پروژه طرح و ساخت راه آهن درود- خرم آباد

دفترچه محاسبات مطالعات مرحله دوم پل

کیلومتر ۵۶۰+۷۴

کارفرما :

وزارت راه و شهرسازی

معاونت ساخت و توسعه راه آهن ، فرودگاه و بنادر

دفتر فنی و امور طرحها

مدیر طرح:

مهندسین مشاور پارس

پیمانکار:

قرار گاه سازندگی خاتم الانبیا

مشاور :

گروه مهندسین مشاور هراز راه

فهرست مطالب

۱-۱-مقدمه

۱-۲- آئین نامه طراحی

۱-۳- مصالح مصرفی

۱-۴- بارهای بهره برداری (نشریه شماره ۱۳۹)

۱-۵- بار ترمز

۱-۶- بارگذاری زلزله (نشریه شماره ۴۶۳)

۱-۶-۱- پهنه بندی لرزهای

۱-۶-۲- طبقه بندی نوع زمین ساختگاه

۱-۶-۳- زمان تناوب اصلی نوسان

۱-۶-۴-ضریب بازتاب

۱-۶-۵- ضریب رفتار سازه

۲- مدلسازی و آنالیز پل

۲-۱- مدلسازی و طراحی سه بعدی پل

۲-۱-۱- طراحی دال فوقانی

۲-۱-۲- تحلیل و طراحی شاهتیرهای اصلی

۳- مدلسازی و طراحی ستون

۴- طراحی فونداسیون پایه ها

۵- طراحی سر ستون

۶-طراحی نئوپرن

۷-طراحی کوله

۱-۱-مقدمه

پل مورد مطالعه در راه آهن درود- خرم آباد و درکیلومتر 560+74 واقع شده است. سیستم سازه‌ای این پل شامل عرشه متشکل از دال و تیرهای پیش ساخته بتن پس کشیده و کوله‌های بسته است.

هندسه طولی پل شامل ۴ دهانه ۲۴ متری بوده و ساختار اتصال عرشه به زیرسازه در محل کوله‌ها و پایه های میانی بصورت ساده با تکیه گاه الاستومری (نئوپرن) می‌باشد.

