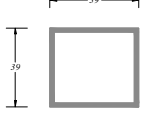
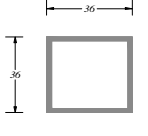
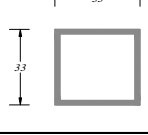
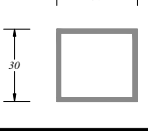
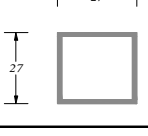
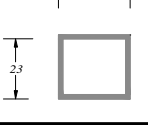
## 2- طراحی تیر مرکب

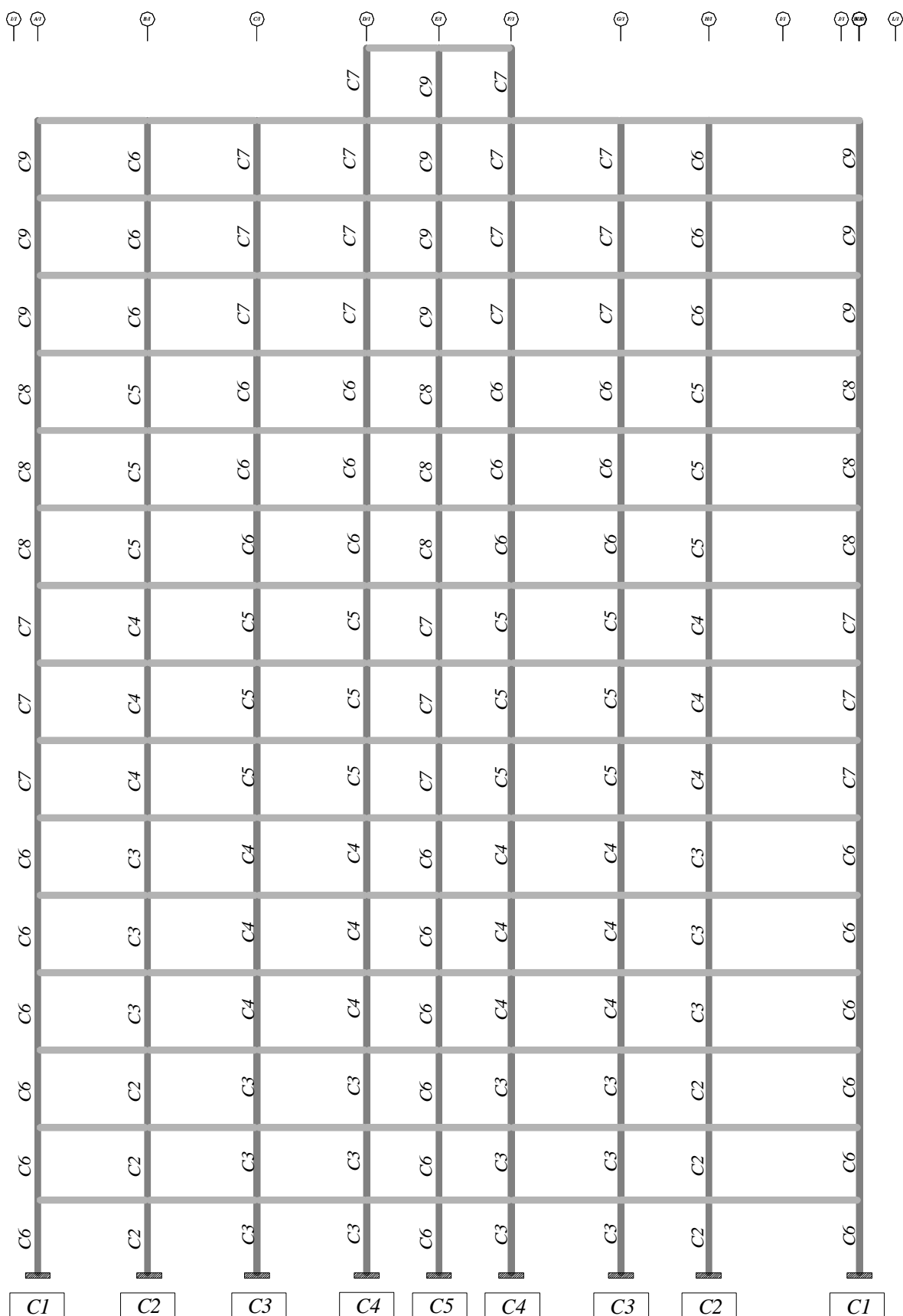
طراحی تیر های مرکب همانند قسمت اول پروژه (قاب خمشی ویژه در دو جهت) می باشد

## 3- طراحی ستون

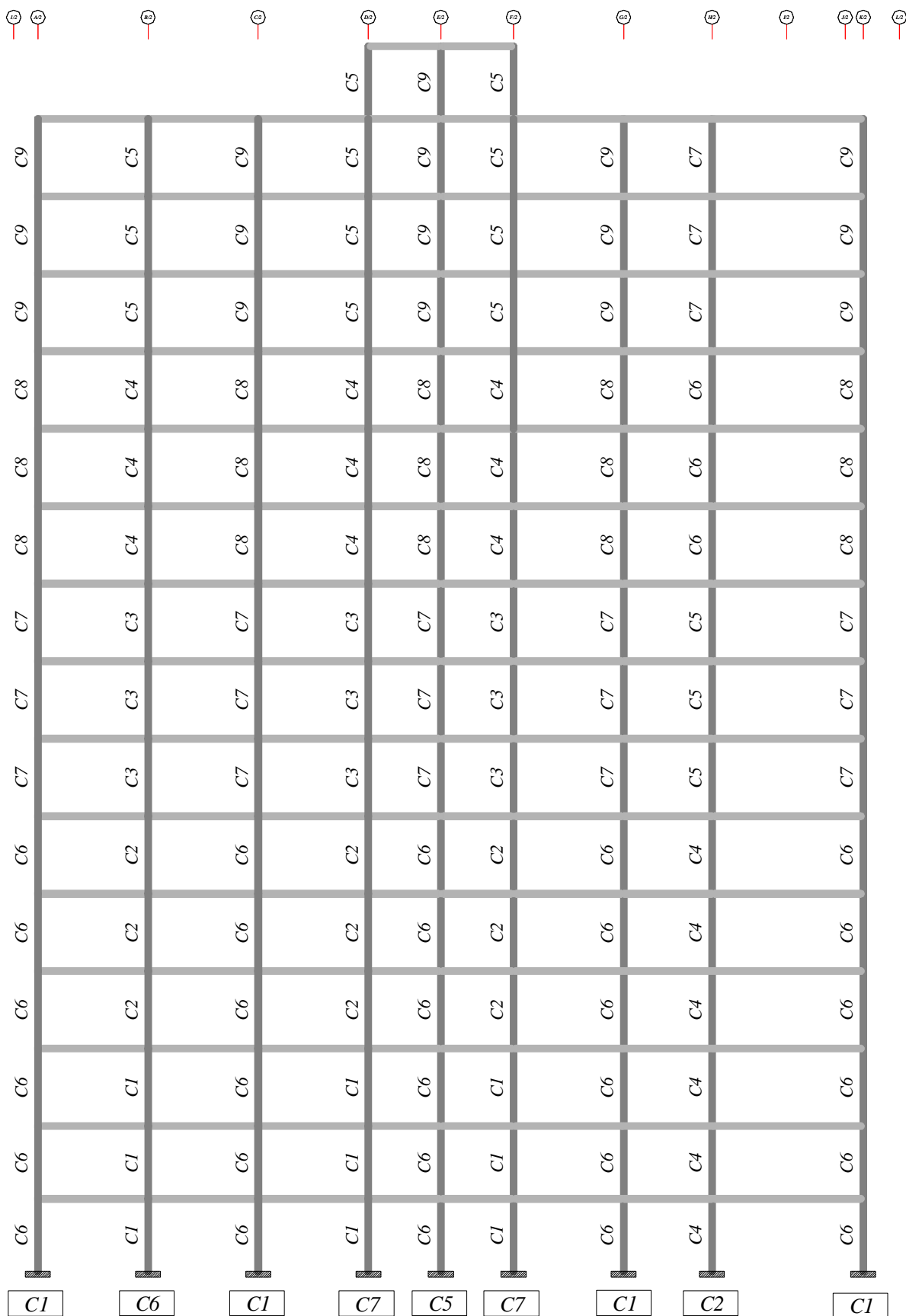
تیر ستون ها در 7 تیپ بر اساس آیین نامه AISC طراحی شده اند. مقاطع ستون ها بصورت جعبه ای مستطیلی می باشد. ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 13-می باشد.

جدول 3-1: مشخصات هندسی مقاطع ستونها

| SectionName | Shape   | d  | b  | t <sub>f</sub> | t <sub>w</sub> | A   | I <sub>33</sub> | I <sub>22</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | S <sub>33</sub> | S <sub>22</sub> | Z <sub>33</sub> | Z <sub>22</sub> | R <sub>33</sub> | R <sub>22</sub> |
|-------------|---|----|----|----------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C1          |    | 48 | 48 | 2.5            | 2.5            | 455 | 157468          | 157468          | 240            | 240            | 6561            | 6561            | 7771            | 7771            | 18.60           | 18.60           |
| C2          |   | 45 | 45 | 2              | 2              | 344 | 106239          | 106239          | 180            | 180            | 4722            | 4722            | 5551            | 5551            | 17.57           | 17.57           |
| C3          |  | 42 | 42 | 2              | 2              | 320 | 85547           | 85547           | 168            | 168            | 4074            | 4074            | 4804            | 4804            | 16.35           | 16.35           |
| C4          |  | 39 | 39 | 2              | 2              | 296 | 67735           | 67735           | 156            | 156            | 3474            | 3474            | 4111            | 4111            | 15.13           | 15.13           |
| C5          |  | 36 | 36 | 2              | 2              | 272 | 52587           | 52587           | 144            | 144            | 2921            | 2921            | 3472            | 3472            | 13.90           | 13.90           |
| C6          |  | 33 | 33 | 2              | 2              | 248 | 39887           | 39887           | 132            | 132            | 2417            | 2417            | 2887            | 2887            | 12.68           | 12.68           |
| C7          |  | 30 | 30 | 1.5            | 1.5            | 171 | 23213           | 23213           | 90             | 90             | 1548            | 1548            | 1829            | 1829            | 11.65           | 11.65           |
| C8          |  | 27 | 27 | 1.5            | 1.5            | 153 | 16639           | 16639           | 81             | 81             | 1233            | 1233            | 1465            | 1465            | 10.43           | 10.43           |
| C9          |  | 24 | 24 | 1.5            | 1.5            | 135 | 11441           | 11441           | 72             | 72             | 953             | 953             | 1141            | 1141            | 9.21            | 9.21            |

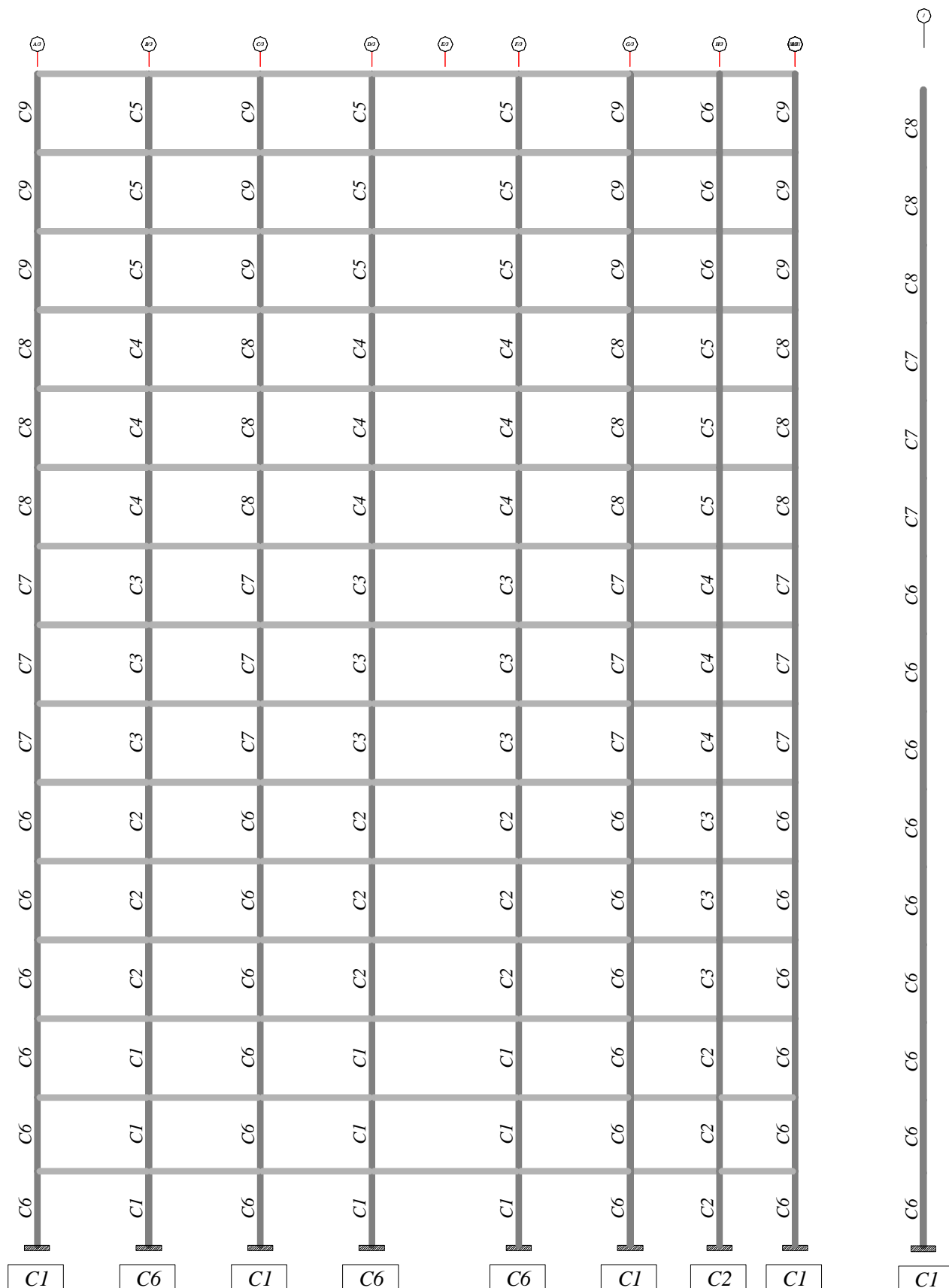


*Elevation 1*



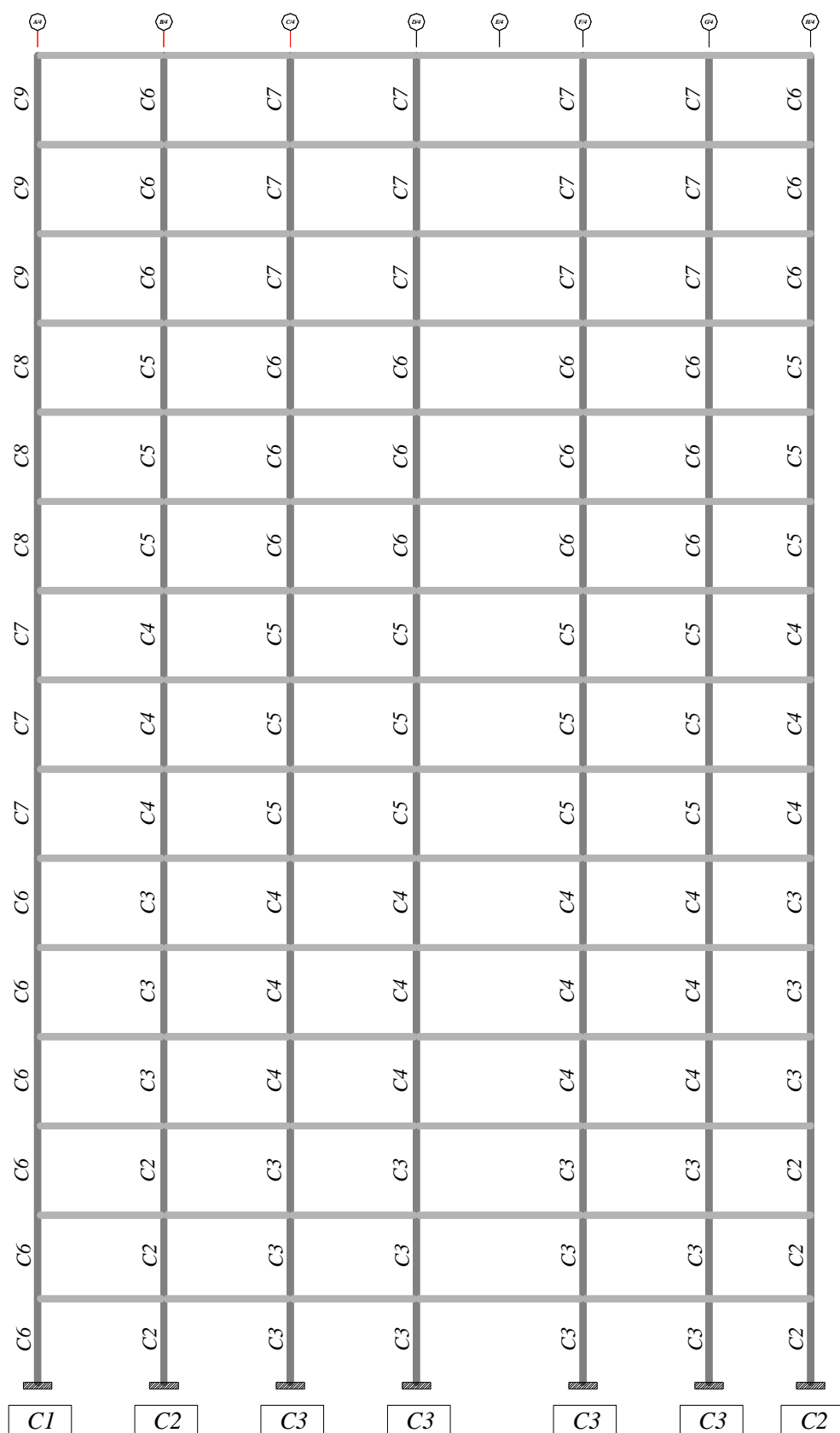
Elevation 2





Elevation 3

Elevation J



Elevation 4



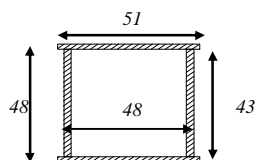
|         |       |                        |       |            |
|---------|-------|------------------------|-------|------------|
| 83/8/10 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |            |
| 1/2     | صفحه  | C6( story1-D3)         | تیپ   |            |

نیروهای و پارامترهای طراحی

| ترکیب بار         | P        | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
|-------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 DL+LL           | -307404  | 102.34         | 846.01         | 76821          | 10311.7        |
| 2 0.75(DL+LL+EX1) | -293512  | -4547.43       | 843.84         | 53845.9        | -183555.9      |
| 3 0.75(DL+LL-EX1) | -167594  | 4700.93        | 425.18         | 61385.7        | 1851026        |
| 4 0.75(DL+LL+EX2) | -290412  | -4676.15       | 955.42         | 101043.3       | -1886035       |
| 5 0.75(DL+LL-EX2) | -170695  | 4829.66        | 313.6          | 14188.2        | 1901502        |
| 6 0.75(DL+LL+EY1) | -450171  | -103.79        | -2815.08       | -1428808       | -50784.2       |
| 7 0.75(DL+LL-EY1) | -10935.3 | 257.3          | 4084.1         | 1544039        | 66251.7        |
| 8 0.75(DL+LL+EY2) | -457998  | 211.65         | -3088.25       | -1545209       | 73653.3        |
| 9 0.75(DL+LL-EY2) | -3108.12 | -58.14         | 4357.27        | 1660441        | -58185.9       |

$$L = 285$$

$$K_x = 1 \quad K_y = 1$$



$$C_1 = 48 \times 48$$

مشخصات هندسی نیمرخ

$$A = 455 \quad S_x = 6561 \quad r_x = 18.60 \quad A_{vx} = 240$$

$$S_y = 6561 \quad r_y = 18.60 \quad A_{vy} = 240$$

$$t_f = 2.5 \quad t_w = 2.5$$

محاسبه تنش های مجاز

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L}{r_x} &= \frac{1 \times 285}{18.6} = 15.32 \\ \frac{K_y L}{r_y} &= \frac{1 \times 285}{18.60} = 15.32 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 15.32$$

$$C_c = \frac{6440}{F_y} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.12$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^3 = 1.710$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1394$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.6 F_y = 1440$$

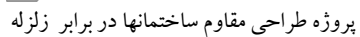
مقطع غیر فشرده

محاسبه تنش های موجود

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{457998}{455} = 1007$$

$$f_{bx} = \frac{M_3}{S_x} = \frac{73653}{6561} = 11.23$$

$$f_{by} = \frac{M_2}{S_y} = \frac{1545209}{6561} = 235.5$$


$$\frac{h}{t_w} \text{ , } \frac{b}{t_f} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.72$$

$$\frac{43}{2.5} = 17.2 \leq 40.72$$

$$\frac{48}{2.5} = 19.2 \leq 40.72$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{1007}{1394} = 0.722$$

$$(I) \quad \text{if } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

$$\begin{aligned} \text{if } \frac{f_a}{F_a} \geq 0.15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_m f_{by}}{F_{by}} &\leq 1 \quad (II) \quad \frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (III) \quad C_m = 0.75 \\ \frac{1007}{1394} + \frac{9.542}{1440} + \frac{200.2}{1440} &= 0.722 + 0.007 + 0.139 = 0.868 \leq 1 \end{aligned}$$

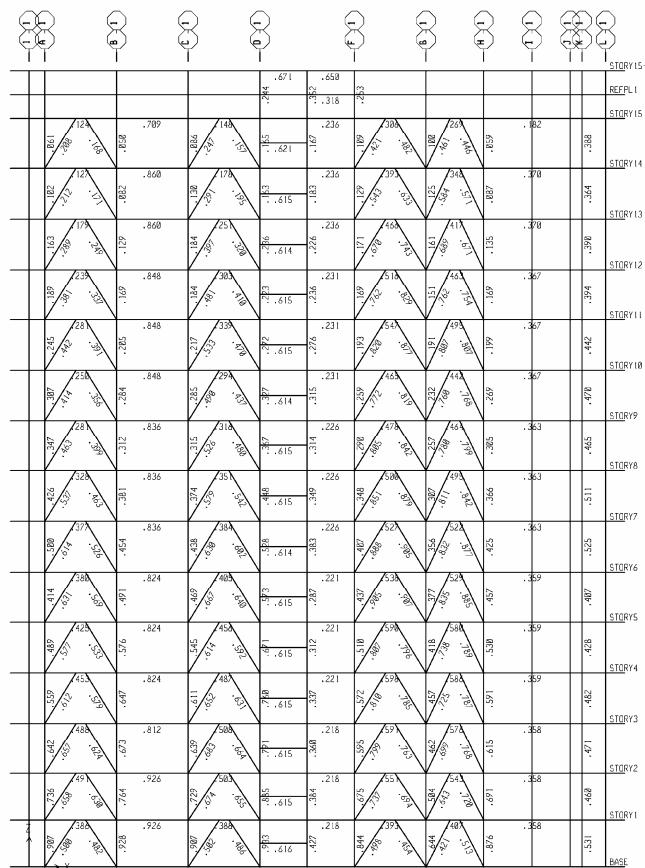
$$\frac{1007}{1440} + \frac{11.23}{1440} + \frac{235.5}{1440} = 0.699 + 0.008 + 0.164 = 0.870 \leq 1$$

|   | ترکیب بار       | $f_a$ | $f_a$ | $f_a$     | $f_{bx}$ | $f_{bx}$ | $f_{by}$ | $f_{by}$ | (I)   | (II)  | (III) |
|---|-----------------|-------|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
|   |                 |       | $F_a$ | $0.6 F_y$ |          | $F_{bx}$ |          | $F_{by}$ |       |       |       |
| 1 | DL+LL           | 676   | 0.485 | 0.469     | 2        | 0.001    | 12       | 0.008    | -     | 0.492 | 0.478 |
| 2 | 0.75(DL+LL+EX1) | 645   | 0.463 | 0.448     | 280      | 0.194    | 8        | 0.006    | -     | 0.463 | 0.648 |
| 3 | 0.75(DL+LL-EX1) | 368   | 0.264 | 0.256     | 282      | 0.196    | 9        | 0.006    | -     | 0.264 | 0.458 |
| 4 | 0.75(DL+LL+EX2) | 638   | 0.458 | 0.443     | 287      | 0.200    | 15       | 0.011    | -     | 0.458 | 0.654 |
| 5 | 0.75(DL+LL-EX2) | 375   | 0.269 | 0.261     | 290      | 0.201    | 2        | 0.002    | -     | 0.269 | 0.463 |
| 6 | 0.75(DL+LL+EY1) | 989   | 0.710 | 0.687     | 8        | 0.005    | 218      | 0.151    | -     | 0.710 | 0.844 |
| 7 | 0.75(DL+LL-EY1) | 24    | 0.017 | 0.017     | 10       | 0.007    | 235      | 0.163    | 0.188 | -     | -     |
| 8 | 0.75(DL+LL+EY2) | 1007  | 0.722 | 0.699     | 11       | 0.008    | 236      | 0.164    | -     | 0.722 | 0.870 |
| 9 | 0.75(DL+LL-EY2) | 7     | 0.005 | 0.005     | 9        | 0.006    | 253      | 0.176    | 0.187 | -     | -     |

$$F_v = 0.4 F_y = 0.4 \times 2400 = 960$$

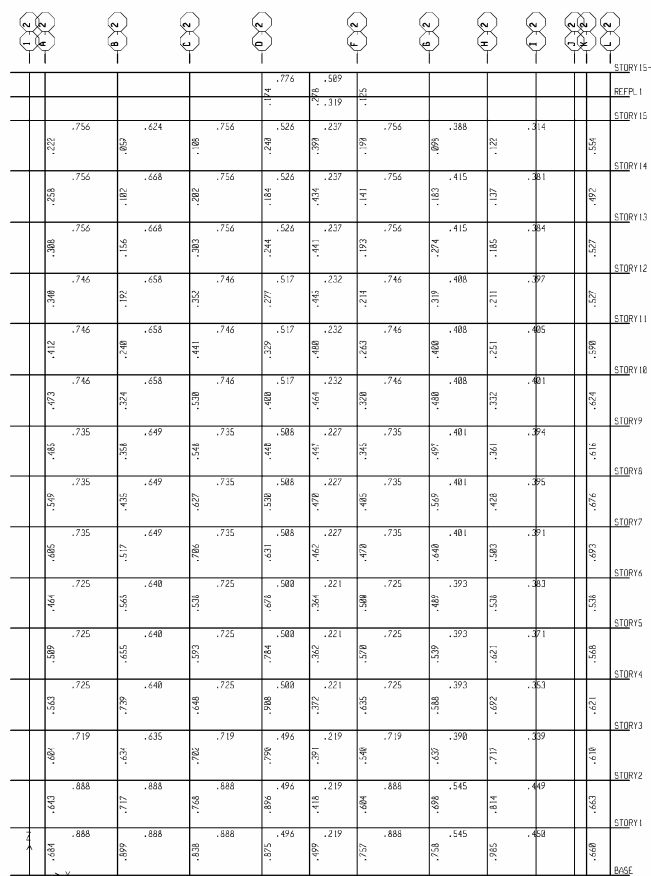
$$f_{vx} = \frac{(V_x)_{max}}{A_{vx}} = \frac{4357}{240} = 18 \Rightarrow \frac{f_{vx}}{F_v} = \frac{18}{960} = 0.019$$

$$f_{vy} = \frac{(V_y)_{max}}{A_{vy}} = \frac{4830}{240} = 20 \Rightarrow \frac{f_{vy}}{F_v} = \frac{20}{960} = 0.021$$



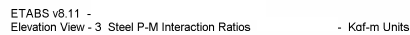
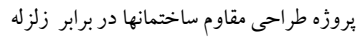
ETABS v8.11  
Elevation View - 1A: Steel P-M Interaction Ratios

Right in Units



ETABS v8.11  
Elevation View - 2: Steel P-M Interaction Ratios

Right in Units

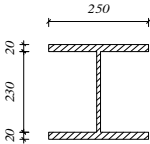
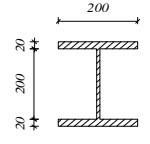
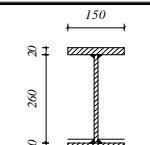
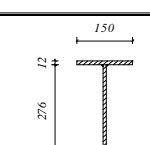
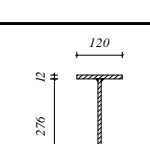
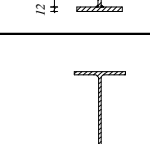


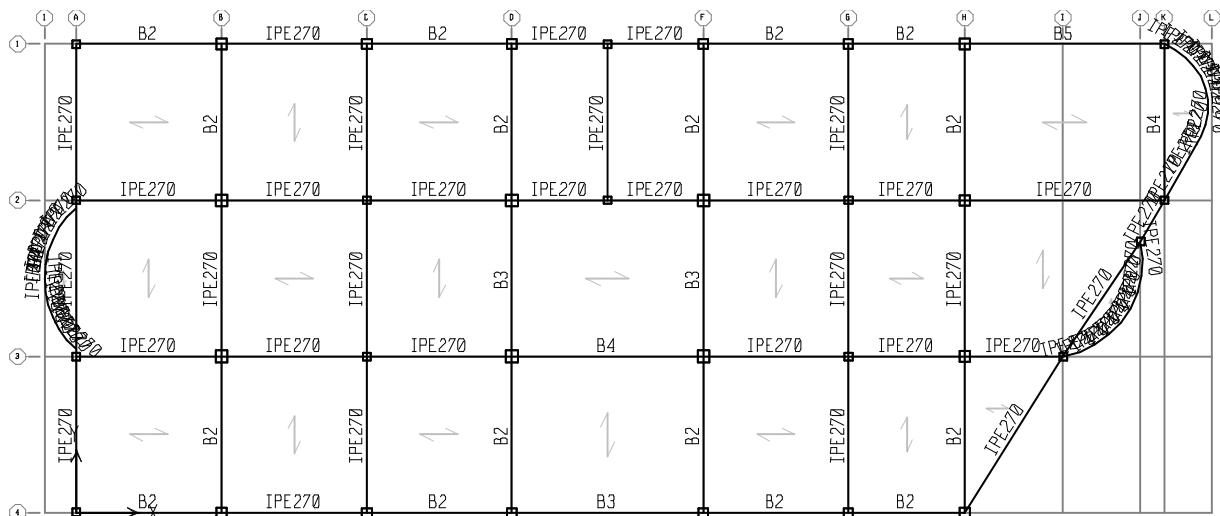


#### 4- طراحی تیر ورق

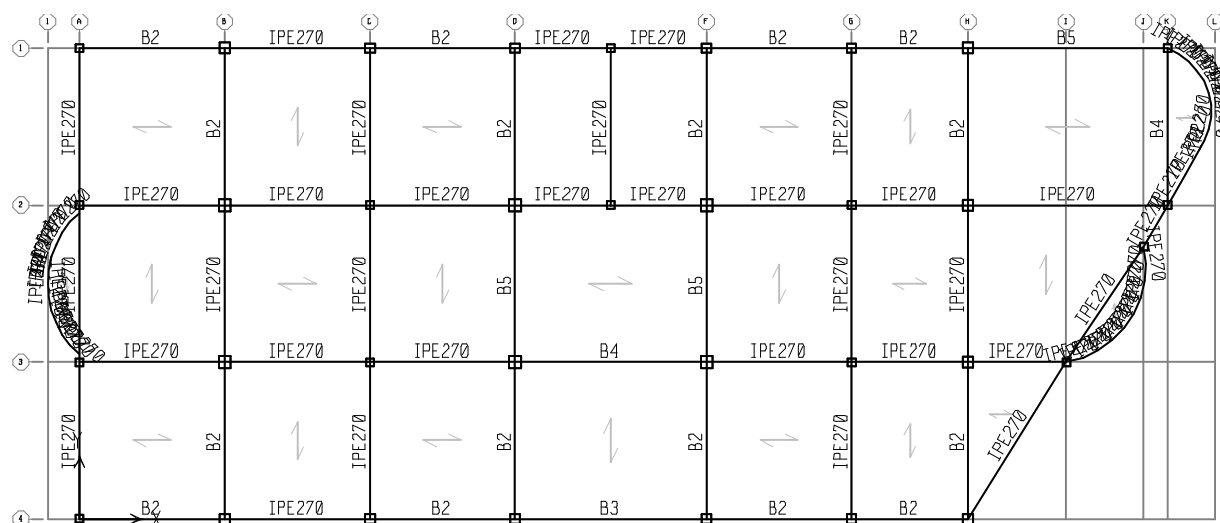
تیرورق ها در 6 تیپ بر اساس آیین نامه AISC طراحی شده اند . ابعاد و مشخصات هندسی ستون ها بر اساس جدول 14- می باشد .

جدول 1-4: مشخصات هندسی تیرها

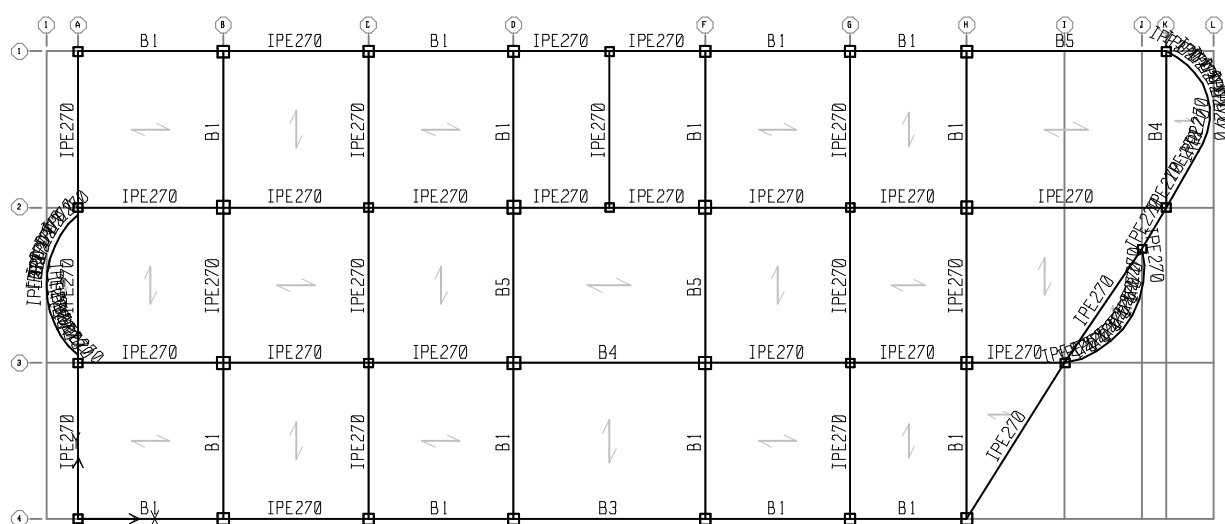
| SectionName | Shape   | d  | b    | $t_f$ | $t_w$ | A     | $I_{33}$ | $I_{22}$ | $A_2$ | $A_3$ | $S_{33}$ | $S_{22}$ | $Z_{33}$ | $Z_{22}$ | R33   | R22  |
|-------------|---|----|------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|-------|------|
| B1          |    | 27 | 25   | 2     | 1     | 123   | 16672    | 5210     | 27    | 83    | 1235     | 417      | 1382     | 631      | 11.64 | 6.51 |
| B2          |    | 24 | 20   | 2     | 0.8   | 96    | 10240    | 2668     | 19    | 67    | 853      | 267      | 960      | 403      | 10.33 | 5.27 |
| B4          |   | 30 | 15   | 2     | 1     | 86    | 13245    | 1127     | 30    | 50    | 883      | 150      | 1009     | 232      | 12.41 | 3.62 |
| B5          |  | 30 | 15   | 1.2   | 0.8   | 58.08 | 8871     | 676      | 24    | 30    | 591      | 90       | 671      | 139      | 12.36 | 3.41 |
| B6          |  | 30 | 12   | 1.2   | 0.8   | 50.88 | 7377     | 347      | 24    | 24    | 492      | 58       | 567      | 91       | 12.04 | 2.61 |
| IPE270      |  | 27 | 13.5 | 1.02  | 0.66  | 45.9  | 5790     | 420      | 18    | 23    | 429      | 62       | 484      | 97       | 11.23 | 3.02 |



مقطع تیرها - طبقه 15

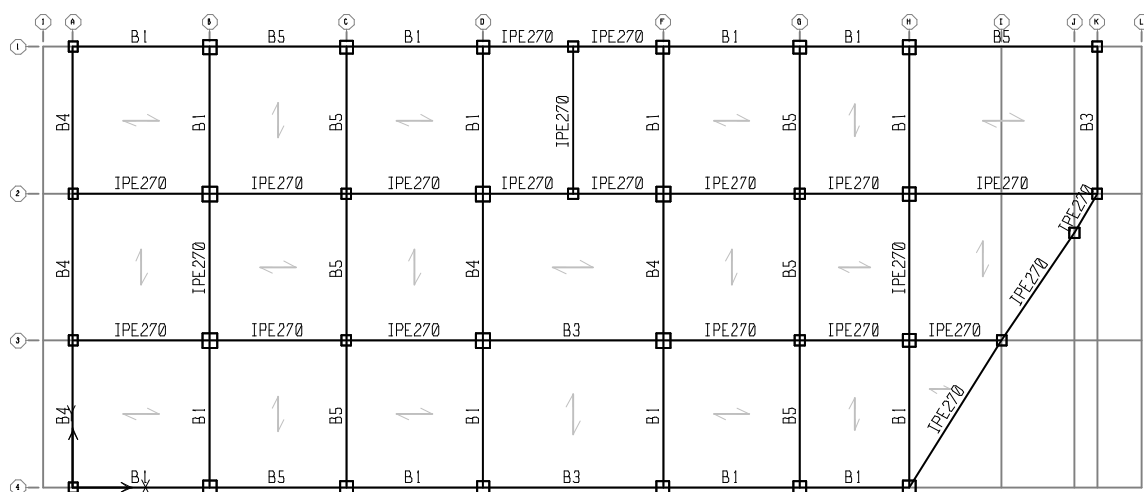


مقطع تیرها - طبقات 14-13-12-11



مقطع تیرها - طبقات 10-9-8-7-6-5-4-3-2





مقطع تیرها - طبقات 2-1



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/8/11 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 1/2     | صفحه  | B3(Story1 +D4-F4)      | تیپ   |               |

|               |         |         |         |         |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
| نیروهای طراحی |         |         |         |         |
| ترکیب بار     | $V_2^+$ | $V_2^-$ | $M_3^+$ | $M_3^-$ |
|               | 8.33    | -8.33   | 12.32   | 0.00    |
|               | DL+LL   | DL+LL   | DL+LL   | DL+LL   |

|                    |         |       |         |      |
|--------------------|---------|-------|---------|------|
| خصوصیات هندسی مقطع |         |       |         |      |
|                    | $I_3 =$ | 13244 | $S_3 =$ | 883  |
|                    | $h =$   | 26    | $d =$   | 30   |
|                    | $t_f =$ | 2.0   | $t_w =$ | 1.0  |
|                    |         |       | $A_v =$ | 30   |
|                    |         |       | $b =$   | 15.0 |
|                    |         |       | $L =$   | 455  |

|   |  |
|---|--|
| کنترل نسبت ارتفاع و عرض به ضخامت  |  |
| $\frac{h}{t_w} \leq \frac{985000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} = 337 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1} = 26 \leq 337$ |  |

|   |   |
|---|---|
| تعیین تنش خمشی مجاز   |   |
|   | $I_T = \frac{b_f^3 \times t_f}{12} + \frac{h \times t_w^3}{72} = \frac{15^3 \times 2.0}{12} + \frac{26 \times 1.0^3}{72} = 281.8$ |
|   | $A_T = A_f + \frac{A_w}{6} = 30 + \frac{26}{6} = 34.33$   |
|   | $r_T = \sqrt{\frac{I_T}{A_T}} = \sqrt{\frac{281.8}{34.33}} = 2.86$  |
|   | $L_b = 91 \quad C_b = 1.000 \quad \frac{L_b}{r_T} = \frac{91}{2.86} = 31.76$  |
|   | $I_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 54.77 \quad I_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} = 122.5$                  |
| $(I) \left\{ \begin{array}{l} \text{if } \frac{L_b}{r_T} \leq I_1 \Rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } I_1 < \frac{L_b}{r_T} \leq I_2 \Rightarrow F_{b1} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (L_b/r_T)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right] F_y \\ \text{if } \frac{L_b}{r_T} > I_2 \Rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5}{(L_b/r_T)} \end{array} \right\} \Rightarrow F_{b1} = 1440$ |   |
| $(II) \quad F_{b2} = \frac{84000 C_b}{L_b \cdot d/A_f} = \frac{84000 \times 1.000}{91 \times 30 / 30} = 923.1$  |   |
| $F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \leq 0.6 F_y \Rightarrow F_b = 923.0769$  |   |



|         |       |                        |       |               |
|---------|-------|------------------------|-------|---------------|
| 83/8/11 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی تیر ورق |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |               |
| 2/2     | صفحه  | B3(Story1 +D4-F4)      | تیپ   |               |

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_y}} = 130 \quad \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 \leq 130$$

کمانش خمشی جان اتفاق نمی افتد بنابراین  
اصلاح تنش خمشی مجاز لزومی ندارد

کنترل های لازم برای حذف تقویت های میانی

(I)  $\frac{h}{t_w} < 260 \Rightarrow \frac{h}{t_w} = \frac{26}{1.0} = 26 < 260$

(II)  $f_v < F_v$  if  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}} = 65 \Rightarrow F_v = 0.4 F_y = 960$

$f_v = \frac{V}{h t_w} = \frac{8.33 \times 1000}{26 \times 1.0} = 320.4 < F_v = 960$

کنترل نسبت تنشی خمشی

$f_b = \frac{M_3}{S_3} \leq F_b \Rightarrow \frac{12.32 \times 10^5}{883} = 1395 \leq F_b = 1440$

$\frac{f_a}{F_b} = \frac{1395}{1440} = 0.969$

طراحی جوش اتصال بال به جان

$V_{max} = h . t_w . F_v = 26 \times 1.0 \times 960 = 24960$

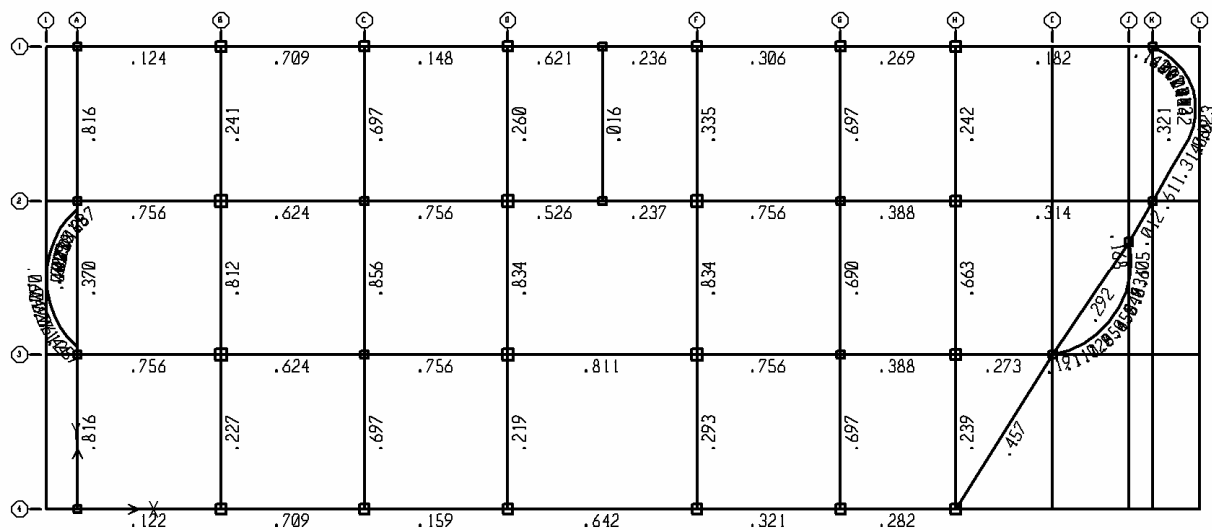
$f_{vs} = \frac{V_{max} \cdot Q}{I} = \frac{24960 \times 420}{13244} = 791.5 \text{ kg/cm}$  حداکثر جریان برش

$a_w = 0.8 \quad R_w = 2 \times 650 \times 0.8 = 1040 \text{ kg/cm}$  ظرفیت برشی جوش

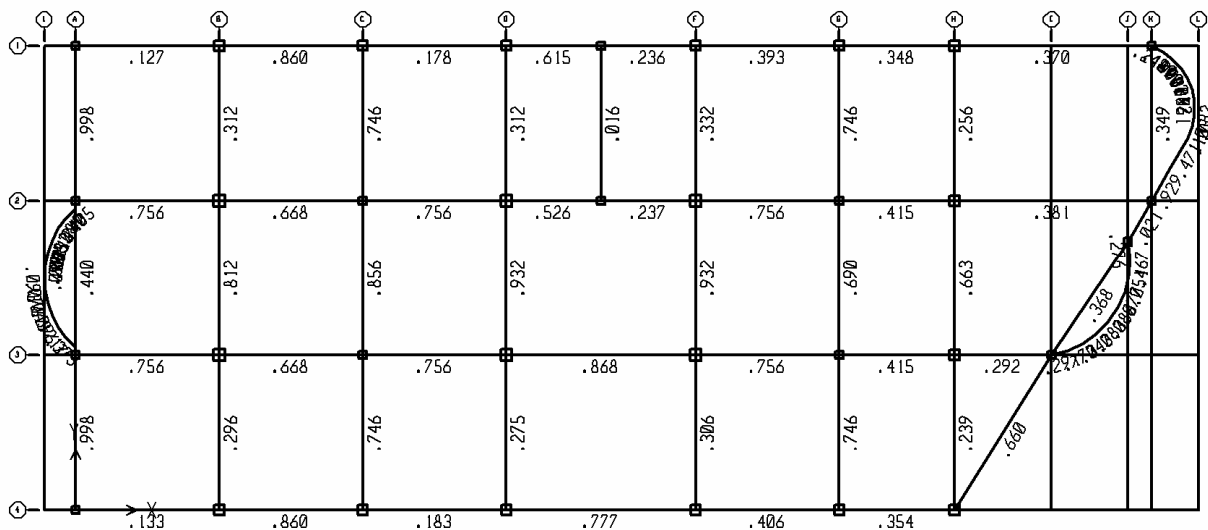
$\frac{f_{vs}}{R_w} = \frac{791.5}{1040} = 0.761$  درصد جوش منقطع

$L_i = 16 t_w = 16 \times 1.0 = 16 \Rightarrow L_i = 15$  حداکثر فاصله آزاد بین جوشهای منقطع

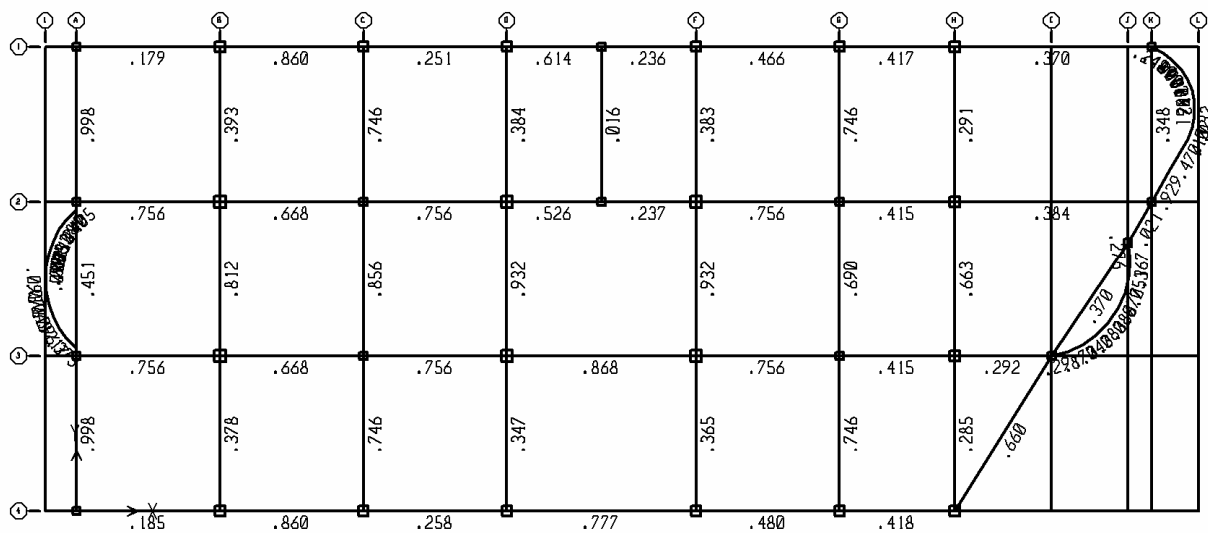
$L_w = 50$



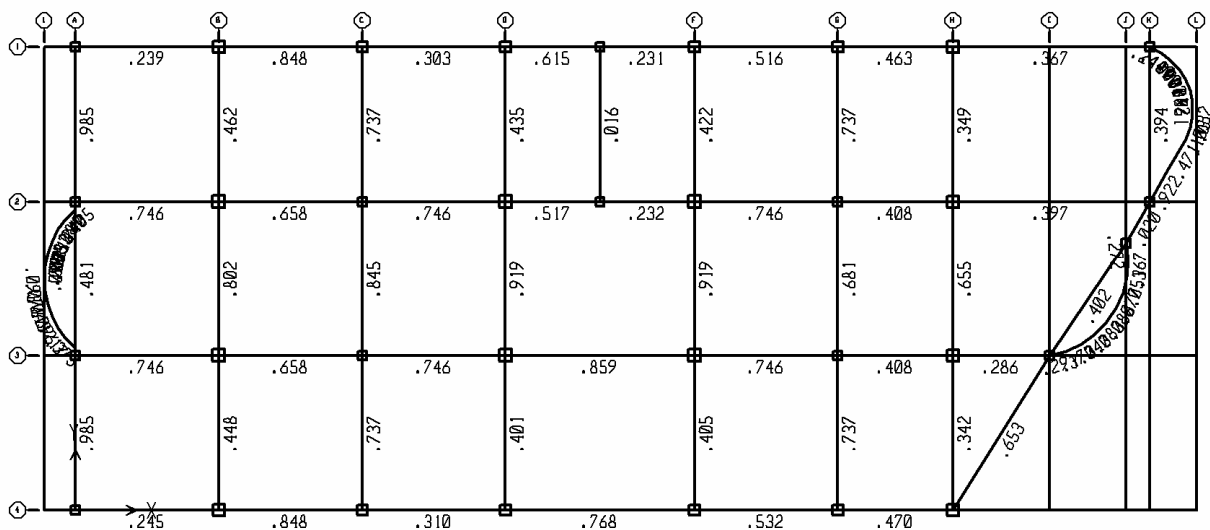
نسبت تنش تیرها - طبقه 15



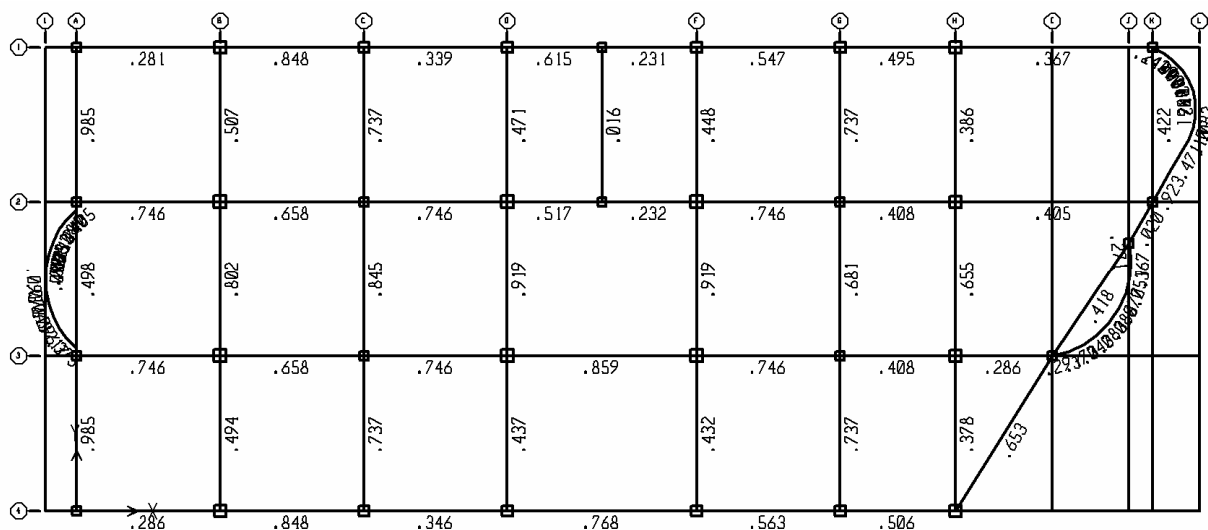
نسبت تنش تیرها - طبقه 14



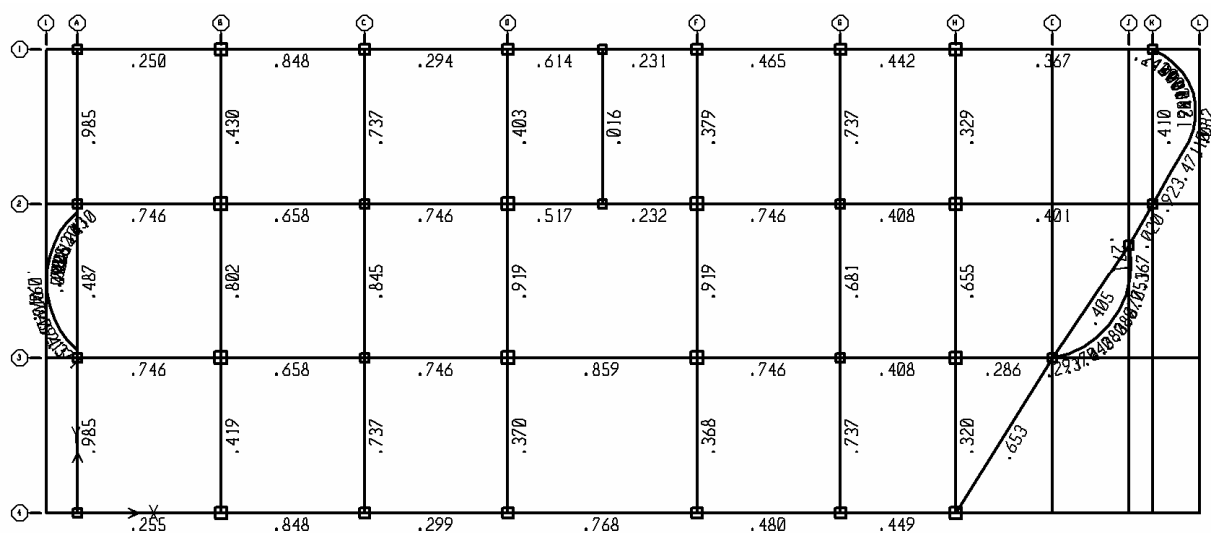
نسبت تنش تیرها - طبقه 13



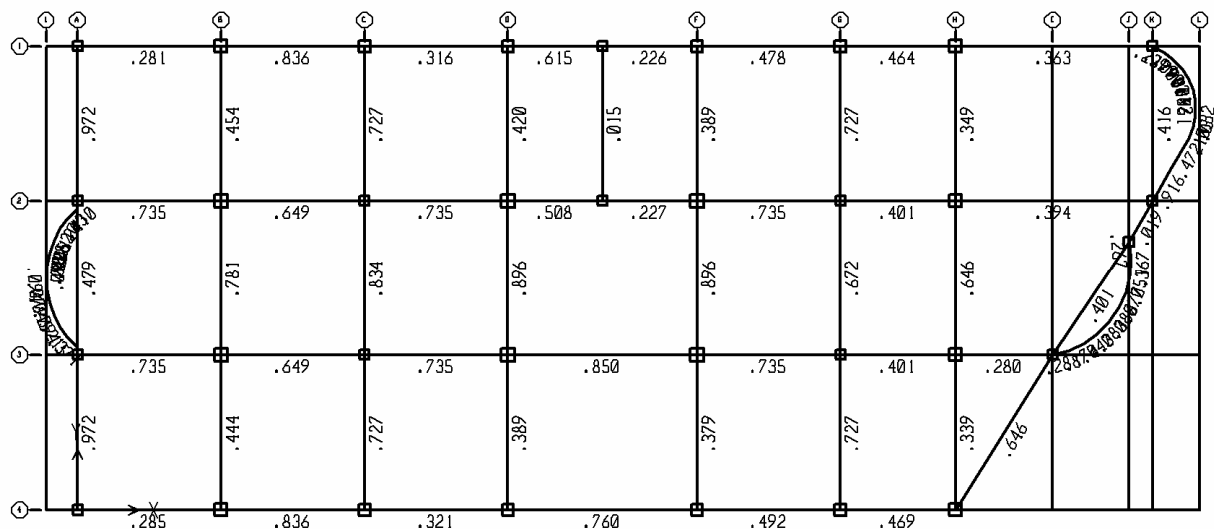
نسبت تنش تیرها - طبقه 12



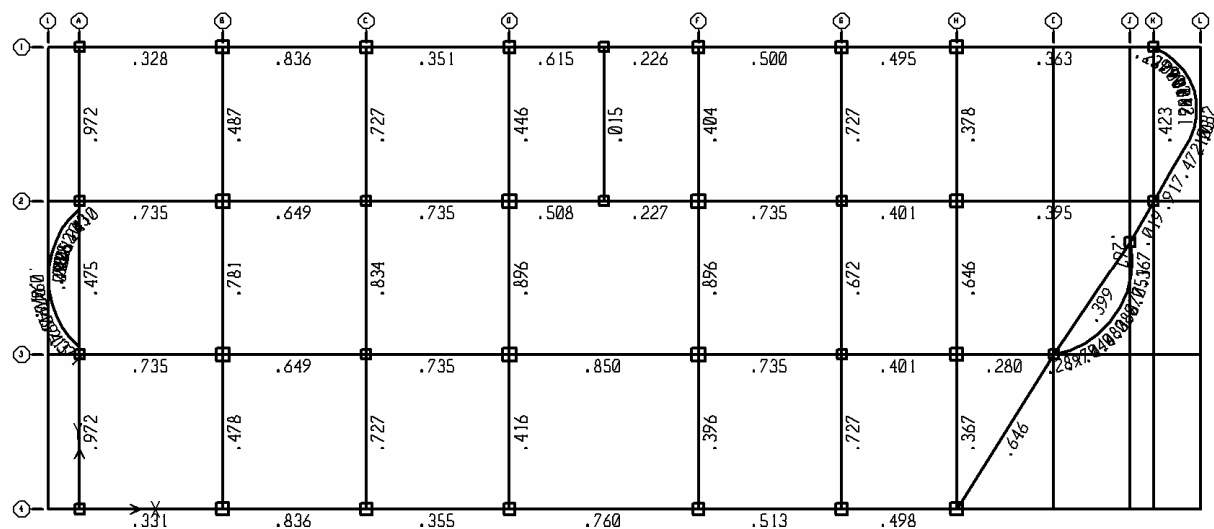
نسبت تنش تیرها - طبقه 11



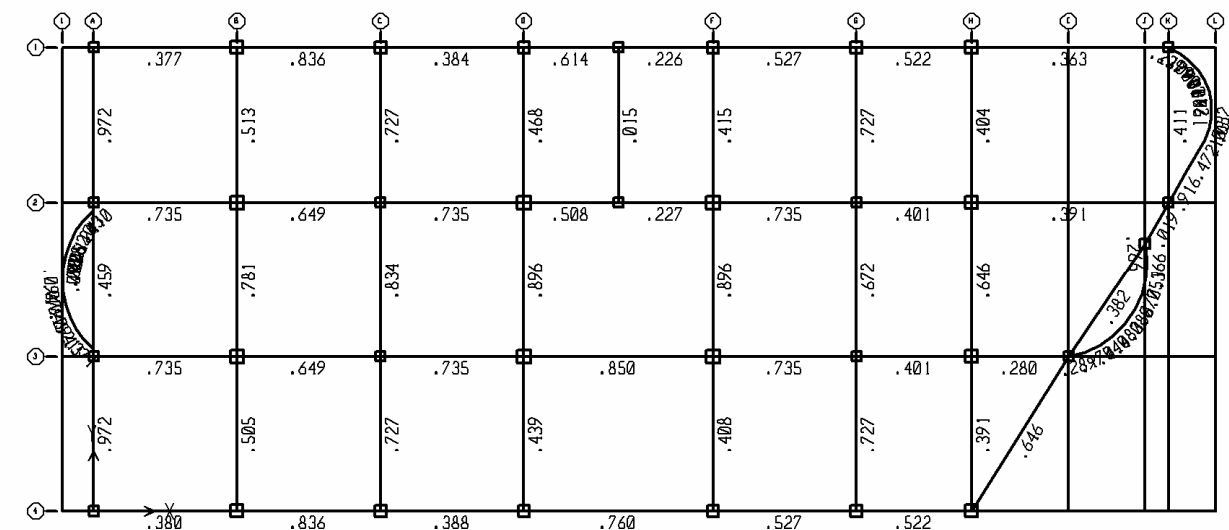
نسبت تنش تیرها - طبقه 10



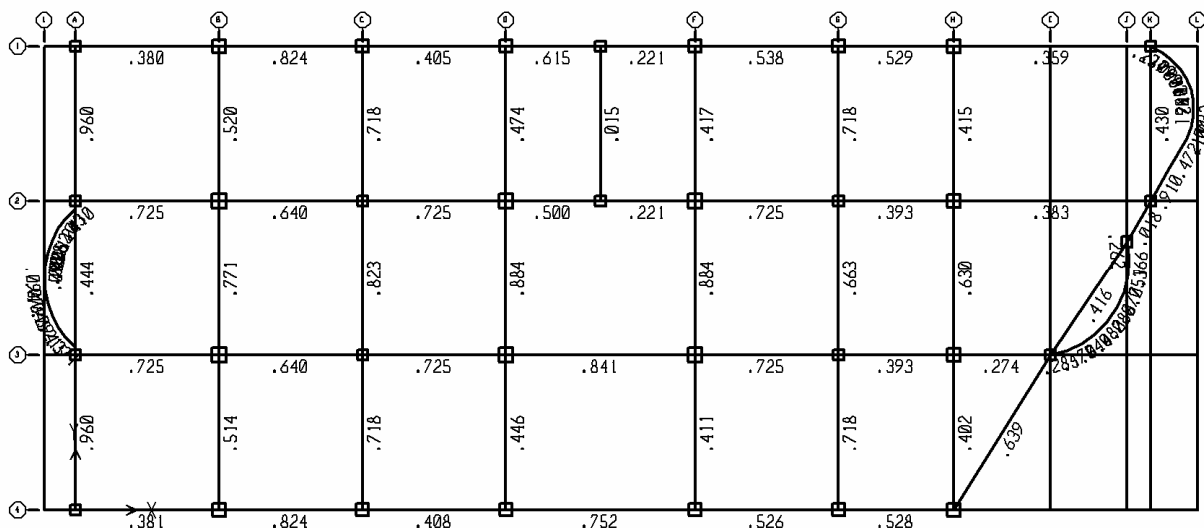
نسبت تنش تیرها - طبقه 9



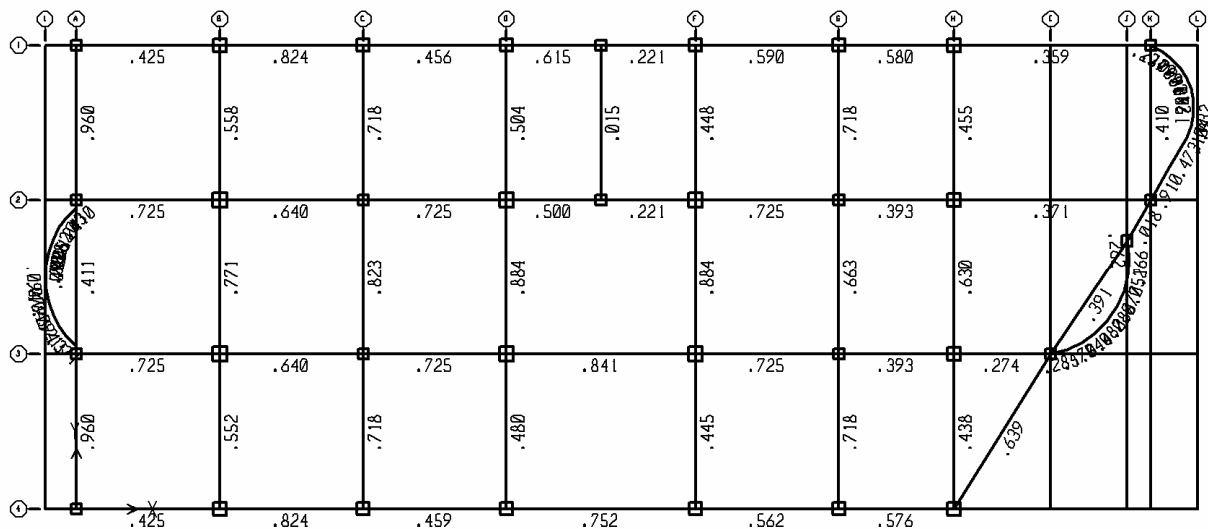
نسبت تنش تیرها - طبقه 8



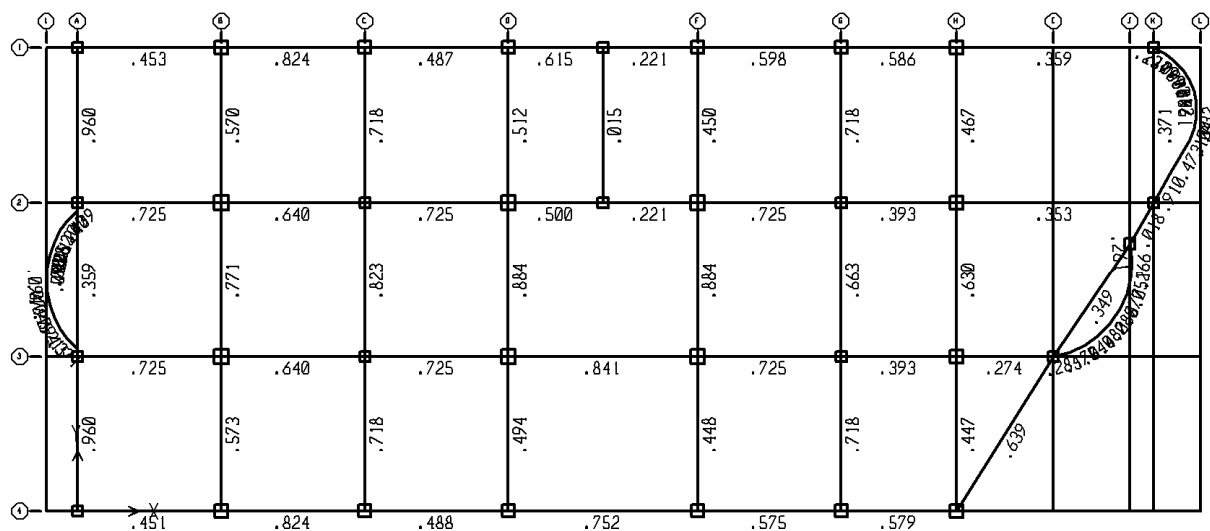
نسبت تنش تیرها - طبقه 7



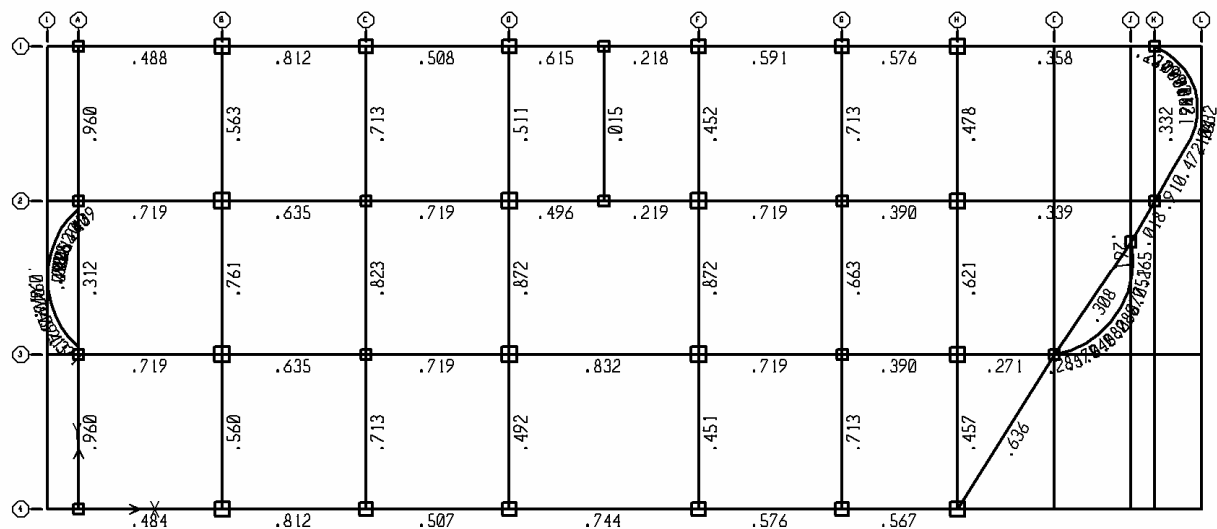
نسبت تنش تیرها - طبقه 6



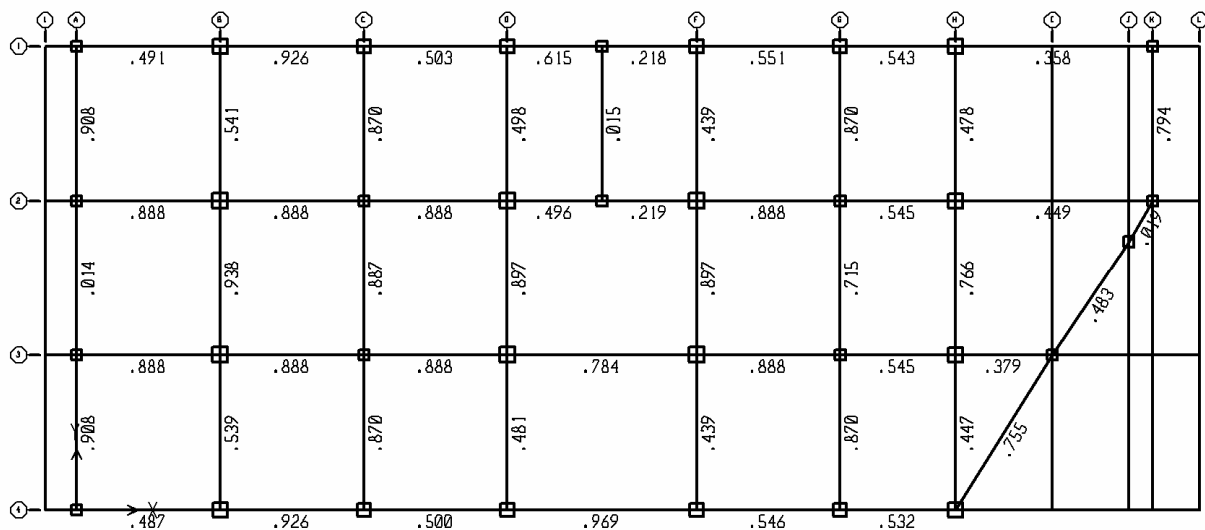
نسبت تنش تیرها - طبقه 5



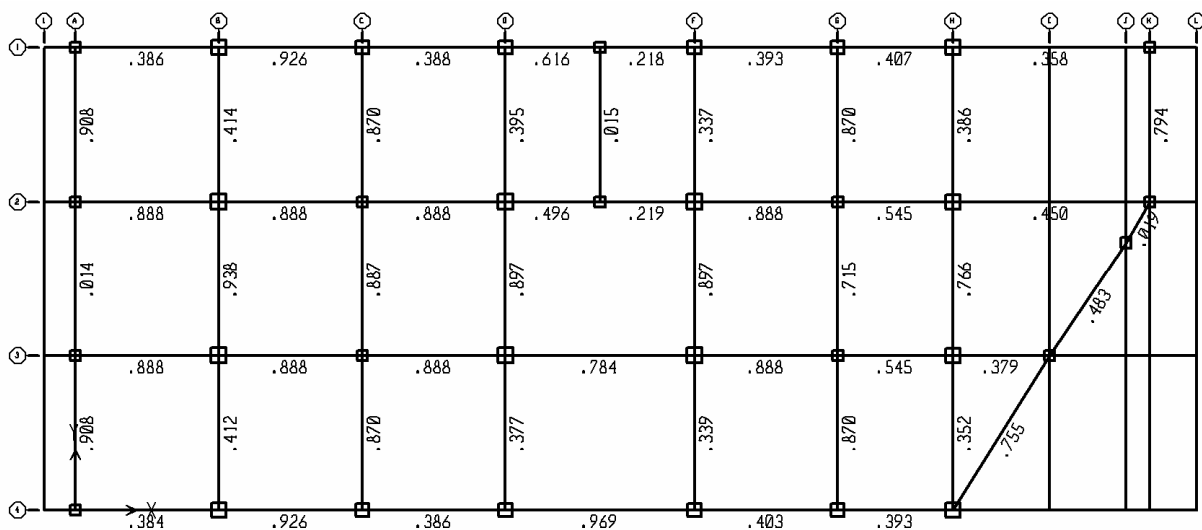
نسبت تنش تیرها - طبقه 4



نسبت تنش تیرها - طبقه 3



نسبت تنش تیرها - طبقه 2



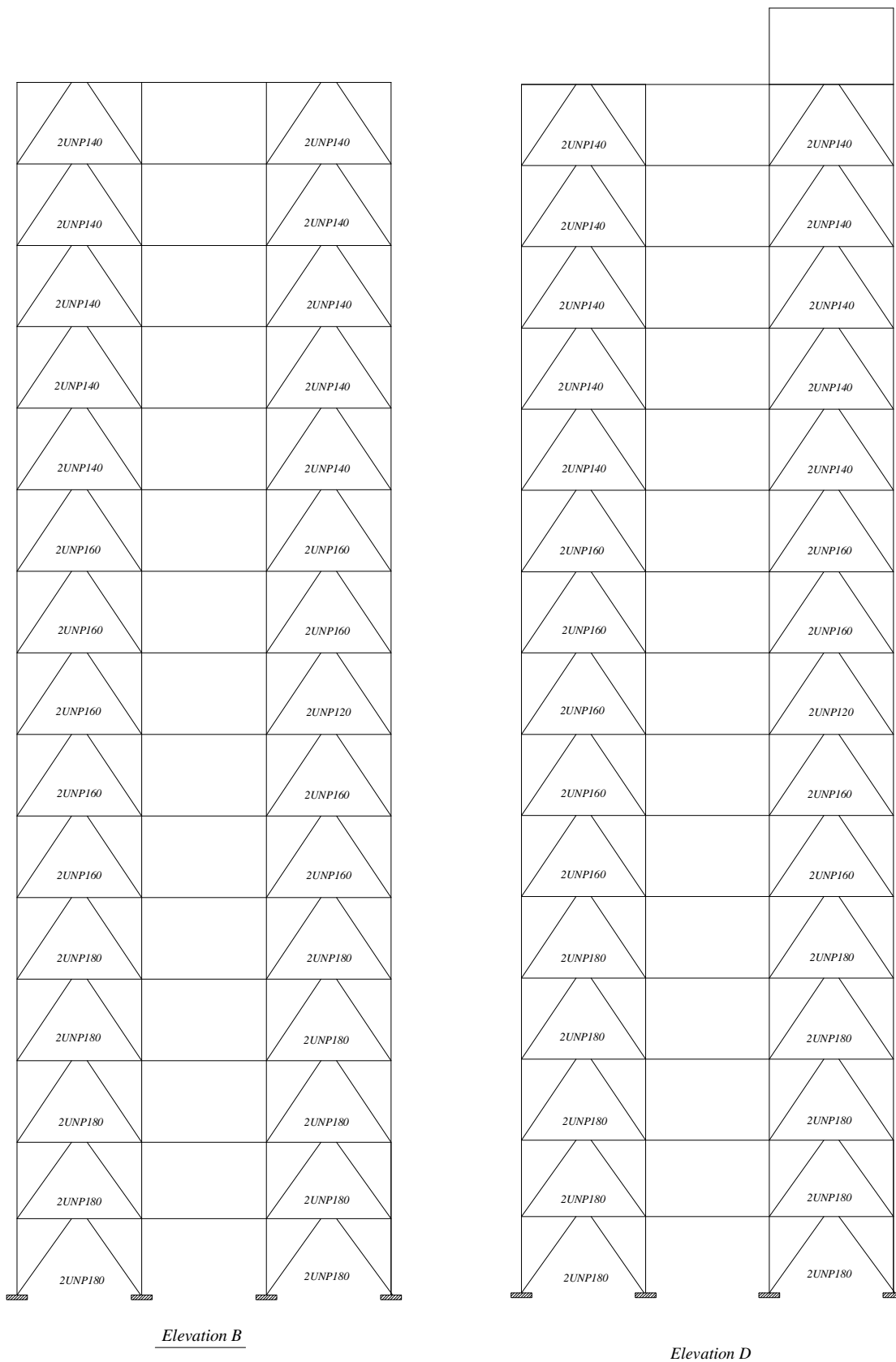
نسبت تنش تیرها - طبقه 1

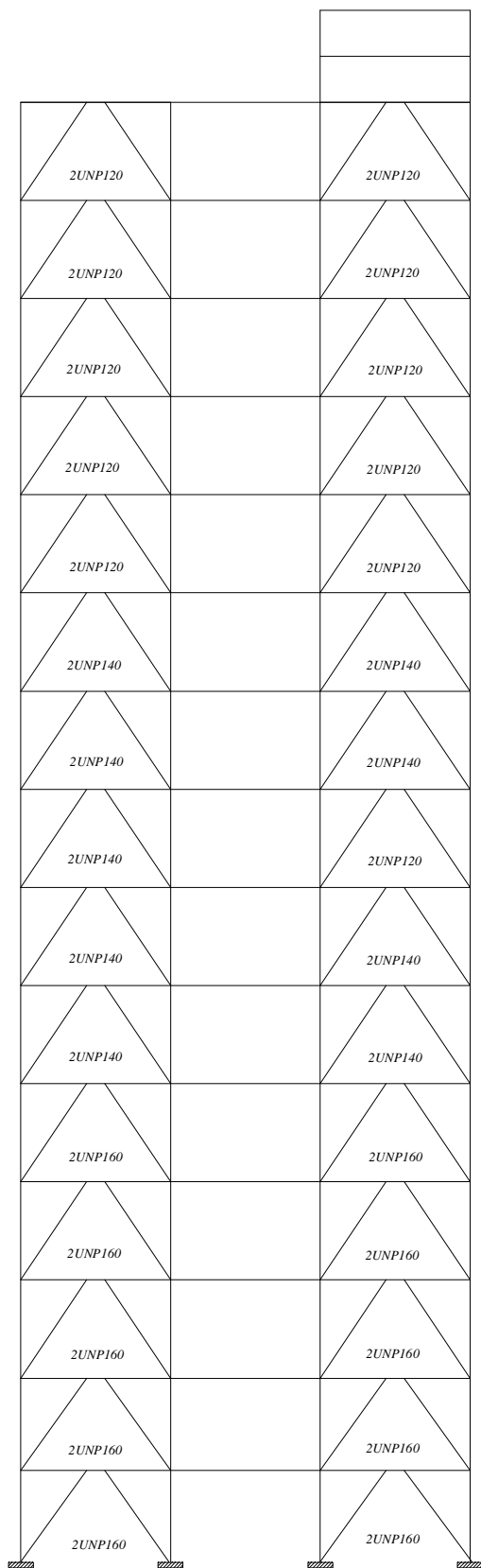




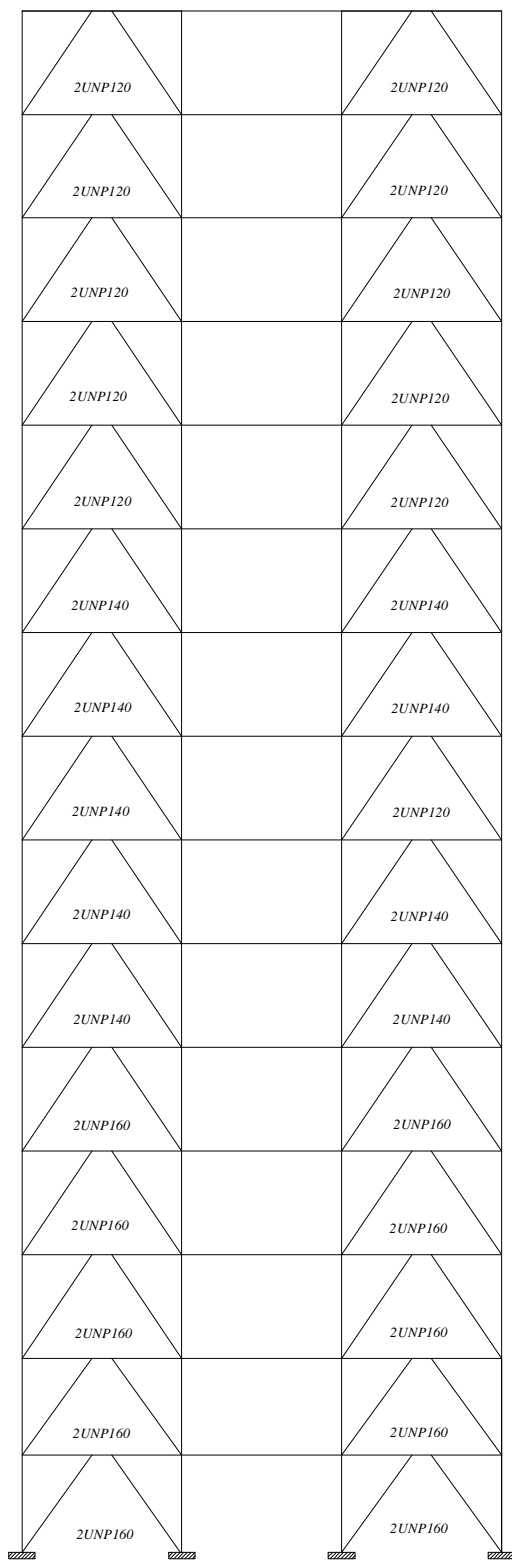
## 5- طراحی مهارندهای برون محور

مهارندها در 4 تیپ بر اساس آیین نامه 97 UBC به روش ASD طراحی شده اند .

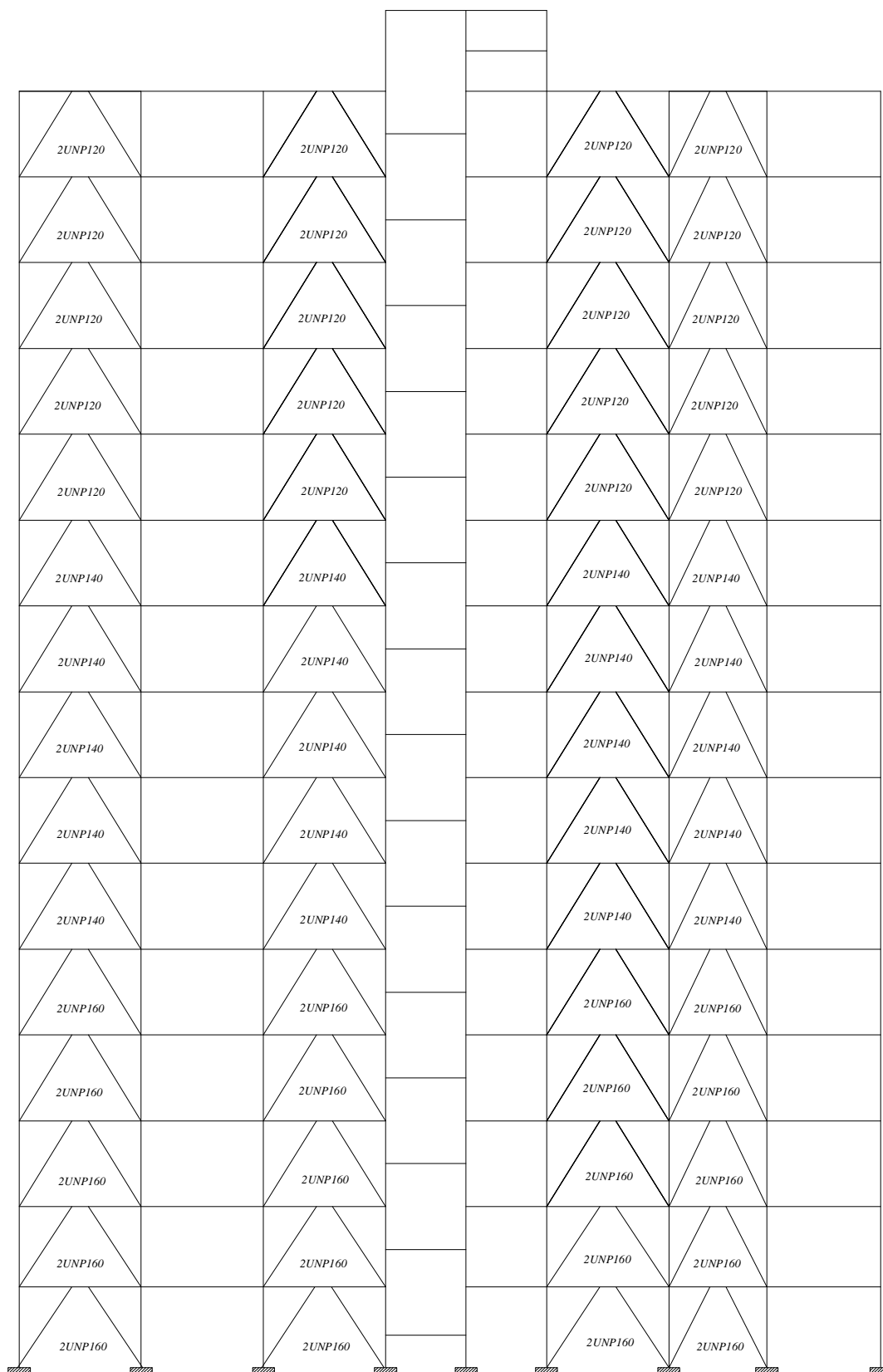




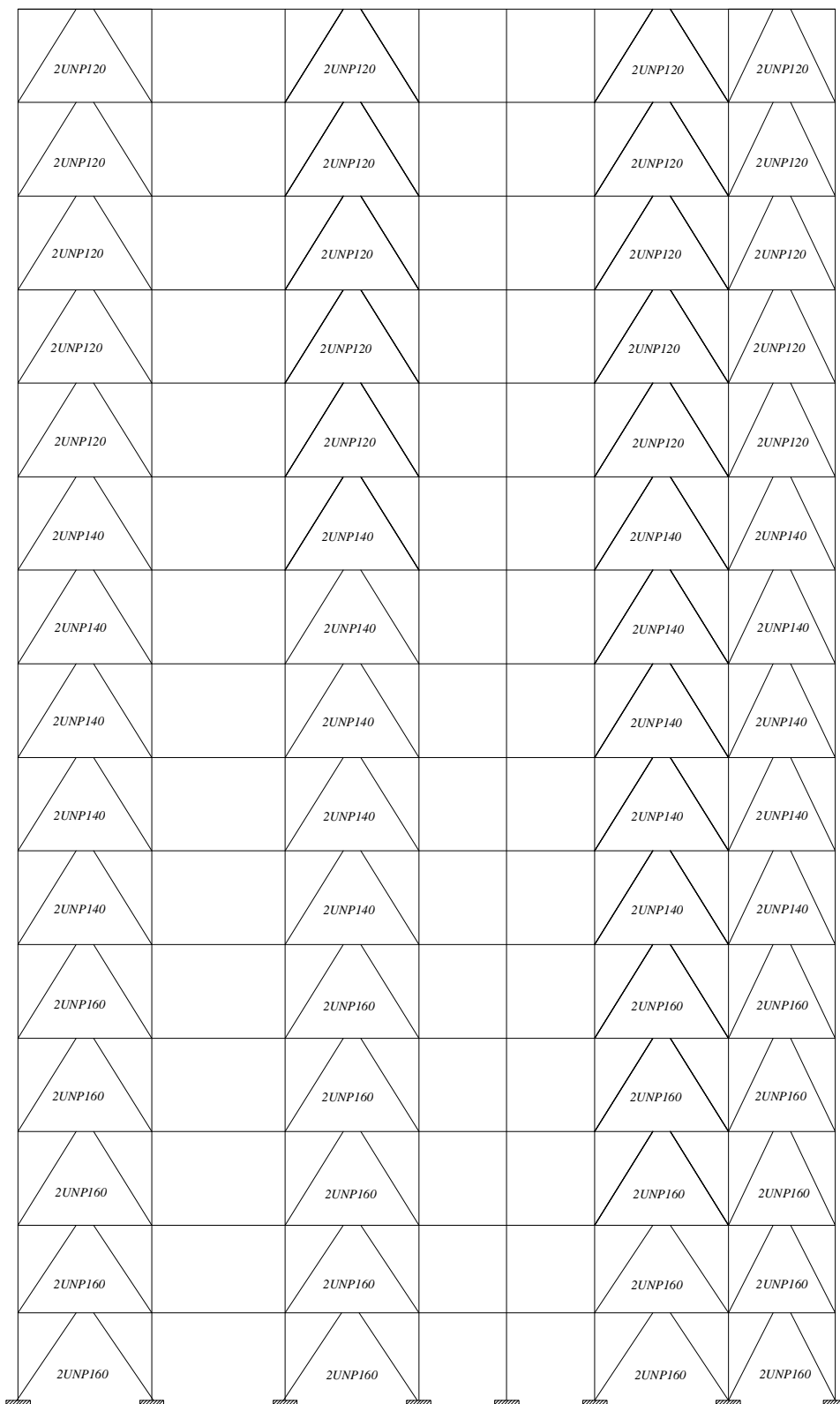
Elevation F



Elevation H



Elevation 1

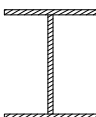


Elevation 4



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 1/6    | صفحه  | BR1 (Story 11 + B3-B4) | تیپ   |                         |

مشخصات مقطع تیر



$A = 96$   
 $t_f = 2$   
 $r_y = 5.27$

$d = 24$   
 $S_x = 853$   
 $Z_x = 960.0$

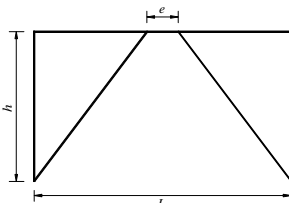
$t_w = 0.8$   
 $I_x = 10240$   
 $Z_{xb} = 912.0$

$b_f = 20$   
 $r_x = 10.32$

B2

Combo9

$P_{link} = 0 \text{ ton}$   
 $V_{link} = 18.19 \text{ ton}$   
 $M_{link} = 5.71 \text{ ton.m}$   
 $P_{brace} = 25.93 \text{ ton}$



$e = 0.6 \text{ m}$   
 $L = 4.9 \text{ m}$   
 $h = 3.2 \text{ m}$   
 $L_b = 3.75 \text{ m}$

$\alpha = 56.1$

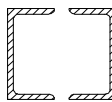
کنترل نسبت عرض به ضخامت تیر پیوند

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{20}{2 \times 2} = 5 < \frac{435}{\sqrt{F_y}} = \frac{435}{\sqrt{2400}} = 8.88$$

کنترل ظرفیت خمشی و برشی تیر پیوند

$M_s = Z_x F_y = 960.0 \times 2400 = 2304000 \text{ kg.cm} = 23.04 \text{ ton.m}$   
 $V_s = 0.55 F_y d t_w = 0.55 \times 2400 \times 24 \times 0.8 = 25344 \text{ kg} = 25.34 \text{ ton}$   
 $\frac{1.6 M_s}{V_s} = \frac{1.6 \times 23.04}{25.34} = 1.455$   
 $e = 0.6 < \frac{1.6 M_s}{V_s} = 1.455$  رفتار برشی حاکم است  
هنگامی که رفتار برشی حاکم است مقاومت خمشی و محوری تیر فقط با در نظر گرفتن بال ها محاسبه می شود  
 $M_s = Z_{xb} F_y = 912.0 \times 2400 = 2188800 \text{ kg.cm} = 21.89 \text{ ton.m} > 5.71$   
 $V_{s \text{ crit}} = \min ( 0.55 F_y d t_w , \frac{2M_s}{e} ) = ( 25.34 , \frac{2 \times 21.89}{0.6} = 72.96 ) = 25.34 > 18.19$   
 $M_{s \text{ crit}} = \frac{V_{s \text{ crit}} e}{2} = \frac{25.34 \times 0.6}{2} = 7.603$   
 $R_v = \frac{V}{V_s} = \frac{18.19}{25.34} = 0.718 < R_{max} = 0.8$

مشخصات مقطع مهاربند



$A = 40.8$   
 $r_x = 5.40$   
 $r_y = 5.10$

2UNP140

کنترل لاغری مهاربند

$$\frac{K L_b}{r_{min}} = \frac{1 \times 375}{5.10} = 73.53 < \frac{6025}{\sqrt{F_y}} = 123$$

طراحی مهاربند

$$P = 1.5 ( \frac{V_s L_b}{h} ) = 1.5 ( \frac{25.34 \times 3.75}{3.2} ) = 44.55 \text{ ton}$$

نیروی طراحی مهاربند



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 2/6    | صفحه  | BR1(Story11+B3-B4)     | تیب   |                         |

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{1 \times 385.5}{5.40} = 71.39 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{1 \times 385.5}{4.10} = 94.03 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 94.03$$

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.72 \quad B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.737$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.889$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 945.4 \quad F_{as} = B F_a = 0.737 \times 945.4 = 696.4$$

$$P_{allow} = 1.7 A F_a = 1.7 \times 40.8 \times 945.4 = 65573.94 \text{ kg} = 65.6 \text{ ton} > 45.8 \text{ ton}$$
  

نیروی طراحی تیر خارج از ناحیه پیوند

$$\begin{aligned} V_{DL} &= 2.923 \text{ ton} & M_{DL} &= 1.09 \text{ ton.m} \\ V_{LL} &= 2.03 \text{ ton} & M_{LL} &= 0.8 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V = 1.5 (V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e}) = 1.5 (2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 7.60}{4.9 - 0.6}) = 15.19 \text{ ton}$$

$$P = 1.5 ( \frac{V_{s \text{ crit}} (L - e)}{2h} ) = 1.5 ( \frac{25.34 \times (4.9 - 0.6)}{2 \times 3.2} ) = 25.54 \text{ ton}$$

$$M = 1.5 (M_{DL} + M_{LL} + M_{s \text{ crit}}) = 1.5 (1.09 + 0.8 + 7.60) = 14.24 \text{ ton.m}$$
  

$$L_x = \frac{L - e}{2} = \frac{490 - 60}{2} = 215$$

$$L_y = \frac{L - e}{4} = \frac{490 - 0.6}{4} = 122.4$$

$$L_{y \max} = \frac{635}{\sqrt{F_y}} b_f = \frac{635}{\sqrt{2400}} \times 20 = 259.2$$

$$P = 0.06 F_y b_f t_f = 5760 \text{ kg}$$

مهاربندی جانبی تیر

$$L6 \quad A = 6.9 \quad r_x = 1.80 \quad r_y = 1.60 \quad L = 100$$

$$\frac{L5}{r} = \frac{1 \times 100}{1.60} = 62.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.48$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.831 \quad F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1162$$

$$P_{allow} = A F_a = 6.9 \times 1162 = 8020.616 \text{ kg} > 5760 \text{ kg}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_x}{r_x} &= \frac{1 \times 215}{10.18} = 21.11 \\ \frac{K_y L_y}{r_y} &= \frac{1 \times 122.4}{5.17} = 23.69 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 23.69$$

کنترل تیر خارج از پیوند

کنترل ظرفیت فشاری



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 3/6    | صفحه  | BR1(Story1+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(K L/r)_{max}}{C_c} = 0.18$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{K L/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{K L/r}{C_c} \right) = 1.732 \quad F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1364$$

$$A_f = 2 b_f t_f = 80$$

$$P_{allow} = 1.7 A_f F_a = 1.7 \times 80 \times 1364 = 185491.5 \text{ kg} = 185.5 \text{ ton} > 25.54 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت خمشی

$$f_a = \frac{P}{A_f} = \frac{25542}{80} = 319.3$$

$$M_{rs} = Z_{xb}(F_y - f_a) = 912.0 \times (2400 - 319.3) = 1897621 \text{ kg.cm} = 19.0 \text{ ton.m} > 14.24$$

کنترل ظرفیت اندرکنش محوری و خمشی

$$F_e = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2} A_f = 1558449 \text{ kg} = 1558 \text{ ton}$$

$$\frac{P}{P_{allow}} + \frac{C_m M}{(1 - P/P_e) M_{rs}} = \frac{25.54}{185.5} + \frac{1 \times 14.2}{(1 - 25.54 / 1558) \times 19.0} = 0.138 + 0.763 = 0.901 < 1$$

$$\frac{P}{A_f F_y} + \frac{M}{1.18 M_{rs}} = \frac{25542}{80 \times 2400} + \frac{14.24}{1.18 \times 19.0} = 0.133 + 0.636 = 0.769 < 1$$
  

کنترل زاویه چرخش تیر پیوند

$$\Delta L = \frac{P L_b}{A E} = \frac{44550 \times 375}{40.8 \times 2.04 \times 10^6} = 0.201 \text{ cm}$$

تغییر مکان مهاربند

$$\delta = \frac{2 L_b}{L - e} \Delta L = \frac{2 \times 3.75}{4.9 - 0.6} \times 0.201 = 0.35 \text{ cm}$$

تغییر مکان افقی

$$\gamma = \frac{L \delta}{h e} = \frac{490 \times 0.35}{320 \times 60} = 0.0089 \text{ rad}$$

زاویه چرخش الاستیک

$$R = 7 \quad \gamma_p = \gamma \times 0.4 R = 0.0089 \times 0.4 \times 7 = 0.025 \text{ rad}$$

زاویه چرخش پلاستیک

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad} \quad \text{برای} \quad e < 1.6 M_s / V_s \\ \gamma_{p \text{ allow}} = 0.03 \text{ rad} \quad \text{برای} \quad e > 2.6 M_s / V_s \\ \text{برای مقدار } e \text{ بین } 0.09 \text{ و } 0.03 \text{ رادیان از درونیابی خطی استفاده می شود} \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad}$$

$$\gamma_p < \gamma_{p \text{ allow}}$$
  

طراحی سخت کننده تیر پیوند

$$b_{st} = \frac{b_f - 2 t_w}{2} = \frac{20 - 2 \times 2}{2} = 8 \text{ cm}$$

طراحی سخت کننده انتهایی تیر پیوند

$$t_{st} = \max(0.75 t_w, 1) = \max(0.75 \times 0.8, 1) = 1 \text{ cm}$$

بنابراین از سخت کننده های  $20 \times 8 \times 1$  در انتهای تیر پیوند و در یک طرف استفاده می کنیم



|        |       |                        |       |                        |
|--------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهارند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                        |
| 4/6    | صفحه  | BRI(Story11+B3-B4)     | تیپ   |                        |

طراحی سخت کننده میانی تیر پیوند

| $\gamma_p$       | $s$                               |                           |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                  | $2M_s/e > 0.45 F_y d t_w$         | $2M_s/e < 0.45 F_y d t_w$ |
| $0 \sim 0.03$    | $56 t_w - d/5$                    | Not Req                   |
| $0.03 \sim 0.09$ | $65 t_w - d/5 - 300 \gamma_p t_w$ |                           |
| $0.09$           | $38 t_w - d/5$                    |                           |

$$0.45 F_y d t_w = 0.45 \times 2400 \times 24 \times 0.8 = 20736 \text{ kg} = 20.74 \text{ ton}$$

$$\frac{2M_s}{e} = \frac{2 \times 21.89}{0.6} = 72.96 \text{ ton}$$

$$s = 40$$

از 1 سخت کننده  $1 \times 8 \times 20$  با فاصله 30 cm استفاده می کنیم

طراحی جوش سخت کننده تیر پیوند

اتصال سخت کننده به جان تیر

$$a_w = 0.75$$

$$L_w = \frac{A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{8 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.75} = 11.58 < d - 2t_f = 20$$

اتصال سخت کننده به بال تیر

$$a_w = 0.75$$

$$L_w = \frac{0.25 A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{0.25 \times 8 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.75} = 2.896 < 8$$

طراحی اتصال مهارند به تیر و ستون

مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد

1- مقاومت کششی عضو مهارند

$$A_{brace} = 40.8$$

$$P = A_{brace} F_y = 40.8 \times 2400 = 97920 \text{ kg} = 97.92 \text{ ton}$$

2-  $0.4R$  برابر نیروی عضو مهارند حاصل از نیروی زلزله

$$R = 7 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 2.8 \times 25.93 = 72.6 \text{ ton}$$

$$P = \min(97.92, 72.6) = 72.6 \text{ ton}$$

$$P_{design} = \max(72.6, 44.55) = 72.6 \text{ ton}$$

$$a_w = 0.6$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{72604}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.6} = 27.38 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلست استفاده کنیم

$$L_v = 59$$

$$L_h = 32$$





|        |       |                        |       |
|--------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 5/6    | صفحه  | BR1 (Story 1 + B3-B4)  | تیپ   |

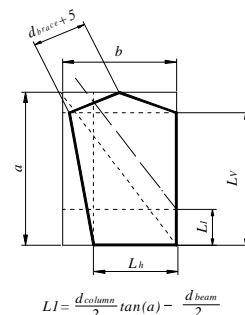
طراحی مهاربند برون محور

$$P_h = P_{design} \cos a = 72604 \times \cos 56.1 = 40490 \text{ kg}$$

$$P_v = P_{design} \sin a = 72604 \times \sin 45 = 51339 \text{ kg} \quad a_w = 0.6$$

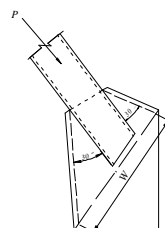
$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{40490}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 30.54 \text{ cm} < 32$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{51339}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 38.72 \text{ cm} < 59$$



$$w = \frac{67}{f} \quad t = 1$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{72604}{66.63 \times 1.0} = 1090 < 2400$$



ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
1- تنش کششی در عرض موثر ویتور (w)

$$L = 27 \quad t = 1 \quad r = 0.3t = 0.3 \quad K = 1.2$$

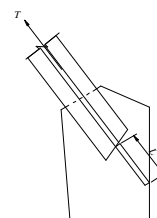
$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 26.95}{0.3} = 107.8 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.82$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 956.2$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{72604}{67 \times 1} = 1090 < 1.7F_a = 1626$$

2- کماتش ورق اتصال در فشار



$$(ab+cd) = 54.75 \quad bc = 12 \quad t = 1$$

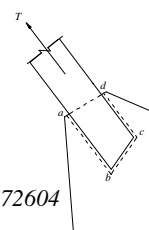
$$A_v = (ab+cd)t = 54.75 \quad A_t = (bc)t = 12$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (54.75 \times 1110 + 12 \times 1850) = 125521.1 > 72604$$

3- برش قالبی در کشش



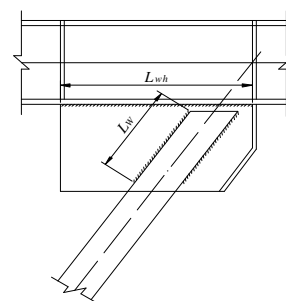
طراحی اتصال مهاربند به تیر

$$P_{design} = 72.6 \text{ ton} \quad a_w = 0.6$$

$$L_{wh} = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{72604}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.6} = 54.75 \text{ cm}$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{72604}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.6} = 27.38 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلیت استفاده کنیم 55 × 30





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 6/6    | صفحه  | BR1(Story11+B3-B4)     | تیپ   |                         |

طراحی اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون بصورت مفصلی و با نبشی جان اجرا می شود . چنین اتصالی باید دارای مقاومت پیشگی معادل  $0.01F_y b_f t_f d$  باشد

$$V = 1.5 ( V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e} ) = 1.5 ( 2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 7.60}{4.9 - 0.6} ) = 15.19 \text{ ton}$$

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 20       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{15188}{2 \times 12 \times 960} = 0.659$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 3333 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.5 \quad e_1 = 12 - x' = 9.50$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 20) \times 2} = 0.013 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2I_p} = \frac{9.50 P \times (10.0 - 2.50)}{2 \times 3333} = 0.011 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2I_p} = \frac{9.50 P \times 10}{2 \times 3333} = 0.014 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.013 + 0.011)^2 + 0.014^2} = 0.027 P$$

$$D = 0.6$$

$$R_w = 1.7 \times 650 D = 663 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.027 P = 663 \Rightarrow P = 24.36 \text{ ton} > 15.19$$

کنترل جوش A

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{1667}{2 \times 20^2} \sqrt{20^2 + 20.25 \times 9.50^2} = 98.33$$

کنترل جوش B

$$R_w = f_r \Rightarrow 1.7 \times 650 D = 98.33 \Rightarrow D = 0.10$$

$$0.01F_y b_f t_f d = 0.01 \times 2400 \times 20 \times 2 \times 24 = 23040$$

$$M_1 = \frac{(2R_w I_p)}{x} = \frac{2 \times 663 \times 3333.333}{10.0 - 2.50} = 589333$$

$$M_2 = \frac{(2R_w I_p)}{y} = \frac{2 \times 663 \times 3333.333}{10.0} = 442000$$

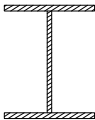
$$\Rightarrow M_{min} = 442000 \text{ kg.cm} > 23040$$

کنترل لنگر پیشگی



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 1/2    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |                         |

مشخصات مقطع تیر



B1

$A = 113$

$t_f = 2$

$r_y = 5.90$

$d = 27$

$S_x = 1024$

$Z_x = 1232$

$t_w = 1$

$I_x = 14964$

$Z_{xb} = 1170$

$b_f = 25$

$r_x = 11.50$

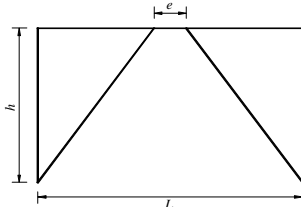
Combo9

$P_{link} = 0 \text{ ton}$

$V_{link} = 26.26 \text{ ton}$

$M_{link} = 8.51 \text{ ton.m}$

$P_{brace} = 40.49 \text{ ton}$



$e = 0.6 \text{ m}$

$L = 4.9 \text{ m}$

$h = 3.2 \text{ m}$

$L_b = 3.85 \text{ m}$

نیروی طراحی تیر و ابعاد پیوند

$\alpha = 56.1$

کنترل نسبت عرض به ضخامت تیر پیوند

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{25}{2 \times 2} = 6.25 < \frac{435}{\sqrt{F_y}} = \frac{435}{\sqrt{2400}} = 8.88$$

کنترل ظرفیت خمشی و برشی تیر پیوند

$M_s = Z_x F_y = 1232 \times 2400 = 2956800 \text{ kg.cm} = 29.57 \text{ ton.m}$

$V_s = 0.55 F_y d t_w = 0.55 \times 2400 \times 27 \times 1 = 35640 \text{ kg} = 35.64 \text{ ton}$

$\frac{1.6 M_s}{V_s} = \frac{1.6 \times 29.57}{35.64} = 1.327$

$e = 0.6 < \frac{1.6 M_s}{V_s} = 1.327$

رفتار برشی حاکم است

هنگامی که رفتار برشی حاکم است مقاومت خمشی و محوری تیر فقط با در نظر گرفتن بال ها محاسبه می شود

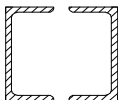
$M_s = Z_{xb} F_y = 1170 \times 2400 = 2808960 \text{ kg.cm} = 28.09 \text{ ton.m} > 8.51$

$V_{s \text{ crit}} = \min ( 0.55 F_y d t_w , \frac{2M_s}{e} ) = ( 35.64 , \frac{2 \times 28.09}{0.6} = 93.63 ) = 35.64 > 26.26$

$M_{s \text{ crit}} = \frac{V_{s \text{ crit}} e}{2} = \frac{35.64 \times 0.6}{2} = 10.69$

$R_v = \frac{V}{V_s} = \frac{26.26}{35.64} = 0.737 < R_{max} = 0.8$

مشخصات مقطع مهاربند



2UNP160

$A = 48$

$r_x = 6.20$

$r_y = 5.50$

کنترل لاغری مهاربند

$$\frac{KL_b}{r_{min}} = \frac{1 \times 385}{5.50} = 70 < \frac{6025}{\sqrt{F_y}} = 123$$

طراحی مهاربند

$P = 1.5 ( \frac{V_s L_b}{h} ) = 1.5 ( \frac{35.64 \times 3.85}{3.2} ) = 64.32 \text{ ton}$

نیروی طراحی مهاربند



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 2/6    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{1}{6.20} \times 385 = 62.1 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{1}{5.50} \times 385 = 70 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 70$$

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.53 \quad B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.79$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.847$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1115 \quad F_{as} = B F_a = 0.79 \times 1115 = 880.5$$

$$P_{allow} = 1.7 A F_{as} = 1.7 \times 48 \times 880.5 = 71846.05 \text{ kg} = 71.8 \text{ ton} > 64.32 \text{ ton}$$
  

نیروی طراحی تیر خارج از ناحیه پیوند

$$\begin{aligned} V_{DL} &= 2.923 \text{ ton} & M_{DL} &= 1.09 \text{ ton.m} \\ V_{LL} &= 2.03 \text{ ton} & M_{LL} &= 0.8 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V = 1.5 (V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e}) = 1.5 (2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 10.69}{4.9 - 0.6}) = 18.34 \text{ ton}$$

$$P = 1.5 \left( \frac{V_{s \text{ crit}} (L - e)}{2h} \right) = 1.5 \left( \frac{35.64 \times (4.9 - 0.6)}{2 \times 3.2} \right) = 35.92 \text{ ton}$$

$$M = 1.5 (M_{DL} + M_{LL} + M_{s \text{ crit}}) = 1.5 (1.09 + 0.8 + 10.69) = 18.87 \text{ ton.m}$$
  

$$L_x = \frac{L - e}{2} = \frac{490 - 60}{2} = 215$$

$$L_y = \frac{L - e}{4} = \frac{490 - 0.6}{4} = 122.4$$

$$L_{y \max} = \frac{635}{\sqrt{F_y}} b_f = \frac{635}{\sqrt{2400}} \times 25 = 324$$

$$P = 0.06 F_y b_f t_f = 7200 \text{ kg}$$

$$A = 6.9 \quad r_x = 1.80 \quad r_y = 1.80 \quad L = 100$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 100}{1.80} = 55.56 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.42$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.816 \quad F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1204$$

$$P_{allow} = A F_a = 6.9 \times 1204 = 8306.655 \text{ kg} > 7200 \text{ kg}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_x}{r_x} &= \frac{1}{11.50} \times 215 = 18.7 \\ \frac{K_y L_y}{r_y} &= \frac{1}{5.90} \times 122.4 = 20.74 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 20.74$$

کنترل تیر خارج از پیوند

کنترل ظرفیت فشاری



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 3/6    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.16$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.725 \quad F_a = \frac{(1-0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1374$$

$$A_f = 2 b_f t_f = 100$$

$$P_{allow} = 1.7 A_f F_a = 1.7 \times 100 \times 1374 = 233533.8 \text{ kg} = 233.5 \text{ ton} > 35.92 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت خمشی

$$f_a = \frac{P}{A_f} = \frac{35918}{100} = 359.2$$

$$M_{rs} = Z_{xb} (F_y - f_a) = 1170 \times (2400 - 359.2) = 2388571 \text{ kg.cm} = 23.9 \text{ ton.m} > 18.87$$

کنترل ظرفیت اندرکنش محوری و خمشی

$$F_e = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2} A_f = 2441661 \text{ kg} = 2442 \text{ ton}$$

$$\frac{P}{P_{allow}} + \frac{C_m M}{(1-P/P_e) M_{rs}} = \frac{35.92}{233.5} + \frac{1 \times 18.9}{(1-35.92/2442) \times 23.9} = 0.154 + 0.802 = 0.956 < 1$$

$$\frac{P}{A_f F_y} + \frac{M}{1.18 M_{rs}} = \frac{35918}{100 \times 2400} + \frac{18.87}{1.18 \times 23.9} = 0.15 + 0.67 = 0.819 < 1$$

کنترل زاویه چرخش تیر پیوند

$$\Delta L = \frac{P L_b}{A E} = \frac{64319 \times 385}{48 \times 2.04 \times 10^6} = 0.253 \text{ cm} \quad \text{تغییر مکان مهاربند}$$

$$\delta = \frac{2 L_b}{L - e} \Delta L = \frac{2 \times 3.85}{4.9 - 0.6} \times 0.253 = 0.453 \text{ cm} \quad \text{تغییر مکان افقی}$$

$$\gamma = \frac{L \delta}{h e} = \frac{490 \times 0.453}{320 \times 60} = 0.0116 \text{ rad} \quad \text{زاویه چرخش الاستیک}$$

$$R = 7 \quad \gamma_p = \gamma \times 0.4 R = 0.0116 \times 0.4 \times 7 = 0.032 \text{ rad} \quad \text{زاویه چرخش پلاستیک}$$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad} \quad \text{برای } e < 1.6 M_s / V_s \\ \gamma_{p \text{ allow}} = 0.03 \text{ rad} \quad \text{برای } e > 2.6 M_s / V_s \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad}$$

برای مقدار e بین 0/09 و 0/03 رادیان از درونبایی خطی استفاده می شود

$$\gamma_p < \gamma_{p \text{ allow}}$$

طراحی سخت کننده تیر پیوند

$$b_{st} = \frac{b_f - 2 t_w}{2} = \frac{25 - 2 \times 2}{2} = 10.5 \text{ cm} \quad \text{طراحی سخت کننده انتهایی تیر پیوند}$$

$$t_{st} = \max(0.75 t_w, 1) = \max(0.75 \times 1 = 0.75, 1) = 1 \text{ cm}$$

بنابراین از سخت کننده های  $23 \times 10.5 \times 1$  در انتهای تیر پیوند و در یک طرف استفاده می کنیم

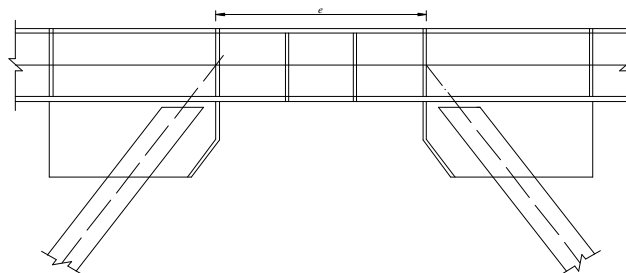


|        |       |                        |       |
|--------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 4/6    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |

### طراحی مهاربند برون محور

طراحی سخت کننده میانی تیر پیوند

| $\gamma_p$       | $s$                               |                           |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                  | $2M_s/e > 0.45 F_y d t_w$         | $2M_s/e < 0.45 F_y d t_w$ |
| $0 \sim 0.03$    | $56 t_w - d/5$                    | Not Req                   |
| $0.03 \sim 0.09$ | $65 t_w - d/5 - 300 \gamma_p t_w$ |                           |
| $0.09$           | $38 t_w - d/5$                    |                           |

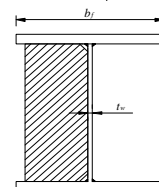


$$0.45 F_y d t_w = 0.45 \times 2400 \times 27 \times 1 = 29160 \text{ kg} = 29.16 \text{ ton}$$

$$\frac{2M_s}{e} = \frac{2 \times 28.09}{0.6} = 93.63 \text{ ton}$$

$$s = 32.6$$

از 1 سخت کننده  $1 \times 10.5 \times 23$  با فاصله 30 cm استفاده می کنیم



طراحی جوش سخت کننده تیر پیوند

$$a_w = 0.9$$

$$L_w = \frac{A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{10.5 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.9} = 12.67 < d - 2t_f = 23$$

اتصال سخت کننده به جان تیر

$$a_w = 0.85$$

$$L_w = \frac{0.25 A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{0.25 \times 10.5 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.85} = 3.354 < 10.5$$

اتصال سخت کننده به بال تیر

### طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون

مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد

$$A_{brace} = 48$$

$$P = A_{brace} F_y = 48 \times 2400 = 115200 \text{ kg} = 115.2 \text{ ton}$$

1- مقاومت کششی عضو مهاربند

2-  $0.4R$  برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله

$$R = 7 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 2.8 \times 40.49 = 113.4 \text{ ton}$$

$$P = \min(115.2, 113.4) = 113.4 \text{ ton}$$

$$P_{design} \max(113.4, 64.32) = 113.4 \text{ ton}$$

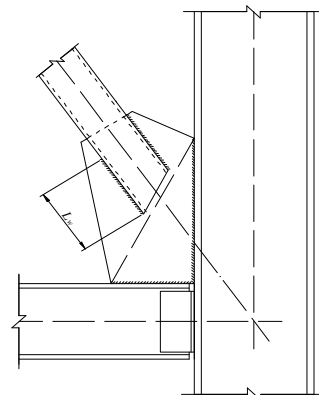
$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{113372}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.8} = 32.06 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلست استفاده کنیم  $75 \times 50$

$$L_v = 64$$

$$L_h = 36$$





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 5/6    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$P_h = P_{design} \cos a = 113372 \times \cos 56.1 = 63226 \text{ kg}$$

$$P_v = P_{design} \sin a = 113372 \times \sin 50 = 86848 \text{ kg}$$

$$a_w = 1$$

$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{63226}{1.7 \times 2 \times 650 \times 1} = 28.61 \text{ cm} < 36$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{86848}{1.7 \times 2 \times 650 \times 1} = 39.3 \text{ cm} < 64$$

$$Ll = \frac{d_{column}}{2} \tan(a) - \frac{d_{beam}}{2}$$

ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
تنش کششی در عرض موثر ویتمور (w)

1-

$$w = 73 \quad t = 1.2$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{113372}{73.15 \times 1.2} = 1291 < 2400$$

2- کماتش ورق اتصال در فشار

$$L = 30 \quad t = 1.2 \quad r = 0.3t = 0.36 \quad K = 1.2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 30.21}{0.36} = 100.7 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.77$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 1018$$

$$f = \frac{P}{1.7 Wt} = \frac{113372}{73 \times 1.2} = 1291 < 1.7 F_a = 1730$$

3- برش قالبی در کشش

$$(ab+cd) = 64.12 \quad bc = 12 \quad t = 1.2$$

$$A_v = (ab+cd)t = 76.95 \quad A_t = (bc)t = 14.4$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (76.95 \times 1110 + 14.4 \times 1850) = 171843.4 > 113372$$

طراحی اتصال مهاربند به تیر

$$P_{design} = 113.4 \text{ ton} \quad a_w = 0.7$$

$$L_{wh} = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{113372}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.7} = 73.29 \text{ cm}$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{113372}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.7} = 36.64 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلیت 75 × 40 استفاده کنیم



|        |       |                        |       |                           |
|--------|-------|------------------------|-------|---------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهارندهای برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                           |
| 6/6    | صفحه  | BR2(Story6+B3-B4)      | تیپ   |                           |

طراحی اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون بصورت مفصلی و با نبشی جان اجرا می شود . چنین اتصالی باید دارای مقاومت پیچشی معادل  $0.01F_y b_f t_f d$  باشد

$$V = 1.5 ( V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e} ) = 1.5 ( 2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 10.69}{4.9 - 0.6} ) = 18.34 \text{ ton}$$

جوش A

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 22       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{18340}{2 \times 12 \times 960} = 0.796$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 3974 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.381 \quad e_1 = 12 - x' = 9.62$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 22) \times 2} = 0.012 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2I_p} = \frac{9.62 P \times (10.0 - 2.38)}{2 \times 3974} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2I_p} = \frac{9.62 P \times 11}{2 \times 3974} = 0.013 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.012 + 0.009)^2 + 0.013^2} = 0.025 P$$

$$D = 0.8$$

$$R_w = 1.7 \times 650 D = 884 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.025 P = 884 \Rightarrow P = 35.4 \text{ ton} > 18.34$$

کنترل جوش A

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{1667}{2 \times 22^2} \sqrt{22^2 + 20.25 \times 9.62^2} = 83.6$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 1.7 \times 650 D = 83.6 \Rightarrow D = 0.10$$

$$0.01F_y b_f t_f d = 0.01 \times 2400 \times 25 \times 2 \times 27 = 32400$$

$$M_1 = \frac{(2R_w I_p)}{x} = \frac{2 \times 884 \times 3974}{10.0 - 2.38} = 922167$$

$$M_2 = \frac{(2R_w I_p)}{y} = \frac{2 \times 884 \times 3974}{11.0} = 638730$$

کنترل لنگر پیچشی

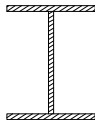
$$\Rightarrow M_{min} = 638730 \text{ kg.cm} > 32400$$





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 1/2    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

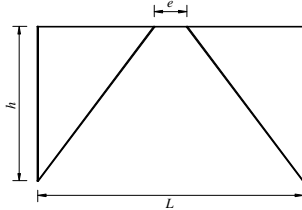
مشخصات مقطع تیر



$A = 113$   
 $t_f = 2$   
 $r_y = 5.90$   
 $d = 27$   
 $S_x = 1024$   
 $Z_x = 1232$   
 $t_w = 1$   
 $I_x = 14964$   
 $Z_{xb} = 1170$   
 $b_f = 25$   
 $r_x = 11.50$

B1

Combo9



$P_{link} = 0 \text{ ton}$   
 $V_{link} = 28.06 \text{ ton}$   
 $M_{link} = 9.26 \text{ ton.m}$   
 $P_{brace} = 43.13 \text{ ton}$

$e = 0.6 \text{ m}$   
 $L = 4.9 \text{ m}$   
 $h = 3.2 \text{ m}$   
 $L_b = 3.85 \text{ m}$   
 $\alpha = 56.1$

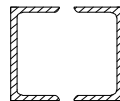
کنترل نسبت عرض به ضخامت تیر پیوند

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{25}{2 \times 2} = 6.25 < \frac{435}{\sqrt{F_y}} = \frac{435}{\sqrt{2400}} = 8.88$$

کنترل ظرفیت خمشی و برشی تیر پیوند

$M_s = Z_x F_y = 1232 \times 2400 = 2956800 \text{ kg.cm} = 29.57 \text{ ton.m}$   
 $V_s = 0.55 F_y d t_w = 0.55 \times 2400 \times 27 \times 1 = 35640 \text{ kg} = 35.64 \text{ ton}$   
 $\frac{1.6 M_s}{V_s} = \frac{1.6 \times 29.57}{35.64} = 1.327$   
 $e = 0.6 < \frac{1.6 M_s}{V_s} = 1.327$  رفتار برشی حاکم است  
هنگامی که رفتار برشی حاکم است مقاومت خمشی و محوری تیر فقط با در نظر گرفتن بال ها محاسبه می شود  
 $M_s = Z_{xb} F_y = 1170 \times 2400 = 2808960 \text{ kg.cm} = 28.09 \text{ ton.m} > 9.26$   
 $V_{s \text{ crit}} = \min ( 0.55 F_y d t_w , \frac{2M_s}{e} ) = ( 35.64 , \frac{2 \times 28.09}{0.6} = 93.63 ) = 35.64 > 28.06$   
 $M_{s \text{ crit}} = \frac{V_{s \text{ crit}} e}{2} = \frac{35.64 \times 0.6}{2} = 10.69$   
 $R_v = \frac{V}{V_s} = \frac{28.06}{35.64} = 0.79 < R_{max} = 0.8$

مشخصات مقطع مهار بند



$A = 56$   
 $r_x = 6.90$   
 $r_y = 5.90$

2UNP180

کنترل لاغری مهاربند

$$\frac{K L_b}{r_{min}} = \frac{1 \times 385}{5.90} = 65.25 < \frac{6025}{\sqrt{F_y}} = 123$$

طراحی مهاربند

$$P = 1.5 ( \frac{V_s L_b}{h} ) = 1.5 ( \frac{35.64 \times 3.85}{3.2} ) = 64.32 \text{ ton}$$

نیروی طراحی مهاربند



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 2/6    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{1 \times 385}{6.90} = 55.8 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{1 \times 385}{5.90} = 65.25 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 65.25$$

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.50 \quad B = \frac{1}{1 + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.801$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.838$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1145 \quad F_{as} = B F_a = 0.801 \times 1145 = 917.5$$

$$P_{allow} = 1.7 A F_{as} = 1.7 \times 56 \times 917.5 = 87343.28 \text{ kg} = 87.3 \text{ ton} > 64.32 \text{ ton}$$
  

نیروی طراحی تیر خارج از ناحیه پیوند

$$V_{DL} = 2.923 \text{ ton} \quad M_{DL} = 1.09 \text{ ton.m}$$

$$V_{LL} = 2.03 \text{ ton} \quad M_{LL} = 0.8 \text{ ton}$$

$$V = 1.5 (V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e}) = 1.5 (2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 10.69}{4.9 - 0.6}) = 18.34 \text{ ton}$$

$$P = 1.5 ( \frac{V_{s \text{ crit}} (L - e)}{2h} ) = 1.5 ( \frac{35.64 \times (4.9 - 0.6)}{2 \times 3.2} ) = 35.92 \text{ ton}$$

$$M = 1.5 (M_{DL} + M_{LL} + M_{s \text{ crit}}) = 1.5 (1.09 + 0.8 + 10.69) = 18.87 \text{ ton.m}$$
  

$$L_x = \frac{L - e}{2} = \frac{490 - 60}{2} = 215$$

$$L_y = \frac{L - e}{4} = \frac{490 - 0.6}{4} = 122.4$$

$$L_{y \max} = \frac{635}{\sqrt{F_y}} b_f = \frac{635}{\sqrt{2400}} \times 25 = 324$$

$$P = 0.06 F_y b_f t_f = 7200 \text{ kg}$$

مهاربندی جانبی تیر

L6

$$A = 6.9 \quad r_x = 1.80 \quad r_y = 1.80 \quad L = 100$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 100}{1.80} = 55.56 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.42$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.816 \quad F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1204$$

$$P_{allow} = A F_a = 6.9 \times 1204 = 8306.655 \text{ kg} > 7200 \text{ kg}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_x}{r_x} &= \frac{1 \times 215}{11.50} = 18.7 \\ \frac{K_y L_y}{r_y} &= \frac{1 \times 122.4}{5.90} = 20.74 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 20.74$$

کنترل تیر خارج از پیوند

کنترل ظرفیت فشاری



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 3/6    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.16$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.725 \quad F_a = \frac{(1-0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1374$$

$$A_f = 2 b_f t_f = 100$$

$$P_{allow} = 1.7 A_f F_a = 1.7 \times 100 \times 1374 = 233533.8 \text{ kg} = 233.5 \text{ ton} > 35.92 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت خمشی

$$f_a = \frac{P}{A_f} = \frac{35918}{100} = 359.2$$

$$M_{rs} = Z_{xb}(F_y f_a) = 1170 \times (2400 - 359.2) = 2388571 \text{ kg.cm} = 23.9 \text{ ton.m} > 18.87$$

کنترل ظرفیت اندرکنش محوری و خمشی

$$F_e = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2} A_f = 2441661 \text{ kg} = 2442 \text{ ton}$$

$$\frac{P}{P_{allow}} + \frac{C_m M}{(1-P/P_e) M_{rs}} = \frac{35.92}{233.5} + \frac{1 \times 18.9}{(1 - 35.92 / 2442) \times 23.9} = 0.154 + 0.802 = 0.956 < 1$$

$$\frac{P}{A_f F_y} + \frac{M}{1.18 M_{rs}} = \frac{35918}{100 \times 2400} + \frac{18.87}{1.18 \times 23.9} = 0.15 + 0.67 = 0.819 < 1$$
  

کنترل زاویه چرخش تیر پیوند

$$\Delta L = \frac{P L_b}{A E} = \frac{64319 \times 385}{56 \times 2.04 \times 10^6} = 0.217 \text{ cm}$$

تغییر مکان مهاربند

$$\delta = \frac{2 L_b}{L - e} \Delta L = \frac{2 \times 3.85}{4.9 - 0.6} \times 0.217 = 0.388 \text{ cm}$$

تغییر مکان افقی

$$\gamma = \frac{L \delta}{h e} = \frac{490 \times 0.388}{320 \times 60} = 0.0099 \text{ rad}$$

زاویه چرخش الاستیک

$$R = 7 \quad \gamma_p = \gamma \times 0.4 R = 0.0099 \times 0.4 \times 7 = 0.028 \text{ rad}$$

زاویه چرخش پلاستیک

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad} \quad \text{برای } e < 1.6 M_s / V_s \\ \gamma_{p \text{ allow}} = 0.03 \text{ rad} \quad \text{برای } e > 2.6 M_s / V_s \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad}$$

برای مقدار e بین 0/09 و 0/03 رادیان از درونیایی خطی استفاده می شود

$$\gamma_p < \gamma_{p \text{ allow}}$$
  

طراحی سخت کننده تیر پیوند

$$b_{st} = \frac{b_f - 2 t_w}{2} = \frac{25 - 2 \times 2}{2} = 10.5 \text{ cm}$$

طراحی سخت کننده انتهایی تیر پیوند

$$t_{st} = \max(0.75 t_w, 1) = \max(0.75 \times 1, 1) = 1 \text{ cm}$$

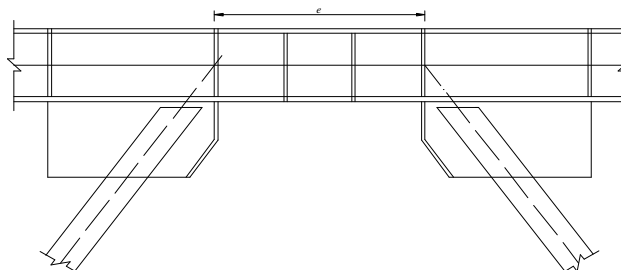
بنابراین از سخت کننده های  $23 \times 10.5 \times 1$  در انتهای تیر پیوند و در یک طرف استفاده می کنیم



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 4/6    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

#### طراحی سخت کننده میانی تیر پیوند

| $\gamma_p$       | $s$                               |                           |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                  | $2M_s/e > 0.45 F_y d t_w$         | $2M_s/e < 0.45 F_y d t_w$ |
| $0 \sim 0.03$    | $56 t_w - d/5$                    | Not Req                   |
| $0.03 \sim 0.09$ | $65 t_w - d/5 - 300 \gamma_p t_w$ |                           |
| $0.09$           | $38 t_w - d/5$                    |                           |

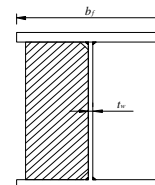


$$0.45 F_y d t_w = 0.45 \times 2400 \times 27 \times 1 = 29160 \text{ kg} = 29.16 \text{ ton}$$

$$\frac{2M_s}{e} = \frac{2 \times 28.09}{0.6} = 93.63 \text{ ton}$$

$$s = 50.6$$

از 1 سخت کننده  $1 \times 10.5 \times 23$  با فاصله 30 cm استفاده می کنیم



#### طراحی جوش سخت کننده تیر پیوند

$$a_w = 0.9$$

$$L_w = \frac{A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{10.5 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.9} = 12.67 < d - 2t_f = 23$$

اتصال سخت کننده به جان تیر

$$a_w = 0.85$$

$$L_w = \frac{0.25 A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{0.25 \times 10.5 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.85} = 3.354 < 10.5$$

اتصال سخت کننده به بال تیر

#### طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون

مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و 1/5 برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد

$$A_{brace} = 56$$

$$P = A_{brace} F_y = 56 \times 2400 = 134400 \text{ kg} = 134.4 \text{ ton}$$

1- مقاومت کششی عضو مهاربند

2-  $0.4R$  برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله

$$R = 7 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 2.8 \times 43.13 = 120.8 \text{ ton}$$

$$P = \min(134.4, 120.8) = 120.8 \text{ ton}$$

$$P_{design} \max(120.8, 64.32) = 120.8 \text{ ton}$$

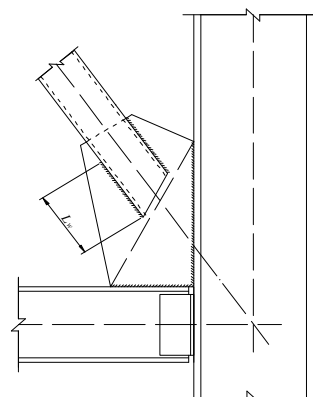
$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{120764}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.8} = 34.15 \text{ cm}$$

استفاده کنیم 85 × 55 برای تامین این فاصله باید از پلیت

$$L_v = 73$$

$$L_h = 38$$





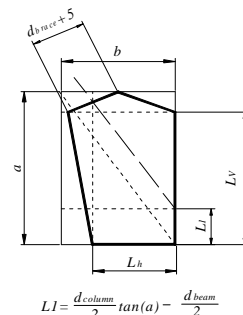
|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 5/6    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

$$P_h = P_{design} \cos a = 120764 \times \cos 56.1 = 67349 \text{ kg}$$

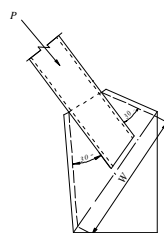
$$P_v = P_{design} \sin a = 120764 \times \sin 55 = 98924 \text{ kg} \quad a_w = 0.9$$

$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{67349}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.9} = 33.86 \text{ cm} < 38$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{98924}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.9} = 49.74 \text{ cm} < 73$$



$$w = \frac{82}{f} = \frac{120764}{81.78 \times 1.2} = 1231 < 2400$$



ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد  
1- تنش کششی در عرض موثر ویتور (w)

$$L = 34 \quad t = 1.2 \quad r = 0.3 t = 0.36 \quad K = 1.2$$

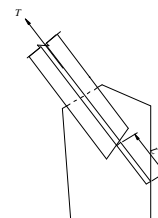
$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 33.9}{0.36} = 113 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.86$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 908.3$$

$$f = \frac{P}{1.7 W t} = \frac{120764}{82 \times 1.2} = 1231 < 1.7 F_a = 1544$$

2- کمانش ورق اتصال در فشار



$$(ab+cd) = 68.31 \quad bc = 12 \quad t = 1.2$$

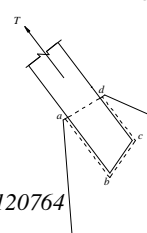
$$A_v = (ab+cd) t = 81.97 \quad A_t = (bc) t = 14.4$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (81.97 \times 1110 + 14.4 \times 1850) = 181310.8 > 120764$$

3- برش قالبی در کشش



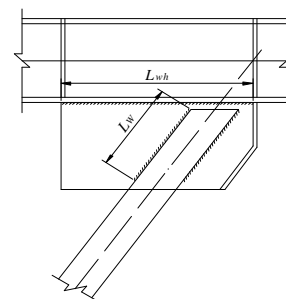
طراحی اتصال مهاربند به تیر

$$P_{design} = 120.8 \text{ ton} \quad a_w = 0.8$$

$$L_{wh} = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{120764}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.8} = 68.31 \text{ cm}$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{120764}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.8} = 34.15 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلست استفاده کنیم 70 × 35





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 6/6    | صفحه  | BR3(Story3+B3-B4)      | تیپ   |                         |

طراحی اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون بصورت مفصلی و با نبشی جان اجرا می شود. چنین اتصالی باید دارای مقاومت پیشگی معادل  $0.01F_y b_f t_f d$  باشد

$$V = 1.5 ( V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s, crit}}{L - e} ) = 1.5 ( 2.923 + 2.03 + \frac{2 \times 10.69}{4.9 - 0.6} ) = 18.34 \text{ ton}$$

جوش A

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 22       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{18340}{2 \times 12 \times 960} = 0.796$$

کنترل جوش A

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 3974 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b + d} = 2.381 \quad e_1 = 12 - x' = 9.62$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 22) \times 2} = 0.012 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2 I_p} = \frac{9.62 P \times (10.0 - 2.38)}{2 \times 3974} = 0.009 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2 I_p} = \frac{9.62 P \times 11}{2 \times 3974} = 0.013 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.012 + 0.009)^2 + 0.013^2} = 0.025 P$$

$$D = 0.8$$

$$R_w = 1.7 \times 650 D = 884 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.025 P = 884 \Rightarrow P = 35.4 \text{ ton} > 18.34$$

کنترل جوش B

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{1667}{2 \times 22^2} \sqrt{22^2 + 20.25 \times 9.62^2} = 83.6$$

$R_w = f_r \Rightarrow 1.7 \times 650 D = 83.6 \Rightarrow D = 0.10$

کنترل لنگر پیشگی

$$0.01F_y b_f t_f d = 0.01 \times 2400 \times 25 \times 2 \times 27 = 32400$$

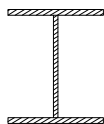
$$M_1 = \frac{(2R_w I_p)}{x} = \frac{2 \times 884 \times 3974}{10.0 - 2.38} = 922167$$

$$M_2 = \frac{(2R_w I_p)}{y} = \frac{2 \times 884 \times 3974}{11.0} = 638730$$

$$\Rightarrow M_{min} = 638730 \text{ kg.cm} > 32400$$



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 1/6    | صفحه  | BR4(Story11+F1-G1)     | تیپ   |                         |



B2

$A = 96$   
 $t_f = 2$   
 $r_y = 5.27$

$d = 24$   
 $S_x = 853$   
 $Z_x = 960.0$

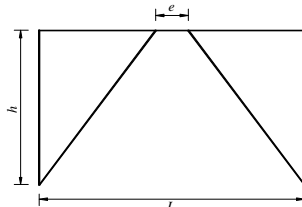
$t_w = 0.8$   
 $I_x = 10240$   
 $Z_{xb} = 912.0$

$b_f = 20$   
 $r_x = 10.32$

مشخصات مقطع تیر

Combo3

$P_{link} = 0 \text{ ton}$   
 $V_{link} = 20.1 \text{ ton}$   
 $M_{link} = 6.34 \text{ ton.m}$   
 $P_{brace} = 27.86 \text{ ton}$



نیروی طراحی تیر و ابعاد پیوند

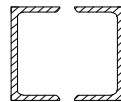
$e = 0.6 \text{ m}$   
 $L = 4.55 \text{ m}$   
 $h = 3.2 \text{ m}$   
 $L_b = 3.75 \text{ m}$   
 $\alpha = 58.32$

کنترل نسبت عرض به ضخامت تیر پیوند

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{20}{2 \times 2} = 5 < \frac{435}{\sqrt{F_y}} = \frac{435}{\sqrt{2400}} = 8.88$$

کنترل ظرفیت خمشی و برشی تیر پیوند

$M_s = Z_x F_y = 960.0 \times 2400 = 2304000 \text{ kg.cm} = 23.04 \text{ ton.m}$   
 $V_s = 0.55 F_y d t_w = 0.55 \times 2400 \times 24 \times 0.8 = 25344 \text{ kg} = 25.34 \text{ ton}$   
 $\frac{1.6 M_s}{V_s} = \frac{1.6 \times 23.04}{25.344} = 1.455$   
 $e = 0.6 < \frac{1.6 M_s}{V_s} = 1.455$  رفتار برشی حاکم است  
هنگامی که رفتار برشی حاکم است مقاومت خمشی و محوری تیر فقط با در نظر گرفتن بال ها محاسبه می شود  
 $M_s = Z_{xb} F_y = 912.0 \times 2400 = 2188800 \text{ kg.cm} = 21.89 \text{ ton.m} > 6.34$   
 $V_{s \text{ crit}} = \min ( 0.55 F_y d t_w , \frac{2M_s}{e} ) = ( 25.34 , \frac{2 \times 21.89}{0.6} = 72.96 ) = 25.34 > 20.1$   
 $M_{s \text{ crit}} = \frac{V_{s \text{ crit}} e}{2} = \frac{25.34 \times 0.6}{2} = 7.603$   
 $R_v = \frac{V}{V_s} = \frac{20.1}{25.34} = 0.793 < R_{max} = 0.8$



2UNP120

$A = 34$   
 $r_x = 4.70$   
 $r_y = 4.60$

مشخصات مقطع مهاربند

کنترل لاغری مهاربند

$$\frac{K L_b}{r_{min}} = \frac{1 \times 375}{4.60} = 81.52 < \frac{6025}{\sqrt{F_y}} = 123$$

طراحی مهاربند

$$P = 1.5 ( \frac{V_s L_b}{h} ) = 1.5 ( \frac{25.34 \times 3.75}{3.2} ) = 44.55 \text{ ton}$$

نیروی طراحی مهاربند



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 2/6    | صفحه  | BR4(Story11+F1-G1)     | تیپ   |                         |

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_b}{r_x} &= \frac{1 \times 375}{4.70} = 79.79 \\ \frac{K_y L_b}{r_y} &= \frac{1 \times 375}{4.60} = 81.52 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 81.52$$

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.62 \quad B = \frac{I}{I + \frac{(KL/r)_{\max}}{2C_c}} = 0.763$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.869$$

$$\frac{KL}{r} \leq C_c \Rightarrow F_a = \frac{(1-0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1037 \quad F_{as} = B F_a = 0.763 \times 1037 = 791.5$$

$$P_{allow} = 1.7 A F_{as} = 1.7 \times 34 \times 791.5 = 45750.4 \text{ kg} = 45.8 \text{ ton} > 44.55 \text{ ton}$$
  

نیروی طراحی تیر خارج از ناحیه پیوند

$$V_{DL} = 0.9 \text{ ton} \quad M_{DL} = 0.4 \text{ ton.m}$$

$$V_{LL} = 0.7 \text{ ton} \quad M_{LL} = 0.3 \text{ ton}$$

$$V = 1.5 (V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e}) = 1.5 (0.9 + 0.7 + \frac{2 \times 7.60}{4.55 - 0.6}) = 10.76 \text{ ton}$$

$$P = 1.5 ( \frac{V_{s \text{ crit}} (L - e)}{2h} ) = 1.5 ( \frac{25.34 \times (4.55 - 0.6)}{2 \times 3.2} ) = 23.46 \text{ ton}$$

$$M = 1.5 (M_{DL} + M_{LL} + M_{s \text{ crit}}) = 1.5 (0.4 + 0.3 + 7.60) = 12.45 \text{ ton.m}$$
  

مهاربندی جانبی تیر

$$L_x = \frac{L - e}{2} = \frac{455 - 60}{2} = 197.5$$

$$L_y = \frac{L - e}{4} = \frac{455 - 0.6}{4} = 113.6$$

$$L_{y \text{ max}} = \frac{635}{\sqrt{F_y}} b_f = \frac{635}{\sqrt{2400}} \times 20 = 259.2$$

$$P = 0.06 F_y b_f t_f = 5760 \text{ kg}$$
$$A = 6.9 \quad r_x = 1.80 \quad r_y = 1.80 \quad L = 100$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 100}{1.80} = 55.56 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{\max}}{C_c} = 0.42$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.816 \quad F_a = \frac{(1-0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1204$$

$$P_{allow} = A F_a = 6.9 \times 1204 = 8306.655 \text{ kg} > 5760 \text{ kg}$$
  

کنترل تیر خارج از پیوند

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_x L_x}{r_x} &= \frac{1 \times 197.5}{10.32} = 19.14 \\ \frac{K_y L_y}{r_y} &= \frac{1 \times 113.6}{5.27} = 21.56 \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \left( \frac{KL}{r} \right)_{\max} = 21.56$$

کنترل ظرفیت فشاری





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 3/6    | صفحه  | BR4(Story11+F1-G1)     | تیپ   |                         |

$$C_c = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{2400}} = 131.5 \quad \beta = \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.16$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right) = 1.728 \quad F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)}{F.S.} F_y = 1371$$

$$A_f = 2 b_f t_f = 80$$

$$P_{allow} = 1.7 A_f F_a = 1.7 \times 80 \times 1371 = 186391.7 \text{ kg} = 186.4 \text{ ton} > 23.46 \text{ ton}$$

کنترل ظرفیت خمشی

$$f_a = \frac{P}{A_f} = \frac{23463}{80} = 293.3$$

$$M_{rs} = Z_{xb}(F_y - f_a) = 912.0 \times (2400 - 293.3) = 1921322 \text{ kg.cm} = 19.2 \text{ ton.m} > 12.45$$

کنترل ظرفیت اندرکنش محوری و خمشی

$$F_e = \frac{12\pi^2 E_s}{23(KL/r)^2} A_f = 1807773 \text{ kg} = 1808 \text{ ton}$$

$$\frac{P}{P_{allow}} + \frac{C_m M}{(1 - P/P_e) M_{rs}} = \frac{23.46}{186.4} + \frac{1 \times 12.5}{(1 - 23.46 / 1808) \times 19.2} = 0.126 + 0.657 = 0.783 < 1$$

$$\frac{P}{A_f F_y} + \frac{M}{1.18 M_{rs}} = \frac{23463}{80 \times 2400} + \frac{12.45}{1.18 \times 19.2} = 0.122 + 0.549 = 0.672 < 1$$
  

کنترل زاویه چرخش تیر پیوند

$$\Delta L = \frac{P L_b}{A E} = \frac{44550 \times 375}{34 \times 2.04 \times 10^6} = 0.241 \text{ cm}$$

تغییر مکان مهاربند

$$\delta = \frac{2 L_b}{L - e} \Delta L = \frac{2 \times 3.75}{4.55 - 0.6} \times 0.241 = 0.457 \text{ cm}$$

تغییر مکان افقی

$$\gamma = \frac{L \delta}{h e} = \frac{455 \times 0.457}{320 \times 60} = 0.0108 \text{ rad}$$

زاویه چرخش الاستیک

$$R = 7 \quad \gamma_p = \gamma \times 0.4 R = 0.0108 \times 0.4 \times 7 = 0.030 \text{ rad}$$

زاویه چرخش پلاستیک

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad} \quad \text{برای} \quad e < 1.6 M_s / V_s \\ \gamma_{p \text{ allow}} = 0.03 \text{ rad} \quad \text{برای} \quad e > 2.6 M_s / V_s \\ \text{برای مقدار } e \text{ بین } 0.09 \text{ و } 0.03 \text{ رادیان از درونیایی خطی استفاده می شود} \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma_{p \text{ allow}} = 0.09 \text{ rad}$$

$$\gamma_p < \gamma_{p \text{ allow}}$$
  

طراحی سخت کننده تیر پیوند

$$b_{st} = \frac{b_f - 2 t_w}{2} = \frac{20 - 2 \times 2}{2} = 8 \text{ cm}$$

طراحی سخت کننده انتهایی تیر پیوند

$$t_{st} = \max(0.75 t_w, 1) = \max(0.75 \times 0.8, 1) = 1 \text{ cm}$$

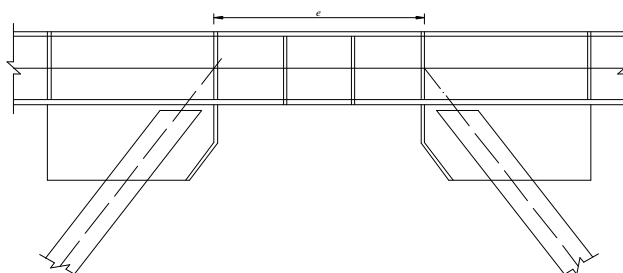
بنابراین از سخت کننده های 20 × 8 × 1 در انتهای تیر پیوند و در یک طرف استفاده می کنیم



|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 4/6    | صفحه  | BR4(Story11+F1-G1)     | تیپ   |                         |

طراحی سخت کننده میانی تیر پیوند

| $\gamma_p$       | $s$                               |                           |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                  | $2M_s/e > 0.45 F_y d t_w$         | $2M_s/e < 0.45 F_y d t_w$ |
| $0 \sim 0.03$    | $56 t_w - d/5$                    | Not Req                   |
| $0.03 \sim 0.09$ | $65 t_w - d/5 - 300 \gamma_p t_w$ |                           |
| $0.09$           | $38 t_w - d/5$                    |                           |

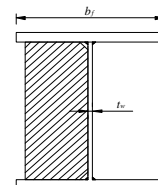


$$0.45 F_y d t_w = 0.45 \times 2400 \times 24 \times 0.8 = 20736 \text{ kg} = 20.74 \text{ ton}$$

$$\frac{2M_s}{e} = \frac{2 \times 21.89}{0.6} = 72.96 \text{ ton}$$

$$s = 25.6$$

از 2 سخت کننده  $20 \times 8 \times 1$  با فاصله 20 cm استفاده می کنیم



طراحی جوش سخت کننده تیر پیوند

$$a_w = 0.75$$

$$L_w = \frac{A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{8 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.75} = 11.58 < d - 2t_f = 20$$

اتصال سخت کننده به جان تیر

اتصال سخت کننده به بال تیر

$$a_w = 0.75$$

$$L_w = \frac{0.25 A_{st} F_y}{1.7(2 \times 650 a_w)} = \frac{0.25 \times 8 \times 2400}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.75} = 2.896 < 8$$

طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون

مقاومت اتصال باید برابر کمترین مقادیر زیر و  $1/5$  برابر نیروی متناظر تسلیم تیر پیوند باشد

1- مقاومت کششی عضو مهاربند

$$A_{brace} = 34$$

$$P = A_{brace} F_y = 34 \times 2400 = 81600 \text{ kg} = 81.6 \text{ ton}$$

2-  $0.4R$  برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله

$$R = 7 \quad P = (0.4R)P_{brace} = 2.8 \times 27.86 = 78.01 \text{ ton}$$

$$P = \min(81.6, 78.01) = 78.01 \text{ ton}$$

$$P_{design} = \max(78.01, 44.55) = 78.01 \text{ ton}$$

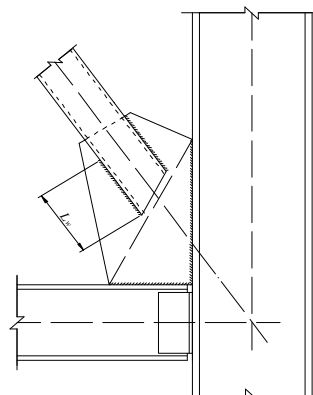
$$a_w = 0.6$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 4 \times (650 a_w)} = \frac{78008}{1.7 \times 4 \times 650 \times 0.6} = 29.41 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلست استفاده کنیم

$$L_v = 66$$

$$L_h = 33$$





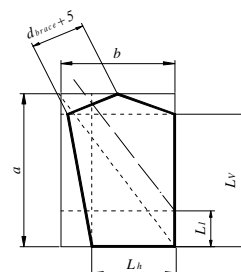
|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 5/6    | صفحه  | BR4(Story11+F1-G1)     | تیپ   |                         |

$$P_h = P_{design} \cos a = 78008 \times \cos 58.32 = 40971 \text{ kg}$$

$$P_v = P_{design} \sin a = 78008 \times \sin 45 = 55160 \text{ kg} \quad a_w = 0.6$$

$$L_{wh} = \frac{P_h}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{40971}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 30.9 \text{ cm} < 33$$

$$L_{wv} = \frac{P_v}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{55160}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 41.6 \text{ cm} < 66$$



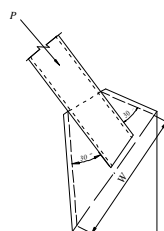
$$L_1 = \frac{d_{column}}{2} \tan(a) - \frac{d_{beam}}{2}$$

ورق اتصال باید جوابگوی تنش های زیر باشد

1- تنش کششی در عرض موثر ویتور (w)

$$w = \frac{73}{f} = \frac{73}{1071} = 0.068$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{78008}{72.81 \times 1.0} = 1071 < 2400$$



2- کمانش ورق اتصال در فشار

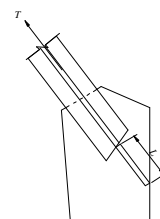
$$L = 30 \quad t = 1 \quad r = 0.3 t = 0.3 \quad K = 1.2$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 30.05}{0.3} = 120.2 \quad \frac{(KL/r)_{max}}{C_c} = 0.91$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left( \frac{KL/r}{C_c} \right)^2 = 1.667$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5 \beta^2)}{F.S.} F_y = 838.6$$

$$f = \frac{P}{Wt} = \frac{78008}{73 \times 1} = 1071 < 1.7 F_a = 1426$$



3- برش قالبی در کشش

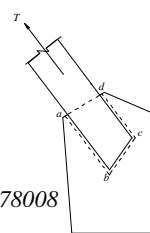
$$(ab+cd) = 58.83 \quad bc = 12 \quad t = 1$$

$$A_v = (ab+cd) t = 58.83 \quad A_t = (bc) t = 12$$

$$F_v = 0.3 F_u = 0.3 \times 3700 = 1110$$

$$F_t = 0.5 F_u = 0.5 \times 3700 = 1850$$

$$T < 1.7(A_v F_u + A_t F_t) = 1.7 \times (58.83 \times 1110 + 12 \times 1850) = 133211.4 > 78008$$



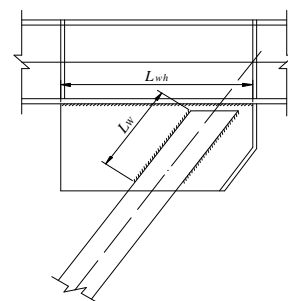
طراحی اتصال مهاربند به تیر

$$P_{design} = 78.01 \text{ ton} \quad a_w = 0.6$$

$$L_{wh} = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{78008}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 58.83 \text{ cm}$$

$$L_w = \frac{P_{design}}{1.7 \times 2 \times (650 a_w)} = \frac{78008}{1.7 \times 2 \times 650 \times 0.6} = 29.41 \text{ cm}$$

برای تامین این فاصله باید از پلست 30 × 60 استفاده کنیم





|        |       |                        |       |                         |
|--------|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| 83/8/1 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی مهاربند برون محور |
|        | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                         |
| 6/6    | صفحه  | BR4(Story11+Fl-G1)     | تیپ   |                         |

طراحی اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون بصورت مفصلی و با نبشی جان اجرا می شود . چنین اتصالی باید دارای مقاومت پیچشی معادل  $0.01F_y b_f t_f d$  باشد

$$V = 1.5 ( V_{DL} + V_{LL} + \frac{2 M_{s \text{ crit}}}{L - e} ) = 1.5 ( 0.9 + 0.7 + \frac{2 \times 7.60}{4.55 - 0.6} ) = 10.76 \text{ ton}$$

| ضخامت نبشی | ساق نبشی | طول نبشی |
|------------|----------|----------|
| 1.2        | 12       | 20       |

کنترل ضخامت نبشی

$$t > \frac{V}{2L(0.4F_y)} = \frac{10755}{2 \times 12 \times 960} = 0.467$$

$$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} = 3333 \text{ cm}^3$$

$$x' = \frac{b^2}{2b+d} = 2.5 \quad e_1 = 12 - x' = 9.50$$

$$f'_y = \frac{P}{(2 \times 10 + 20) \times 2} = 0.013 P$$

$$f''_y = \frac{(Pe_1x)}{2 I_p} = \frac{9.50 P \times (10.0 - 2.50)}{2 \times 3333} = 0.011 P$$

$$f''_x = \frac{(Pe_1y)}{2 I_p} = \frac{9.50 P \times 10}{2 \times 3333} = 0.014 P$$

$$f_r = P \sqrt{(0.013 + 0.011)^2 + 0.014^2} = 0.027 P$$

$$D = 0.6$$

$$R_w = 1.7 \times 650 D = 663 \quad f_r = R_w \Rightarrow 0.027 P = 663 \Rightarrow P = 24.36 \text{ ton} > 10.76$$

کنترل جوش A

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_1^2} = \frac{1667}{2 \times 20^2} \sqrt{20^2 + 20.25 \times 9.50^2} = 98.33$$

کنترل جوش B

$$R_w = f_r \Rightarrow 1.7 \times 650 D = 98.33 \Rightarrow D = 0.10$$

کنترل لنگر پیچشی

$$0.01F_y b_f t_f d = 0.01 \times 2400 \times 20 \times 2 \times 24 = 23040$$

$$M_1 = \frac{(2R_w I_p)}{x} = \frac{2 \times 663 \times 3333.333}{10.0 - 2.50} = 589333$$

$$M_2 = \frac{(2R_w I_p)}{y} = \frac{2 \times 663 \times 3333.333}{10.0} = 442000$$

$$\Rightarrow M_{min} = 442000 \text{ kg.cm} > 23040$$



## 6- اتصال ساده تیر به ستون

اتصالات در 4 تیپ بصورت نبشی نشیمن و در 2 تیپ مربوط به تیرهای واقع در دهانه های مهاربندی بصورت نبشی جان طراحی شده اند .

|         |       |                        |       |                                    |
|---------|-------|------------------------|-------|------------------------------------|
| 83/8/11 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال ساده تیر با نبشی نشیمن |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                    |
| 1/1     | صفحه  | C1                     | تیپ   |                                    |

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون

تیر

ستون

$B_1 = 30 \times 15$   
 $I_3 = 13245$   
 $h = 26$   
 $t_f = 2.0$   
 $b = 15.0$

$S_3 = 882$   
 $d = 30$   
 $t_w = 1.0$   
 $L = 490$

$C_7 = 30 \times 30$

تعیین عرض، طول و ضخامت نبشی نشیمن

$$M = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 882 = 1270080 \text{ kg.cm} = 12.7 \text{ ton.m}$$

$$P = \frac{WL}{2} = \frac{8M}{2L} = \frac{8 \times 12.7}{2 \times 4.9} = 10.37$$

$$N = \frac{P}{0.66 F_y t_w} - 2.5K = \frac{10368}{0.66 \times 2400 \times 1.0} - 2.5 \times 2 = 1.545$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{1.545}{2} = 2.773 \quad e = e_f - t - 1 = 0.573 \quad t = 1.2$$

$$t = \frac{8Pe}{F_y b} = \frac{8 \times 10368 \times 0.573}{2400 \times 19.0} = 1.04$$

از نبشی 12 × 12 × 1.2 cm بطول 19 cm استفاده می کنیم

کنترل لهدی کی جان

$$P = 285 t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{f_y t_f}{t_w}} = 28123 \text{ kg} = 28.12 \text{ ton} > 10.37$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{12}{2} = 8$$

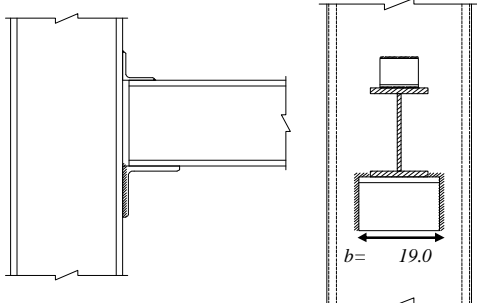
$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_f^2} = \frac{10368}{2 \times 12^2} \sqrt{12^2 + 20.25 \times 8.00^2} = 432 \text{ kg/cm}$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 a_w = 432 \Rightarrow a_w = 0.40$$



|         |       |                        |       |                                    |
|---------|-------|------------------------|-------|------------------------------------|
| 83/8/11 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال ساده تیر با نبشی نشیمن |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                    |
| 1/1     | صفحه  | C2                     | تیپ   |                                    |

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر

ستون

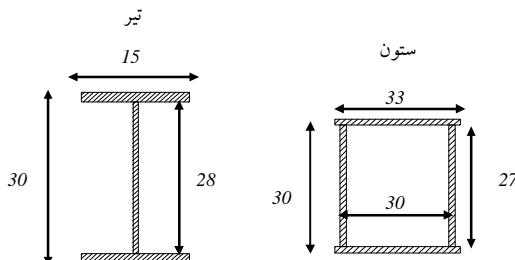
$B_4 = 30 \times 15$        $C_7 = 30 \times 30$

$I_3 = 8870$        $S_3 = 591$

$h = 27.6$        $d = 30$

$t_f = 1.2$        $t_w = 0.8$

$b = 15.0$        $L = 490$



تعیین عرض، طول و ضخامت نبشی نشیمن

$$M = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 591 = 851040 \text{ kg.cm} = 8.51 \text{ ton.m}$$

$$P = \frac{WL}{2} = \frac{8M}{2L} = \frac{8 \times 8.51}{2 \times 4.9} = 6.947$$

$$N = \frac{P}{0.66 F_y t_w} - 2.5K = \frac{6947.265306}{0.66 \times 2400 \times 0.8} - 2.5 \times 1.2 = 2.482$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{2.482}{2} = 3.241 \quad e = e_f - t - 1 = 0.841 \quad t = 1.4$$

$$t = \frac{8Pe}{F_y b} = \frac{8 \times 6947 \times 0.841}{2400 \times 19.0} = 1.03$$

از نبشی  $14 \times 14 \times 1.4 \text{ cm}$  بطول  $L = 19 \text{ cm}$  استفاده می کنیم

کنترل لهدی کی جان

$$P = 285 t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{f_y t_f}{t_w}} = 19284 \text{ kg} = 19.28 \text{ ton} > 6.947$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{14}{2} = 9$$

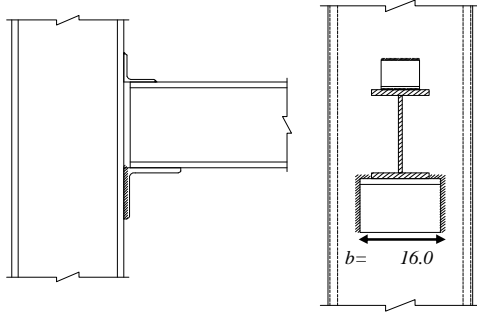
$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_f^2} = \frac{6947}{2 \times 14^2} \sqrt{14^2 + 20.25 \times 9.00^2} = 248.1 \text{ kg/cm}$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 a_w = 248.1 \Rightarrow a_w = 0.30$$



|         |       |                        |       |                                    |
|---------|-------|------------------------|-------|------------------------------------|
| 83/8/11 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی اتصال ساده تیر با نبشی نشیمن |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                                    |
| 1/1     | صفحه  | C3                     | تیپ   |                                    |

نوع اتصال و مشخصات تیر و ستون



تیر

ستون

$B_4 = 30 \times 15$        $C_7 = 30 \times 30$

$I_3 = 7377$        $S_3 = 491$

$h = 27.6$        $d = 30$

$t_f = 1.2$        $t_w = 0.8$

$b = 12.0$        $L = 490$

تعیین عرض، طول و ضخامت نبشی نشیمن

$$M = 0.6 F_y S_x = 0.6 \times 2400 \times 491 = 707040 \text{ kg.cm} = 7.07 \text{ ton.m}$$

$$P = \frac{WL}{2} = \frac{8M}{2L} = \frac{8 \times 7.07}{2 \times 4.9} = 5.772$$

$$N = \frac{P}{0.66 F_y t_w} - 2.5K = \frac{5771.755102}{0.66 \times 2400 \times 0.8} - 2.5 \times 1.2 = 1.555$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{1.555}{2} = 2.777 \quad e = e_f - t - l = 0.777 \quad t = l$$

$$t = \frac{8Pe}{F_y b} = \frac{8 \times 5772 \times 0.777}{2400 \times 16.0} = 0.93$$

از نبشی  $1.0 \text{ cm} \times 10 \times 10$  بطول  $L = 16 \text{ cm}$  استفاده می کنیم

کنترل لهدیکی جان

$$P = 285 t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{f_y t_f}{t_w}} = 16901 \text{ kg} = 16.9 \text{ ton} > 5.772$$

$$e_f = 2 + \frac{N}{2} = 2 + \frac{10}{2} = 7$$

$$f_r = \frac{P}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20.25 e_f^2} = \frac{5772}{2 \times 10^2} \sqrt{10^2 + 20.25 \times 7.00^2} = 288.6 \text{ kg/cm}$$

$$R_w = f_r \Rightarrow 650 a_w = 288.6 \Rightarrow a_w = 0.30$$



## 7- طراحی صفحه ستون

صفحه ستون ها در 4 تیپ BS1, BS2, BS3, BS4 طراحی شده اند.

| تاریخ   | طراحی ساختمانی مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|---------|----------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | مسعود حسن زاده       | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه                 | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

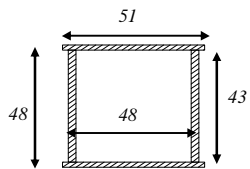
$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 455 = 655.2 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.3 F_y S_x = 0.3 \times 2400 \times 6561 = 47.24 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.3 F_y S_y = 0.3 \times 2400 \times 6561 = 47.24 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 2M_x/h = 94.48 / 3 = 31.49 \text{ ton}$$

$$V_y = 2M_y/h = 94.48 / 3 = 31.49 \text{ ton}$$



$C_1 = 48 \times 48$   
 $A = 455 \quad S_x = 6561$   
 $A_{vx} = 240 \quad S_y = 6561$   
 $A_{vy} = 240$   
 $t_f = 2.5 \quad t_w = 2.5$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{4724}{655} = 7.21 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{4724}{655} = 7.21 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{655}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 7.21}{90} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 90 \Rightarrow e = 7.21 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 73.33 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{655200}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 7.21}{90} \right) = 120 \leq F_p = 147$$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{D} \right) = \frac{655200}{90 \times 90} \left( 1 + \frac{6 \times 7.21}{90} \right) = 120 \leq F_p = 147$$

$$\left. \begin{matrix} a_2 = 21 \\ b_2 = 21 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{21}{21} = 1.00$$

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.00 \Rightarrow \alpha_1 = 0.049$$

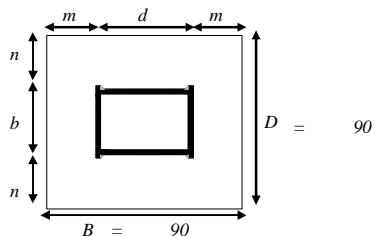
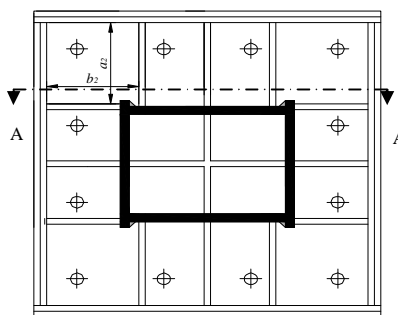
$$\alpha_2 = 0.048$$

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 120 \times 21^2 = 2567 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.048 \times 120 \times 21^2 = 2556 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2567 \text{ kg.cm/cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2567}{0.75 \times 2400}} = 3$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/3     | صفحه  | BSI                    | تیپ   |                 |

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{327600}{650 \times 0.8} = 630$$

تعداد کل سخت کننده  $n = 12$

ارتفاع اولیه سخت کننده ها  $= \frac{630}{2 \times 12} = 26.25$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A  $V = B a_2 f_{pmax} = 90 \times 21 \times 120 = 226.4 \text{ ton}$

لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A  $M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{90 \times 21^2 \times 120}{2} = 23.8 \text{ ton.m}$

تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A  $n_A = 5$

ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A  $t_s = 1.0$

$$y' = \frac{5 \times 50 \times 1.01 \times 28 + 90 \times 3.00 \times 1.50}{90 \times 3 + 5 \times 50 \times 1.01} = 14.31 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 3.00 \times \frac{50^3}{12} + 5 \times 50 \times 1 \times (28 - 14.31)^2$$

$$+ \frac{90 \times 3^3}{12} + 90 \times 3 \times (14.31 - 1.5)^2 = 248081 \text{ cm}^4$$

$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{248081}{14.31} = 17341 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{248081}{38.69} = 6411 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 6411$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{226363}{5 \times 50 \times 1} = 896 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{2376814}{6411} = 371 < 0.6 F_y = 1440$$

برش A-A

طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$L_s$  (طول کل سخت کننده ها)  $= 544 \text{ cm}$

نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها  $= \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{31493}{544} = 57.89$

نیروی برشی خارجی هر سخت کننده  $= 21 \times 57.89 = 1216 \text{ kg}$

$Q = A y' = 50.5 \times 14.31 = 722.5$

جریان برش در مقطع A-A  $q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{226363 \times 722.5}{248081} = 659.2$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS1                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 659.2}{2} \times 21 = 6922 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 1216 + 6922 = 8137 \text{ kg}$

$L_w = 21 \times 2 = 42 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 8137 \Rightarrow a_w \geq \frac{8137}{650 \times 42} = 0.298$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 31.49 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{31493}{0.17 \times 3700} = 50.07 \Rightarrow \text{Use } 12 T 24 \quad (A_v = 54)$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f'_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 4.52 \times 2400}{\sqrt{210}} = 44.91 \geq$

$0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96$

$\Rightarrow L_d = 45$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 344 = 495.36 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.3 F_y S_x = 0.3 \times 2400 \times 4721 = 33.99 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.3 F_y S_y = 0.3 \times 2400 \times 4721 = 33.99 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 2M_x/h = 67.98 / 3 = 22.66 \text{ ton}$$

$$V_y = 2M_y/h = 67.98 / 3 = 22.66 \text{ ton}$$

$C_2 = 45 \times 45$   
 $A = 344 \quad S_x = 4721$   
 $A_{vx} = 180 \quad S_y = 4721$   
 $A_{vy} = 180$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{3399}{495} = 6.862 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{3399}{495} = 6.862 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 6.862}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 90 \Rightarrow e = 6.862 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 54.57 \text{ cm} \Rightarrow D = 80$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{495360}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 6.862}{80} \right) = 117 \leq F_p = 147$$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{D} \right) = \frac{495360}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 6.862}{80} \right) = 117 \leq F_p = 147$$
  

$$\left. \begin{matrix} a_2 = 19 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{19}{19} = 1.00$$
  

$$\frac{a_2}{b_2} = 1.00 \Rightarrow \begin{matrix} \alpha_1 = 0.049 \\ \alpha_2 = 0.048 \end{matrix}$$
  

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 117 \times 19^2 = 2057 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.048 \times 117 \times 19^2 = 2048 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2057 \text{ kg.cm/cm}$$
  

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2057}{0.75 \times 2400}} = 2.8$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{247680}{650 \times 0.8} = 476.3$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{476}{2 \times 12} = 19.85$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 80 \times 19 \times 117 = 178.2 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{80 \times 19^2 \times 117}{2} = 16.9 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 40 \times 1.01 \times 22.8 + 80 \times 2.80 \times 1.40}{80 \times 2.8 + 5 \times 40 \times 1.01} = 11.55 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 2.80 \times \frac{40^3}{12} + 5 \times 40 \times 1 \times (22.8 - 11.55)^2$$

$$+ \frac{80 \times 2.8^3}{12} + 80 \times 2.8 \times (11.55 - 1.4)^2 = 123456 \text{ cm}^4$$

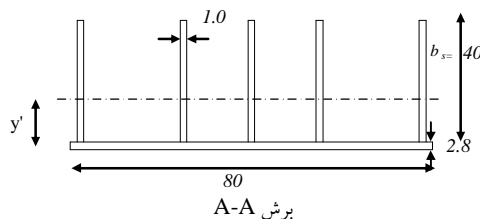
$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{123456}{11.55} = 10691 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{123456}{31.25} = 3950 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 3950$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{178195}{5 \times 40 \times 1} = 882 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1692851}{3950} = 429 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 550 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{22661}{550} = 41.2$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 19 \times 41.2 = 782.8 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 40.4 \times 11.55 = 466.5$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{178195 \times 466.5}{123456} = 673.4$$



|         |       |                        |       |  |
|---------|-------|------------------------|-------|--|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی صفحه ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 3/3     | صفحه  | BS2                    | تیپ   |  |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 673.4}{2} \times 19 = 6397 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 782.8 + 6397 = 7180 \text{ kg}$

$L_w = 19 \times 2 = 38 \text{ cm}$

$650 a_w L_w \geq 7180 \Rightarrow a_w \geq \frac{7180}{650 \times 38} = 0.291$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 22.66 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{22661}{0.17 \times 3700} = 36.03 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \text{ } (A_v = 37.7)$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq$

}

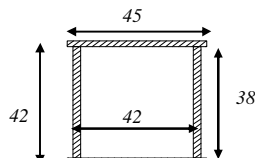
$\Rightarrow L_d = 45$

$0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96$

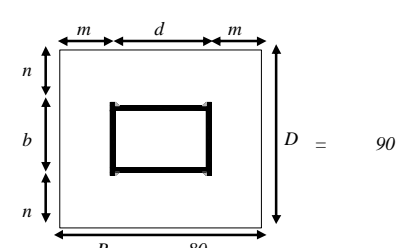
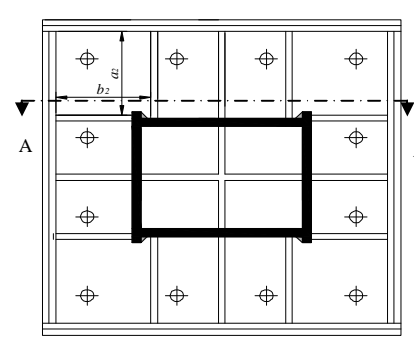


|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

|  |   |
|--|---|
| $P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 320 = 460.8 \text{ ton}$ $M_x = 0.3 F_y S_x = 0.3 \times 2400 \times 4073 = 29.33 \text{ ton.m}$ $M_y = 0.3 F_y S_y = 0.3 \times 2400 \times 4073 = 29.33 \text{ ton.m}$ $V_x = 2M_x/h = 58.65 / 3 = 19.55 \text{ ton}$ $V_y = 2M_y/h = 58.65 / 3 = 19.55 \text{ ton}$ | <p>تعیین نیروهای طراحی</p>  $C_2 = 42 \times 42$ $A = 320 \quad S_x = 4073$ $A_{vx} = 168 \quad S_y = 4073$ $A_{vy} = 168$ $t_f = 2 \quad t_w = 2$ |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| $e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{2933}{461} = 6.364 \text{ cm}$ $e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{2933}{461} = 6.364 \text{ cm}$ $F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$ $f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{461}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 6.364}{B} \right) \leq F_p = 147$ <p>با فرض <math>e &lt; B/6</math></p> $\text{if } B = 90 \Rightarrow e = 6.364 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 49.61 \text{ cm}$ $f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{460800}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 6.364}{80} \right) = 106 \leq F_p = 147$ $f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{D} \right) = \frac{460800}{80 \times 80} \left( 1 + \frac{6 \times 6.364}{80} \right) = 106 \leq F_p = 147$ $\left. \begin{matrix} a_2 = 19 \\ b_2 = 19 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{19}{19} = 1.00$ $\frac{a_2}{b_2} = 1.00 \Rightarrow \begin{matrix} a_1 = 0.049 \\ a_2 = 0.048 \end{matrix}$ $M_{2a} = a_1 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 106 \times 19^2 = 1866 \text{ kg.cm/cm}$ $M_{2a} = a_2 f_{pmax} b^2 = 0.048 \times 106 \times 19^2 = 1858 \text{ kg.cm/cm}$ $M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 1866 \text{ kg.cm/cm}$ $t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 1866}{0.75 \times 2400}} = 2.6$ | <p>تعیین ابعاد صفحه ستون</p>   |
|---|---|



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{230400}{650 \times 0.8} = 443.1$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{443}{2 \times 12} = 18.46$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 80 \times 19 \times 106 = 161.7 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{80 \times 19^2 \times 106}{2} = 15.4 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 40 \times 1.01 \times 22.6 + 80 \times 2.60 \times 1.30}{80 \times 2.6 + 5 \times 40 \times 1.01} = 11.79 \text{ cm}$$

$$I_{NA} = 5 \times 2.60 \times \frac{40^3}{12} + 5 \times 40 \times 1 \times (22.6 - 11.79)^2$$

$$+ \frac{80 \times 2.6^3}{12} + 80 \times 2.6 \times (11.79 - 1.3)^2 = 115944 \text{ cm}^4$$

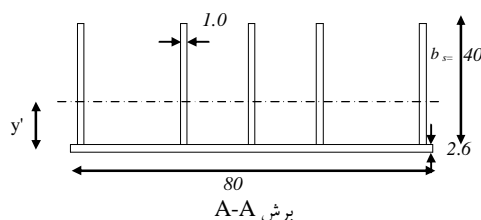
$$S_b = \frac{I_{NA}}{y'} = \frac{115944}{11.79} = 9831 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{NA}}{b_s + t_p - y'} = \frac{115944}{30.81} = 3764 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 3764$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{161676}{5 \times 40 \times 1} = 800 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1535924}{3764} = 408 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 550 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{19550}{550} = 35.55$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 19 \times 35.55 = 675.4 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 40.4 \times 11.79 = 476.5$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{NA}} = \frac{161676 \times 476.5}{115944} = 664.4$$

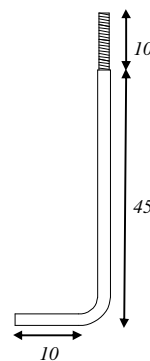


|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS3                    | تیپ   |                 |

$$\begin{aligned}
 \text{جریان برش در بر صفحه ستون} \quad q &= 0 \\
 \text{برش بین سخت کننده و صفحه ستون} &= \frac{0 + 664.4}{2} \times 19 = 6312 \text{ kg} \\
 \text{کل نیروی برشی برای تحمل جوش} &= 675.4 + 6312 = 6987 \text{ kg} \\
 L_w &= 19 \times 2 = 38 \text{ cm} \\
 650 a_w L_w &\geq 6987 \Rightarrow a_w \geq \frac{6987}{650 \times 38} = 0.283
 \end{aligned}$$

طراحی بولت ها

$$\begin{aligned}
 V_{max} &= 19.55 \text{ ton} \\
 A_v &= \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{19550}{0.17 \times 3700} = 31.08 \Rightarrow \text{Use } 12 T 20 \quad (A_v = 37.7) \\
 L_d &= \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{aligned} &0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \\ &\Rightarrow L_d = 45 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$







|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

**تعیین نیروهای طراحی**

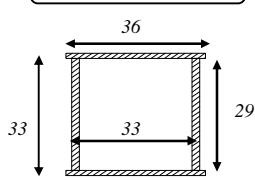
$$P = 0.6 F_y A = 0.6 \times 2400 \times 248 = 357.12 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.3 F_y S_x = 0.3 \times 2400 \times 2417 = 17.40 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0.3 F_y S_y = 0.3 \times 2400 \times 2417 = 17.40 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 2M_x/h = 34.80 / 3 = 11.6 \text{ ton}$$

$$V_y = 2M_y/h = 34.80 / 3 = 11.6 \text{ ton}$$



$C_6 = 33 \times 33$   
 $A = 248 \quad S_x = 2417$   
 $A_{vx} = 132 \quad S_y = 2417$   
 $A_{vy} = 132$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$

**تعیین ابعاد صفحه ستون**

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{1740}{357} = 4.873 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{1740}{357} = 4.873 \text{ cm}$$

$$F_p = 0.7 f'_c = 0.7 \times 210 = 147 \text{ kg/cm}^2$$

$e < B/6$  با فرض

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{357}{BD} \left( 1 + \frac{6 \times 4.873}{B} \right) \leq F_p = 147$$

if  $B = 90 \Rightarrow e = 4.873 < \frac{B}{6} = \frac{90}{6} = 15 \Rightarrow D = 35.76 \text{ cm}$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{B} \right) = \frac{357120}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 4.873}{70} \right) = 103 \leq F_p = 147$$

$$f_{px} = \frac{P}{BD} \left( 1 + \frac{6e_x}{D} \right) = \frac{357120}{70 \times 70} \left( 1 + \frac{6 \times 4.873}{70} \right) = 103 \leq F_p = 147$$

$\left. \begin{matrix} a_2 = 20 \\ b_2 = 20 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{a_2}{b_2} = \frac{20}{20} = 1.00$

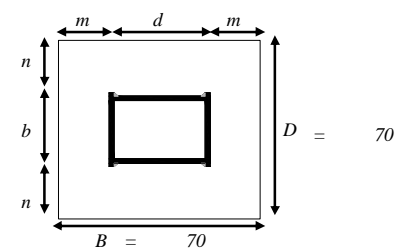
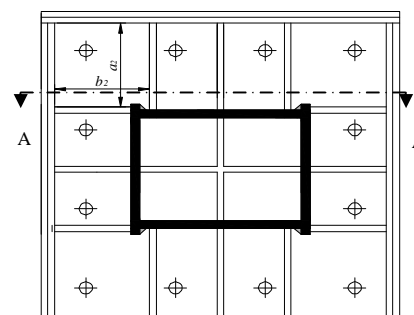
$\frac{a_2}{b_2} = 1.00 \Rightarrow \begin{matrix} a_1 = 0.049 \\ a_2 = 0.048 \end{matrix}$

$$M_{2a} = \alpha_1 f_{pmax} b^2 = 0.049 \times 103 \times 20^2 = 2009 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{2a} = \alpha_2 f_{pmax} b^2 = 0.048 \times 103 \times 20^2 = 2000 \text{ kg.cm/cm}$$

$$M_{max} = \max(M_{2a}, M_{2b}) = 2009 \text{ kg.cm/cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{0.75 F_y}} = \sqrt{\frac{6 \times 2009}{0.75 \times 2400}} = 2.6$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 2/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |

طراحی صفحه ستون

طراحی سخت کننده ها

تعیین ابعاد اولیه سخت کننده ها با در نظر گرفتن جوش بین سخت کننده ها و ستون

$$650 a_w L_w > 0.5P \Rightarrow \text{فرض } a_w = 0.8 \Rightarrow l_w = \frac{178560}{650 \times 0.8} = 343.4$$

$$\text{تعداد کل سخت کننده ها } n = 12$$

$$\text{ارتفاع اولیه سخت کننده ها} = \frac{343}{2 \times 12} = 14.31$$

تعیین ابعاد سخت کننده ها با در نظر گرفتن تنش های برشی و خمشی

$$\text{برش طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad V = B a_2 f_{pmax} = 70 \times 20 \times 103 = 144.7 \text{ ton}$$

$$\text{لنگر طراحی سخت کننده در مقطع A-A} \quad M = \frac{B a_2^2 f_{pmax}}{2} = \frac{70 \times 20^2 \times 103}{2} = 14.5 \text{ ton.m}$$

$$\text{تعداد سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad n_A = 5$$

$$\text{ضخامت سخت کننده ها در مقطع A-A} \quad t_s = 1.0$$

$$y' = \frac{5 \times 30 \times 1.01 \times 17.6 + 70 \times 2.60 \times 1.30}{70 \times 2.6 + 5 \times 30 \times 1.01} = 8.705 \text{ cm}$$

$$I_{N.A} = 5 \times 2.60 \times \frac{30^3}{12} + 5 \times 30 \times 1 \times (17.6 - 8.70)^2$$

$$+ \frac{70 \times 2.6^3}{12} + 70 \times 2.6 \times (8.705 - 1.3)^2 = 51319 \text{ cm}^4$$

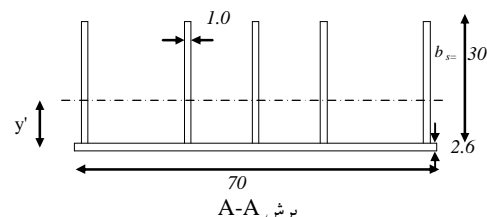
$$S_b = \frac{I_{N.A}}{y'} = \frac{51319}{8.70} = 5896 \text{ cm}^3$$

$$S_t = \frac{I_{N.A}}{b_s + t_p - y'} = \frac{51319}{23.90} = 2148 \text{ cm}^3$$

$$S_{min} = \min(S_b, S_t) = 2148$$

$$f_v = \frac{V}{n_A b_s t_s} = \frac{144652}{5 \times 30 \times 1} = 955 < 0.4 F_y = 960$$

$$f_b = \frac{M}{S_{min}} = \frac{1446524}{2148} = 674 < 0.6 F_y = 1440$$



طراحی جوش سخت کننده ها به صفحه ستون

$$L_s \text{ (طول کل سخت کننده ها)} = 550 \text{ cm}$$

$$\text{نیروی برشی خارجی در واحد طول سخت کننده ها} = \frac{V_{max}}{L_s} = \frac{11602}{550} = 21.09$$

$$\text{نیروی برشی خارجی هر سخت کننده} = 20 \times 21.09 = 421.9 \text{ kg}$$

$$Q = A y' = 30.3 \times 8.705 = 263.8$$

$$\text{جریان برش در مقطع A-A} \quad q = \frac{V Q}{I_{N.A}} = \frac{144652 \times 263.8}{51319} = 743.4$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/13 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی صفحه ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/3     | صفحه  | BS4                    | تیپ   |                 |

جریان برش در بر صفحه ستون  $q = 0$

برش بین سخت کننده و صفحه ستون  $= \frac{0 + 743.4}{2} \times 20 = 7434 \text{ kg}$

کل نیروی برشی برای تحمل جوش  $= 421.9 + 7434 = 7856 \text{ kg}$

$L_w = 20 \times 2 = 40 \text{ cm}$

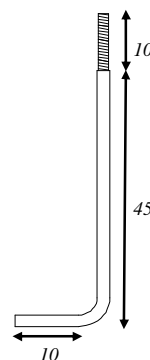
$650 a_w L_w \geq 7856 \Rightarrow a_w \geq \frac{7856}{650 \times 40} = 0.302$

طراحی بولت ها

$V_{max} = 11.6 \text{ ton}$

$A_v = \frac{V_{max}}{0.17 F_u} = \frac{11602}{0.17 \times 3700} = 18.44 \Rightarrow \text{Use } 12 \text{ T } 20 \text{ (} A_v = 37.7 \text{)}$

$L_d = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.0057 d_b f_y \Rightarrow L_d = \frac{0.06 \times 3.14 \times 2400}{\sqrt{210}} = 31.2 \geq \left. \begin{array}{l} 0.0057 \times 3.14 \times 2400 = 42.96 \end{array} \right\} \Rightarrow L_d = 45$





## 8- طراحی وصله ستون

|         |       |                        |       |  |
|---------|-------|------------------------|-------|--|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">طراحی وصله ستون</div> |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |  |
| 1/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |  |

ستون فوقانی

ستون تحتانی

48  
41  
45

51  
43  
48  
48

$C_2 = 45 \times 45$   
 $t_f = 2 \quad t_w = 2$   
 $A = 320 \quad I_x = 106223$   
 $I_y = 106223$

$C_1 = 48 \times 48$   
 $t_f = 2.5 \quad t_w = 2.5$   
 $A = 455$

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$             | $V_3$             | $M_2$             | $M_3$             |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 336.76 | 0.18              | 1.26              | 4.00              | 1.60              |
| DL+LL  | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$F_a = 1388 \text{ kg/cm}^2$

$P_2 = 0.5F_a \quad A = 0.5 \times 1388 \times 320 = 222080 \text{ kg}$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$        $F_a A = 444160$        $R = 7$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$  | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|--------|--|
| 144.56   | 48.75    | 255.69 | 539.70                                 |

$P_{max} = 539695 = 539.7 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت x

$A_f = 45 \times 2 = 90$

$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 41^3}{12} = 22974$

لنگر خمشی سهم جان در جهت x       $M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{22974}{106223} \times 1.60 = 0.346 \text{ ton.m}$

$F_f = \frac{M \cdot M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{1.60 \times 0.346}{45} + 539.7 \times \frac{90}{320} = 151.8 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت x

$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 539.7 \times \frac{70}{320} = 118.1 \text{ ton}$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC1                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 0.18 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{151817}{1440} = 105.4 \text{ cm}^2$$

$$\text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 3.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.2$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{151817}{650 \times 1.20} = 194.6 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{194.6 - 2 \times 35}{2} = 62.32 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$\text{عرض ورق} = 35 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 3.5 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 70 \text{ cm} \quad \text{فرض}$$

$$S = 2 \times \frac{3.5 \times 35^2}{6} = 1429 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{151817}{70} + \frac{34604}{1429} = 2193 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{0.18}{2} = 0.09 \text{ ton}$$

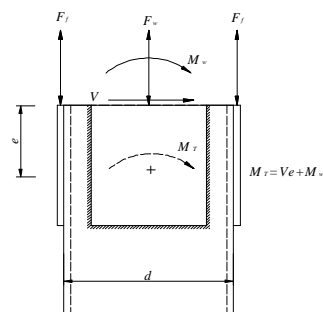
$$F_{wl} = \frac{118}{2} = 59.03 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{0.3}{2} = 0.173 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 35 + 2 \times 35 = 105 \text{ cm} \quad a_w = 1 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 105$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{59029}{105} = 562.2$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{90}{105} = 0.857$$



$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(35 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2(35 + 35)^2}{35 + 2 \times 35} = 39302$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{35 + 2 \times 35} = 11.67 \quad e = 35 - 11.67 = 23.33 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 0.173 + 0.09 \times 0.233 = 0.19 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{19402 \times 23.33}{39302} = 12 \quad f_x = f'_x + f''_x = 0.857 + 12 = 12$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{19402 \times 17.5}{39302} = 9 \quad f_y = f'_y + f''_y = 562.2 + 9 = 571$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{12^2 + 571^2} = 571 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.9$$



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 3/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |

طراحی وصله ستون

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 45 \times 2 = 90$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 48^3}{12} = 36864$$

$$\text{لنگر خمشی سهم جان در جهت Y} \quad M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{36864}{106223} 4.00 = 1.388 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{4.00 - 1.388}{45} + 539.7 \times \frac{90}{320} = 151.8 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 539.7 \times \frac{70}{320} = 118.1 \text{ ton}$$

$$V_y = 1.26 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{151847}{1440} = 105.4 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 3.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 1.2$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{151847}{650 \times 1.20} = 194.7 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{194.7 - 2 \times 35}{2} = 62.34 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{فرض} \quad \text{طول ورق} = 70 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 3.5 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{3.5 \times 30^2}{6} = 1050 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{118058}{70} + \frac{138817}{1050} = 1819 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{1.26}{2} = 0.63 \text{ ton}$$

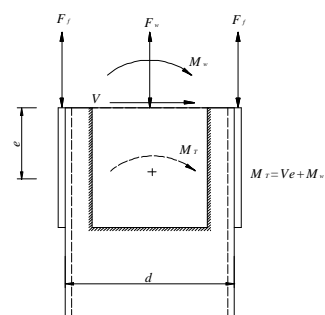
$$F_{wl} = \frac{118}{2} = 59.03 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{4.0}{2} = 2.000 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 35 = 100 \text{ cm} \quad a_w = 1.2 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 120$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{59029}{120} = 491.9$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{630}{120} = 5.25$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/7/20 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CCI                    | تیپ   |                 |

$$d_l = 35 \quad b_l = 30$$

$$I_p \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 35)^3}{12} - \frac{35^2 (30 + 35)^2}{30 + 2 \times 35} = 31577$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{35^2}{30 + 2 \times 35} = 12.25 \quad e = 35 - 12.25 = 22.75 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + V_e = 2.000 + 0.63 \times 0.228 = 2.14 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{214333 \times 22.75}{31577} = 154 \quad f_x = f'_x + f''_x = 5.25 + 154 = 160$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{214333 \times 15}{31577} = 102 \quad f_y = f'_y + f''_y = 491.9 + 102 = 594$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{160^2 + 594^2} = 614.8 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.9$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

70

36

$t = 3.5 \text{ cm}$

$a_w = 1.2 \text{ cm}$

70

36

$t = 3.5 \text{ cm}$

$a_w = 1.2 \text{ cm}$

42

40

$t = 1.5 \text{ cm}$

$a_w = 1.0 \text{ cm}$

جهت x

42

40

$t = 1.5 \text{ cm}$

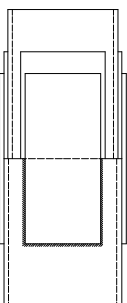
$a_w = 1.0 \text{ cm}$

جهت y



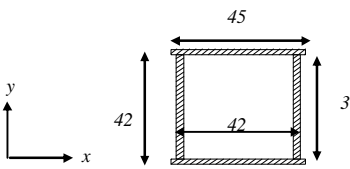
|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 1/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

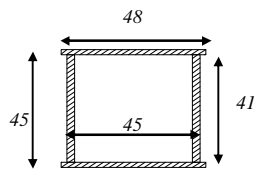


مقاطع ستون ها

ستون فوقانی



ستون تحتانی



$C_3 = 42 \times 42$   
 $t_f = 2$   
 $A = 320$   
 $I_x = 85548$   
 $I_y = 85548$

$C_2 = 45 \times 45$   
 $t_f = 2$   
 $A = 344$   
 $t_w = 2$

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون بر ای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$             | $V_3$             | $M_2$             | $M_3$             |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 221.00 | 0.10              | 1.06              | 2.34              | 0.58              |
| DL+LL  | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ | $0.75(DL+LL+EY1)$ | $0.75(DL+LL+EX2)$ |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [ P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E ] \leq F_a A$$

$$F_a A = 442560 \quad R = 7$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$  | $0.6 [ P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E ]$ |
|----------|----------|--------|--|
| 105.84   | 35.41    | 154.14 | 339.46                                   |

$P_{max} = 339456 = 339.5 \text{ ton}$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 42 \times 2 = 84$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 38^3}{12} = 18291$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت X

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{18291}{85548} \times 0.58 = 0.124 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{0.58 - 0.124}{42} + 339.5 \times \frac{84}{320} = 89.12 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 339.5 \times \frac{76}{320} = 80.62 \text{ ton}$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 2/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 0.10 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{89118}{1440} = 61.89 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.8$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{89118}{650 \times 0.80} = 171.4 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{171.4 - 2 \times 30}{2} = 55.69 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2.5 \text{ cm} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{فرض}$$

$$S = 2 \times \frac{2.5 \times 30^2}{6} = 750 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{89118}{76} + \frac{12401}{750} = 1189 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{0.10}{2} = 0.05 \text{ ton}$$

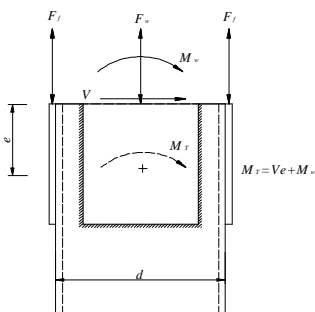
$$F_{wl} = \frac{81}{2} = 40.31 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{0.1}{2} = 0.062 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 0.9 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 81$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{40310}{81} = 497.7$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{50}{81} = 0.617$$



$$d_l = 30 \quad b_l = 30 \quad I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2(b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

$$M_t = M_{wl} + V_e = 0.062 + 0.05 \times 0.2 = 0.07 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_t e}{I_p} = \frac{7200 \times 20}{24750} = 6 \quad f_x = f'_x + f''_x = 0.617 + 6 = 6$$

$$f''_y = \frac{M_t x}{I_p} = \frac{7200 \times 15}{24750} = 4 \quad f_y = f'_y + f''_y = 497.7 + 4 = 502$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{6^2 + 502^2} = 502.1 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.8$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 3/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC2                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 42 \times 2 = 84$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 45^3}{12} = 30375$$

$$M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{30375}{85548} \times 2.34 = 0.831 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{2.34 \times 0.831}{42} + 339.5 \times \frac{84}{320} = 89.14 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 339.5 \times \frac{76}{320} = 80.62 \text{ ton}$$

$$V_y = 1.06 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{89143}{1440} = 61.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{عرض ورق} = 35 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 2 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.9$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{89143}{650 \times 0.90} = 152.4 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{152.4 - 2 \times 35}{2} = 41.19 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$\text{فرض} \quad \text{طول ورق} = 60 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 2.5 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{2.5 \times 30^2}{6} = 750 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{80621}{76} + \frac{83085}{750} = 1172 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{1.06}{2} = 0.53 \text{ ton}$$

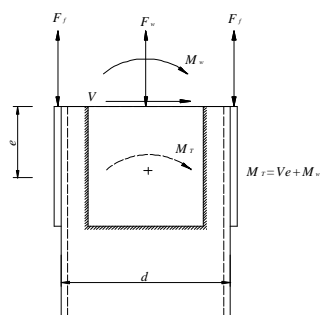
$$F_{wl} = \frac{81}{2} = 40.31 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{2.3}{2} = 1.170 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 30 = 90 \text{ cm} \quad a_w = 0.9 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 81$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{40310}{81} = 497.7$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{530}{81} = 6.543$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC2                    | تیپ   |                 |

$$d_1 = 30 \quad b_1 = 30$$

$$I_p \frac{(b_1+2d_1)^3}{12} - \frac{d_1^2(b_1+d_1)^2}{b_1+2d_1} = \frac{(30 + 2 \times 30)^3}{12} - \frac{30^2(30 + 30)^2}{30 + 2 \times 30} = 24750$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1+2d_1} = \frac{30^2}{30 + 2 \times 30} = 10 \quad e = 30 - 10 = 20 \text{ cm}$$

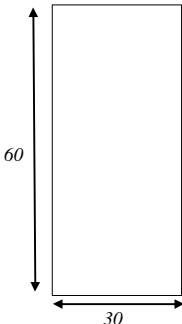
$$M_T = M_{wl} + Ve = 1.170 + 0.53 \times 0.2 = 1.28 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{127600 \times 20}{24750} = 103 \quad f_x = f'_x + f''_x = 6.543 + 103 = 110$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{127600 \times 15}{24750} = 77 \quad f_y = f'_y + f''_y = 497.7 + 77 = 575$$

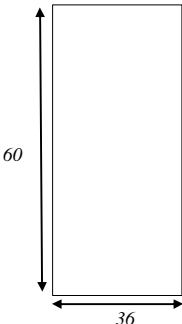
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{110^2 + 575^2} = 585.4 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.9$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



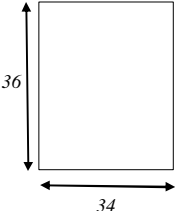
60  
30

$t = 2.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.9 \text{ cm}$



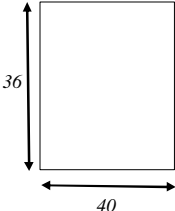
60  
36

$t = 2.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.9 \text{ cm}$



36  
34

$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.7 \text{ cm}$   
جهت X

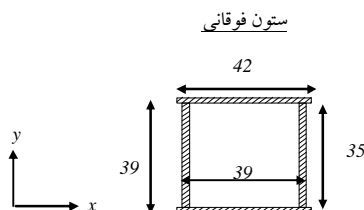
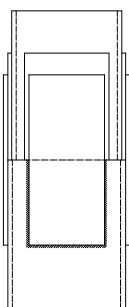


36  
40

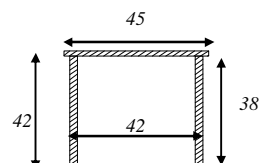
$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.7 \text{ cm}$   
جهت Y



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 1/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC3                    | تیپ   |                 |



مقاطع ستون ها  
ستون تحتانی



$$\begin{aligned}
 C_4 &= 39 \times 39 & C_3 &= 42 \times 42 \\
 t_f &= 2 & t_w &= 2 & t_f &= 2 & t_w &= 2 \\
 A &= 296 & I_x &= 67735 & A &= 320 \\
 I_y &= 67735
 \end{aligned}$$

#### تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود

1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$           | $V_2$           | $V_3$           | $M_2$           | $M_3$           |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 122.96          | 0.27            | 1.06            | 1.90            | 0.70            |
| 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX1) | 0.75(DL+LL+EY2) | 0.75(DL+LL-EY2) | 0.75(DL+LL-EX1) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$F_a = 1377 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 0.5 F_a A = 0.5 \times 1377 \times 296 = 203796 \text{ kg}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E] \leq F_a A$$

$$F_a A = 407592$$

$$R = 7$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8P_{LL} + (0.4R)P_E]$ |
|----------|----------|-------|--|
| 69.72    | 23.71    | 71.19 | 172.81                                 |

$$P_{max} = 203796 = 203.8 \text{ ton}$$

#### تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت x

$$A_f = 39 \times 2 = 78$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 35^3}{12} = 14292$$

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{14292}{67735} 0.70 = 0.148 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M - M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{0.70 - 0.148}{39} + 203.8 \times \frac{78}{296} = 53.72 \text{ ton}$$

#### تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت x

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 203.8 \times \frac{70}{296} = 48.2 \text{ ton}$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 2/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC3                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 0.27 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{53717}{1440} = 37.3 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 30 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.7$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{53717}{650 \times 0.70} = 118.1 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118.1 - 2 \times 30}{2} = 29.03 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$\text{فرض} \quad \text{طول ورق} = 50 \text{ cm} \quad \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm} \quad \text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$$

$$S = 2 \times \frac{1.5 \times 30^2}{6} = 450 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{53717}{70} + \frac{14770}{450} = 800.2 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{0.27}{2} = 0.135 \text{ ton}$$

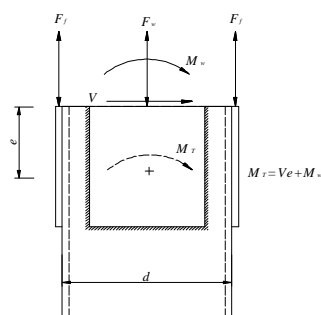
$$F_{wl} = \frac{48}{2} = 24.1 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{0.1}{2} = 0.074 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 25 = 80 \text{ cm} \quad a_w = 0.7 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 56$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{24098}{56} = 430.3$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{135}{56} = 2.411$$



$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(30 + 2 \times 25)^3}{12} - \frac{25^2 (30 + 25)^2}{30 + 2 \times 25} = 19034$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{25^2}{30 + 2 \times 25} = 7.813 \quad e = 25 - 7.813 = 17.19 \text{ cm}$$

$$M_T = M_{wl} + Ve = 0.074 + 0.135 \times 0.172 = 0.10 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{9705 \times 17.19}{19034} = 9 \quad f_x = f'_x + f''_x = 2.411 + 9 = 11$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{9705 \times 15}{19034} = 8 \quad f_y = f'_y + f''_y = 430.3 + 8 = 438$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{11^2 + 438^2} = 438.1 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 39 \times 2 = 78$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 42^3}{12} = 24696$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{24696}{67735} 1.90 = 0.693 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M - M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{1.90 - 0.693}{39} + 203.8 \times \frac{78}{296} = 53.73 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 203.8 \times \frac{70}{296} = 48.2 \text{ ton}$$

$$V_y = 1.06 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{53734}{1440} = 37.32 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 30  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.7$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{53734}{650 \times 0.70} = 118.1 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{118.1 - 2 \times 30}{2} = 29.05 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{عرض ورق} = 30 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 50 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{1.5 \times 30^2}{6} = 450 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{48195}{70} + \frac{69273}{450} = 842.4 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{1.06}{2} = 0.53 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{48}{2} = 24.1 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{1.9}{2} = 0.950 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 30 + 2 \times 25 = 80 \text{ cm} \quad a_w = 0.8 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 64$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{24098}{64} = 376.5$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{530}{64} = 8.281$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/14 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 4/4     | صفحه  | CC3                    | تیپ   |                 |

$$I_p = \frac{d_1^3 (b_1 + 2d_1)}{12} - \frac{d_1^2 (b_1 + d_1)^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{(30 + 2 \times 25)^3}{12} - \frac{25^2 (30 + 25)^2}{30 + 2 \times 25} = 19034$$

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1 + 2d_1} = \frac{25^2}{30 + 2 \times 25} = 7.813 \quad e = 25 - 7.813 = 17.19 \text{ cm}$$

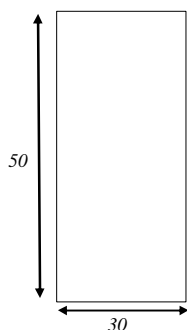
$$M_T = M_{wl} + Ve = 0.950 + 0.53 \times 0.172 = 1.04 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{104109 \times 17.19}{19034} = 94 \quad f_x = f'_x + f''_x = 8.281 + 94 = 102$$

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{104109 \times 15}{19034} = 82 \quad f_y = f'_y + f''_y = 376.5 + 82 = 459$$

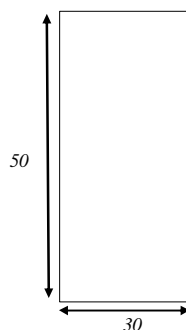
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{102^2 + 459^2} = 469.8 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش



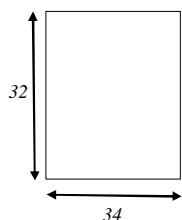
$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.7 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

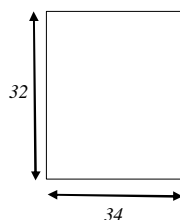
$$a_w = 0.7 \text{ cm}$$



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.5 \text{ cm}$$

جهت X



$$t = 1.5 \text{ cm}$$

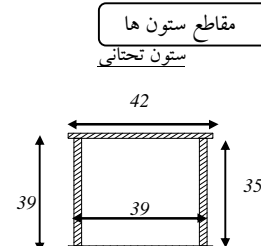
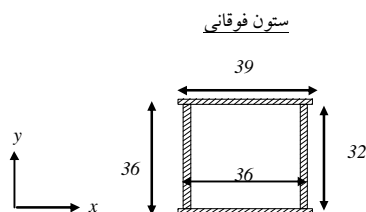
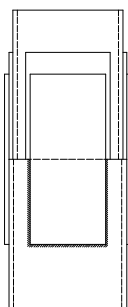
$$a_w = 0.5 \text{ cm}$$

جهت Y



|         |       |                        |       |
|---------|-------|------------------------|-------|
| 83/8/16 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |
| 1/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |

طراحی وصله ستون



$$\begin{aligned}
 C_5 &= 36 \times 36 & C_4 &= 39 \times 39 \\
 t_f &= 2 & t_w &= 2 & t_f &= 2 & t_w &= 2 \\
 A &= 272 & I_x &= 52587 & A &= 296 \\
 I_y &= 52587
 \end{aligned}$$

تعیین نیروهای طراحی

وصله ستون برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی می شود  
1- نیروی موجود در محل وصله

| $P_1$  | $V_2$           | $V_3$ | $M_2$           | $M_3$           |
|--------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| 102.23 | 0.63            | 0.22  | 0.68            | 1.08            |
| DL+LL  | 0.75(DL+LL-EX1) | DL+LL | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL-EX1) |

2- 50 درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

$$\begin{aligned}
 F_a &= 1371 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_2 &= 0.5 F_a A = 0.5 \times 1371 \times 272 = 186456 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3- نیروی فشاری ناشی از ترکیب زیر

$$0.6 [P_{DL} + 0.8 P_{LL} + (0.4 R) P_E] \leq F_a A \quad F_a A = 372912 \quad R = 7$$

| $P_{DL}$ | $P_{LL}$ | $P_E$ | $0.6 [P_{DL} + 0.8 P_{LL} + (0.4 R) P_E]$ |
|----------|----------|-------|---|
| 79.25    | 22.97    | 68.67 | 173.94                                    |

$$P_{max} = 186456 = 186.5 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_f = 36 \times 2 = 72$$

$$I_{wx} = \frac{2 \times 2 \times 32^3}{12} = 10923$$

$$M_{wx} = \frac{I_w}{I} M_x \Rightarrow M_{wx} = \frac{10923}{52587} \times 1.08 = 0.224 \text{ ton.m}$$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wx}}{d} + p \times \frac{A_f}{A} = \frac{1.08 \times 0.224}{36} + 186.5 \times \frac{72}{272} = 49.38 \text{ ton}$$

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

$$F_w = p \times \frac{A_w}{A} = 186.5 \times \frac{64}{272} = 43.87 \text{ ton}$$





|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/16 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 2/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC4                    | تیپ   |                 |

$$V_x = 0.63 \text{ ton}$$

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت X

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{49380}{1440} = 34.29 \text{ cm}^2 \quad \text{عرض ورق} = 25 \Rightarrow \text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$$

$$a_w = 0.6$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{49380}{650 \times 0.60} = 126.6 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{126.6 - 2 \times 25}{2} = 38.31 \text{ cm}$$

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت X

فرض  $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$   $\text{طول ورق} = 40 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{1.5 \times 25^2}{6} = 312.5 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wx}}{S} = \frac{49380}{64} + \frac{22432}{313} = 843.3 \leq 1440$$

$$V_l = \frac{0.63}{2} = 0.315 \text{ ton}$$

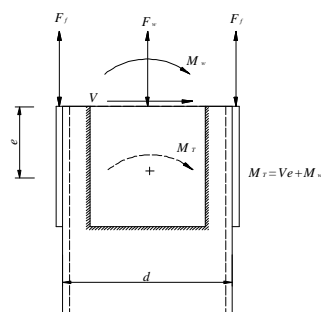
$$F_{wl} = \frac{44}{2} = 21.94 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{0.2}{2} = 0.112 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 20 = 65 \text{ cm} \quad a_w = 0.8 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 52$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{21936}{52} = 421.8$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{315}{52} = 6.058$$



$$I_p = \frac{(b_l + 2d_l)^3}{12} - \frac{d_l^2 (b_l + d_l)^2}{b_l + 2d_l} = \frac{(25 + 2 \times 20)^3}{12} - \frac{20^2 (25 + 20)^2}{25 + 2 \times 20} = 10424$$

$$y' = \frac{d_l^2}{b_l + 2d_l} = \frac{20^2}{25 + 2 \times 20} = 6.154 \quad e = 20 - 6.154 = 13.85 \text{ cm}$$

$$M_r = M_{wl} + V_e = 0.112 + 0.315 \times 0.138 = 0.16 \text{ ton.m}$$

$$f''_x = \frac{M_r e}{I_p} = \frac{15578 \times 13.85}{10424} = 21 \quad f_x = f'_x + f''_x = 6.058 + 21 = 27$$

$$f''_y = \frac{M_r x}{I_p} = \frac{15578 \times 12.5}{10424} = 19 \quad f_y = f'_y + f''_y = 421.8 + 19 = 441$$

$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{27^2 + 441^2} = 441.3 \quad 650 a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$



|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/16 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
|         | کنترل | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
| 3/4     | صفحه  | CC4                    | تیپ   |                 |

تعیین نیروهای طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_f = 36 \times 2 = 72$$

$$I_{wy} = \frac{2 \times 2 \times 39^3}{12} = 19773$$

لنگر خمشی سهم جان در جهت Y  $M_{wy} = \frac{I_w}{I} M_y \Rightarrow M_{wy} = \frac{19773}{52587} \times 0.68 = 0.256 \text{ ton.m}$

$$F_f = \frac{M \cdot M_{wy}}{d} + P \times \frac{A_f}{A} = \frac{0.68 \times 0.256}{36} + 186.5 \times \frac{72}{272} = 49.37 \text{ ton}$$
  

تعیین نیروهای طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

$$F_w = P \times \frac{A_w}{A} = 186.5 \times \frac{64}{272} = 43.87 \text{ ton}$$

$$V_y = 0.22 \text{ ton}$$
  

طراحی وصله بال برای لنگر در جهت y

$$A_{gf} = \frac{F_f}{0.6 F_y} = \frac{49368}{1440} = 34.28 \text{ cm}^2$$

عرض ورق = 25  $\Rightarrow$  ضخامت ورق = 1.5 cm

$$a_w = 0.7$$

$$L_w = \frac{F_f}{650 a_w} = \frac{49368}{650 \times 0.70} = 108.5 \Rightarrow \text{طول ورق} = \frac{108.5 - 2 \times 25}{2} = 29.25 \text{ cm}$$
  

طراحی وصله جان برای لنگر در جهت y

فرض  $\text{طول ورق} = 40 \text{ cm}$   $\text{ضخامت ورق} = 1.5 \text{ cm}$   $\text{عرض ورق} = 25 \text{ cm}$

$$S = 2 \times \frac{1.5 \times 25^2}{6} = 312.5 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_{wy}}{S} = \frac{43872}{64} + \frac{25568}{313} = 767.3 \leq 1440$$

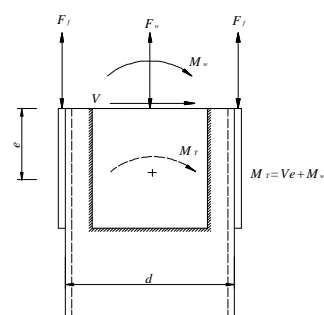
$$V_l = \frac{0.22}{2} = 0.11 \text{ ton}$$

$$F_{wl} = \frac{44}{2} = 21.94 \text{ ton}$$

$$M_{wl} = \frac{0.7}{2} = 0.340 \text{ ton.m}$$

$$L_w = 25 + 2 \times 20 = 65 \text{ cm} \quad a_w = 0.8 \Rightarrow A_{we} = L_w a_w = 52$$

$$f'_y = \frac{F_{wl}}{A_{we}} = \frac{21936}{52} = 421.8$$

$$f'_x = \frac{V_l}{A_{we}} = \frac{110}{52} = 2.115$$




|         |       |                        |       |                 |
|---------|-------|------------------------|-------|-----------------|
| 83/8/16 | تاریخ | طراحی ساختمانهای مقاوم | پروژه | طراحی وصله ستون |
| 4/4     | صفحه  | مسعود حسن زاده         | طرح   |                 |
|         |       | CC4                    | تیپ   |                 |

$$I_p = \frac{(b_1+2d_1)^3}{12} - \frac{d_1^2(b_1+d_1)^2}{b_1+2d_1} = \frac{(25 + 2 \times 20)^3}{12} - \frac{20^2(25 + 20)^2}{25 + 2 \times 20} = 10424$$
  

$$y' = \frac{d_1^2}{b_1+2d_1} = \frac{20^2}{25 + 2 \times 20} = 6.154 \quad e = 20 - 6.154 = 13.85 \text{ cm}$$
  

$$M_T = M_{wl} + Ve = 0.340 + 0.11 \times 0.138 = 0.36 \text{ ton.m}$$
  

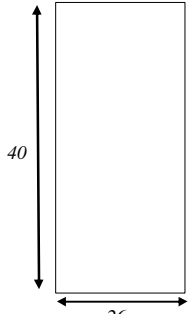
$$f''_x = \frac{M_T e}{I_p} = \frac{35523 \times 13.85}{10424} = 47 \quad f_x = f'_x + f''_x = 2.115 + 47 = 49$$
  

$$f''_y = \frac{M_T x}{I_p} = \frac{35523 \times 12.5}{10424} = 43 \quad f_y = f'_y + f''_y = 421.8 + 43 = 464$$
  

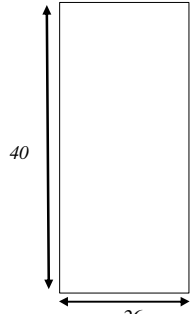
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{49^2 + 464^2} = 467.1 \quad 650a_w \geq f_r \Rightarrow a_w = 0.7$$
  

ابعاد وصله اتصال و ورق پرکننده و ابعاد جوش

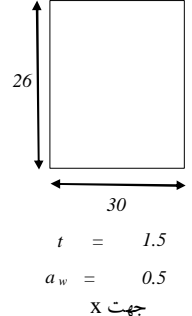


$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.7 \text{ cm}$

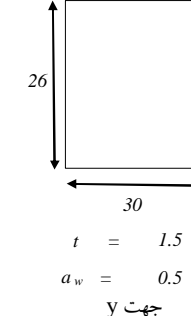


$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.7 \text{ cm}$



$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.5 \text{ cm}$   
جهت X



$t = 1.5 \text{ cm}$   
 $a_w = 0.5 \text{ cm}$   
جهت Y



## 9- تحلیل و طراحی پی

تحلیل و طراحی پی توسط نرم افزار Safe با استفاده از خروجی نیروهای تکیه گاهی صورت می گیرد. مقاومت مجاز خاک  $q_u = 2 \text{ kg/cm}^2$  می باشد. برنامه Safe پی را بصورت الاستیک و با استفاده از ضریب بستر خاک تحلیل می کند. بنابراین ضریب بستر را از روی رابطه تقریبی زیر محاسبه می کنیم

$$k_s = 1.2q_u = 1.2 \times 2 = 2.4$$

برای کنترل تنش زیر پی از 9 ترکیب بار طبق جدول زیر استفاده می کنیم

جدول 9-1: ترکیبات بار برای کنترل تنش زیر پی

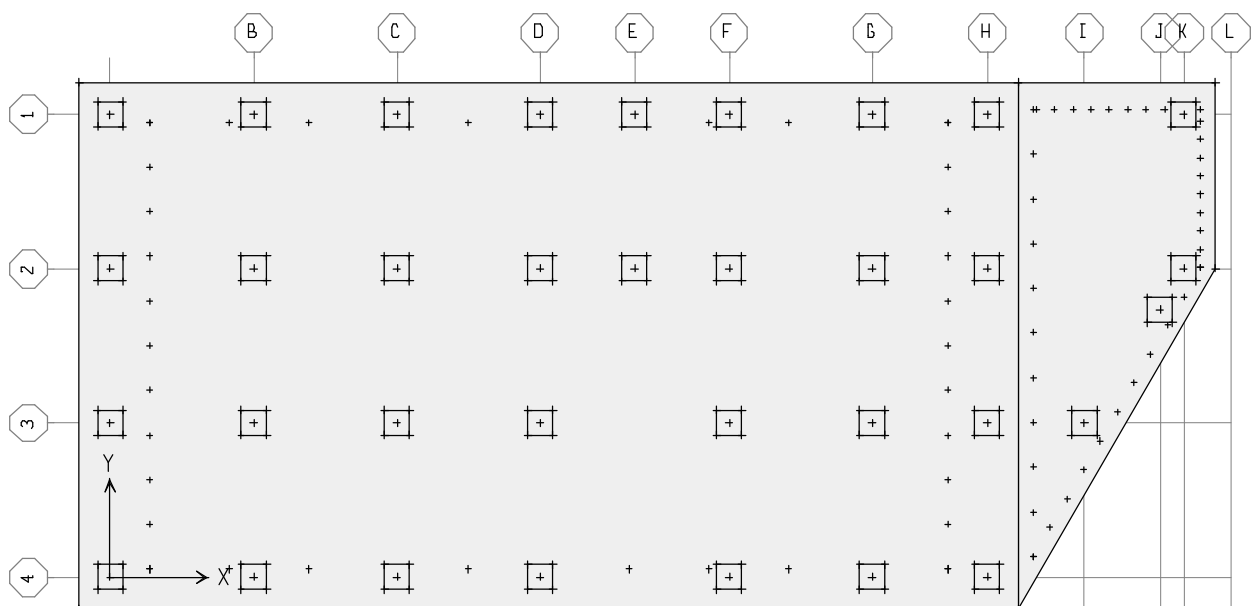
| Load<br>combo | P1    | P2              | P3              | P4              | P5              | P6              | P7              | P8              | P9              |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|               | DL+LL | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX1) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EX2) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY1) | 0.75(DL+LL+EY2) | 0.75(DL+LL+EY2) |

برای طراحی پی از 18 ترکیب بار زیر استفاده می کنیم

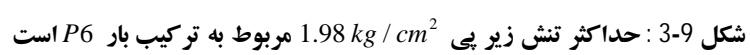
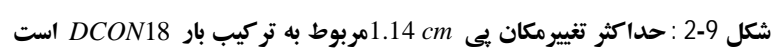
جدول 9-2: ترکیبات بار برای طراحی پی

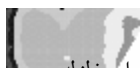
| Load<br>combo | DCON1                       | DCON2                       | DCON3                       | DCON4                       | DCON5                       | DCON6                       |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               | 1.4DL                       | 1.4 DL+1.7 LL               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY1 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 |
|               | DCON7                       | DCON8                       | DCON9                       | DCON10                      | DCON11                      | DCON12                      |
|               | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EX2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 1.05 DL+1.275 LL+1.4025 EY2 | 0.9 DL+1.43 EX1             | 0.9 DL+1.43 EX1             |
|               | DCON13                      | DCON14                      | DCON15                      | DCON16                      | DCON17                      | DCON18                      |
|               | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EY1             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EX2             | 0.9 DL+1.43 EY2             | 0.9 DL+1.43 EY2             |

ضخامت پی 120 cm در نظر گرفته شده است

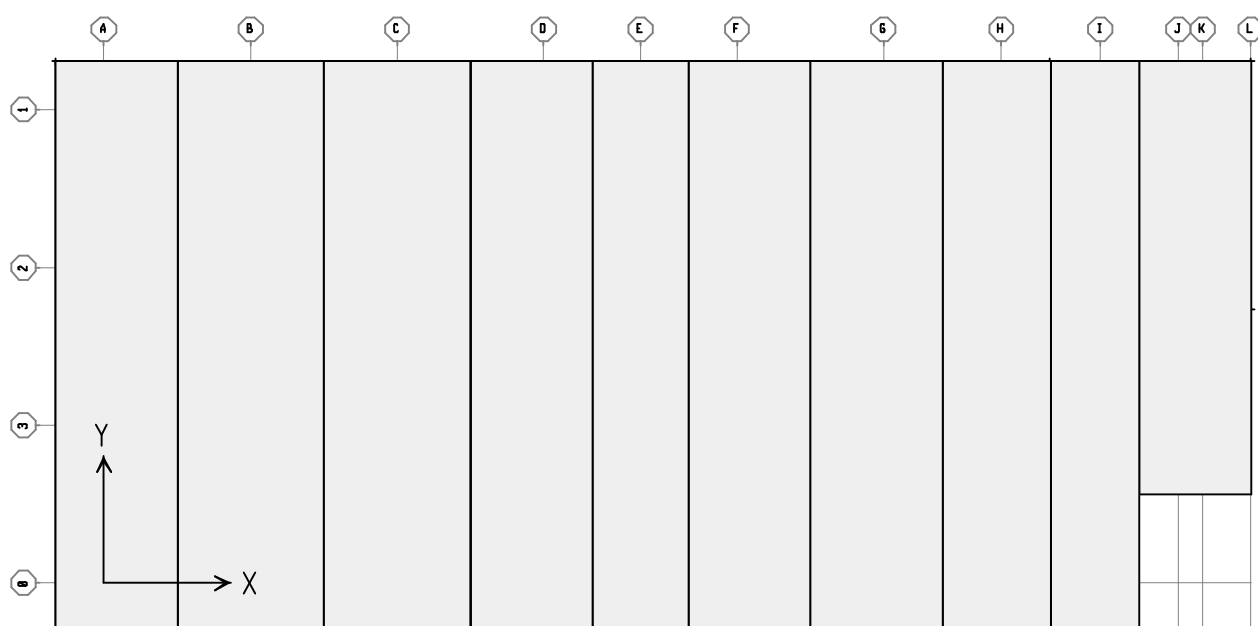


شکل 9-1: پلان پی

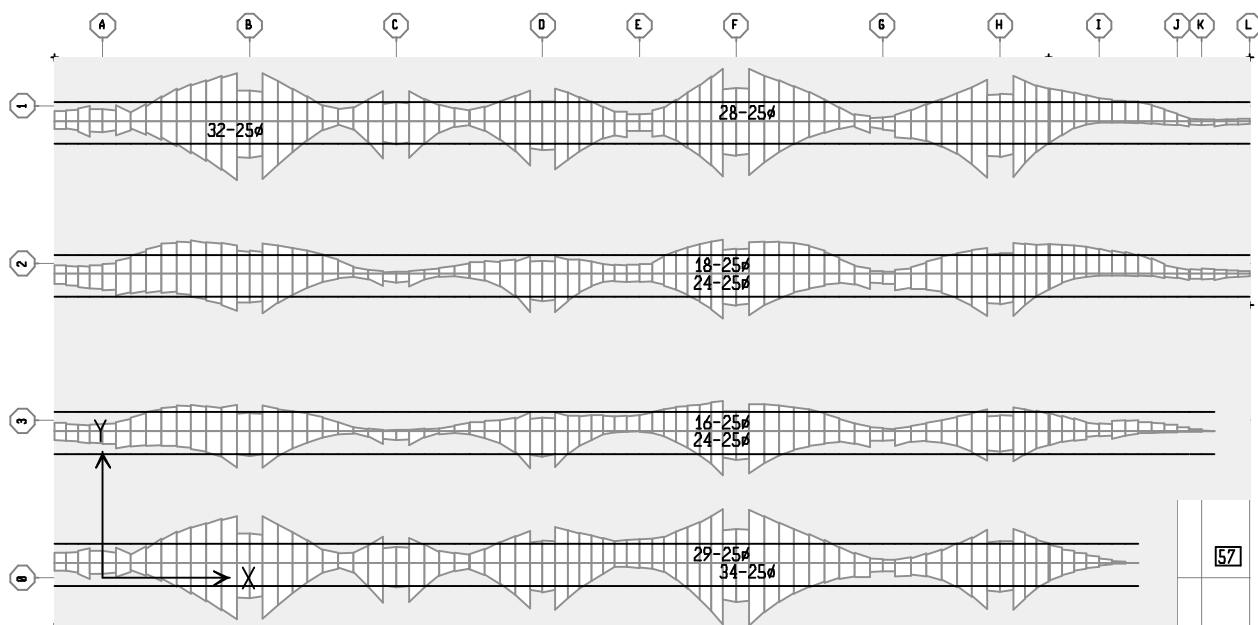




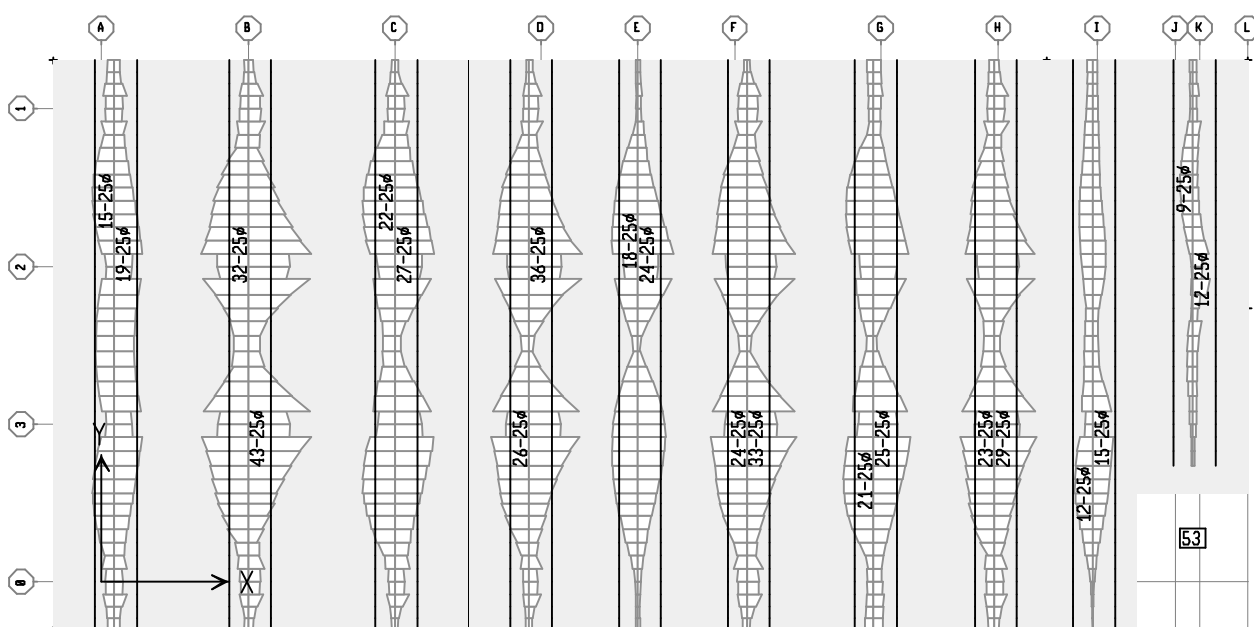
شکل 4-9: نوارهای طراحی جهت  $X$



شکل 5-9: نوار طراحی جهت  $Y$

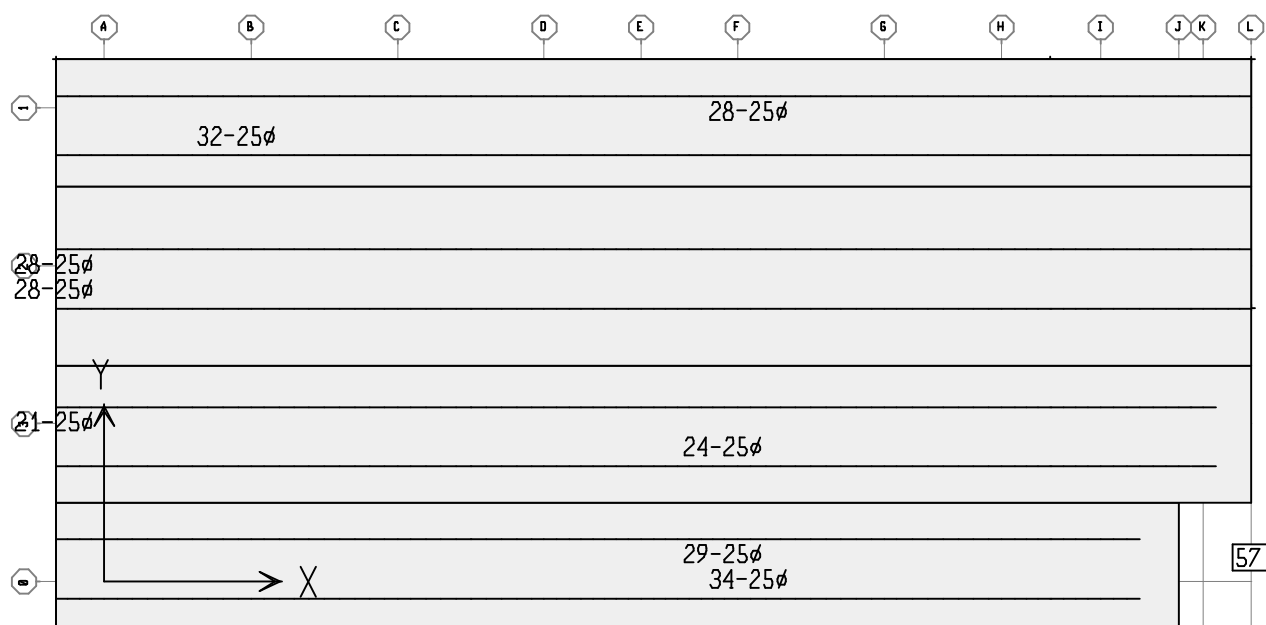


شکل 6-9: دیاگرام لنگر خمشی در جهت X

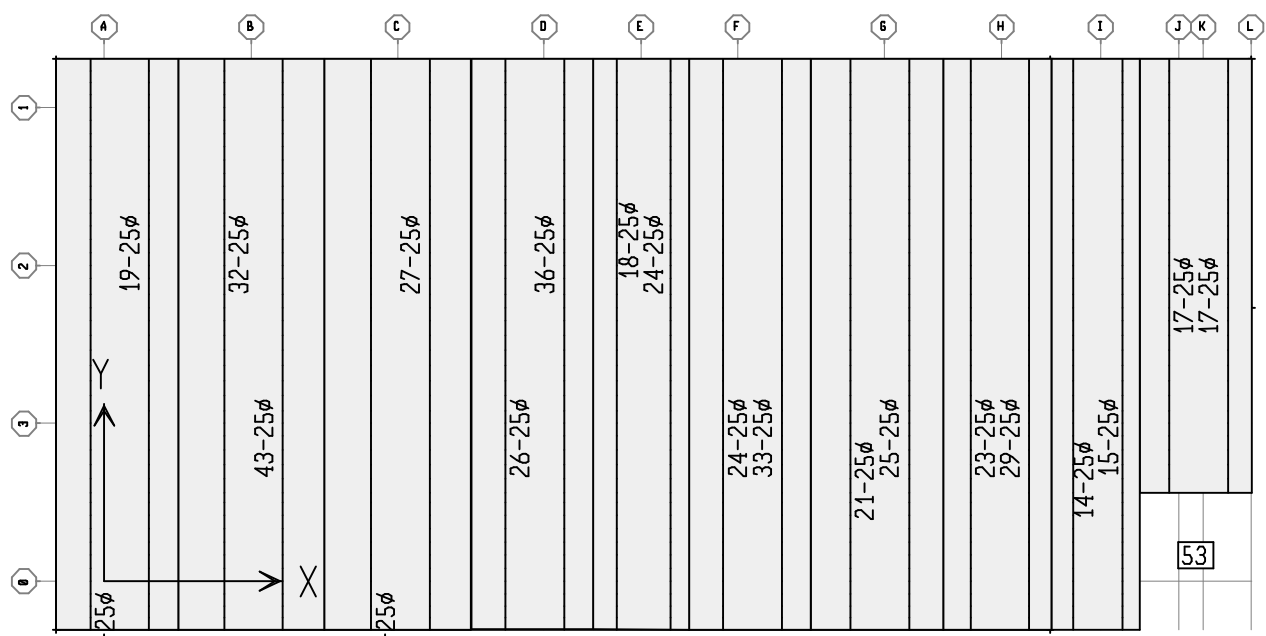


شکل 7-9: دیاگرام لنگر درجهت Y

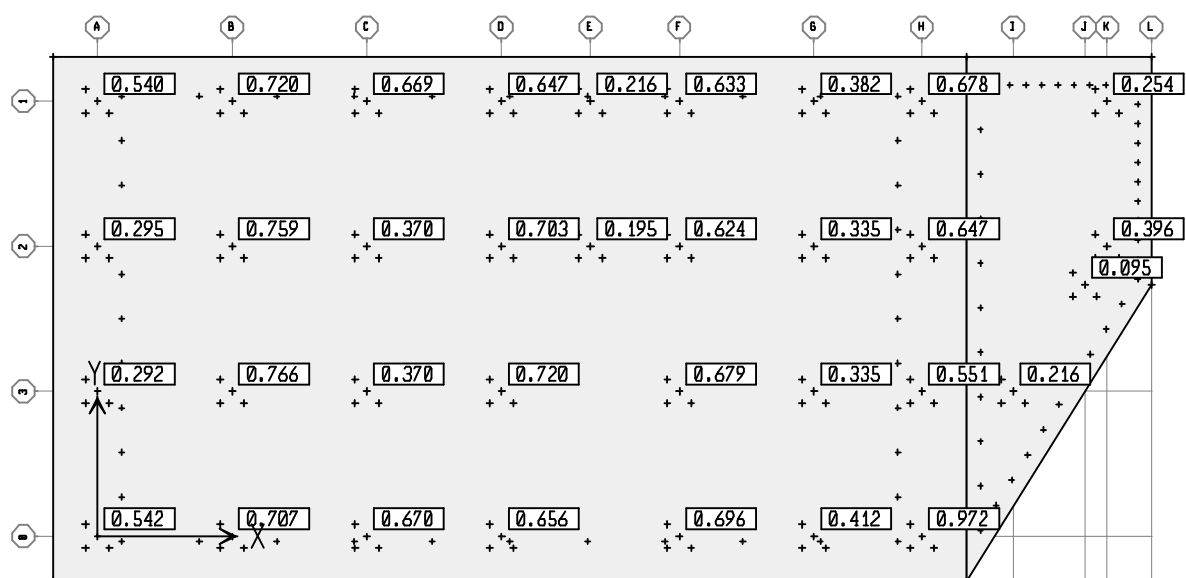




شکل 8-9: میلگردهای طراحی در جهت X



شکل 9-9: میلگردهای طراحی در جهت Y



شکل 9-10: نسبت ظرفیت برش پانچ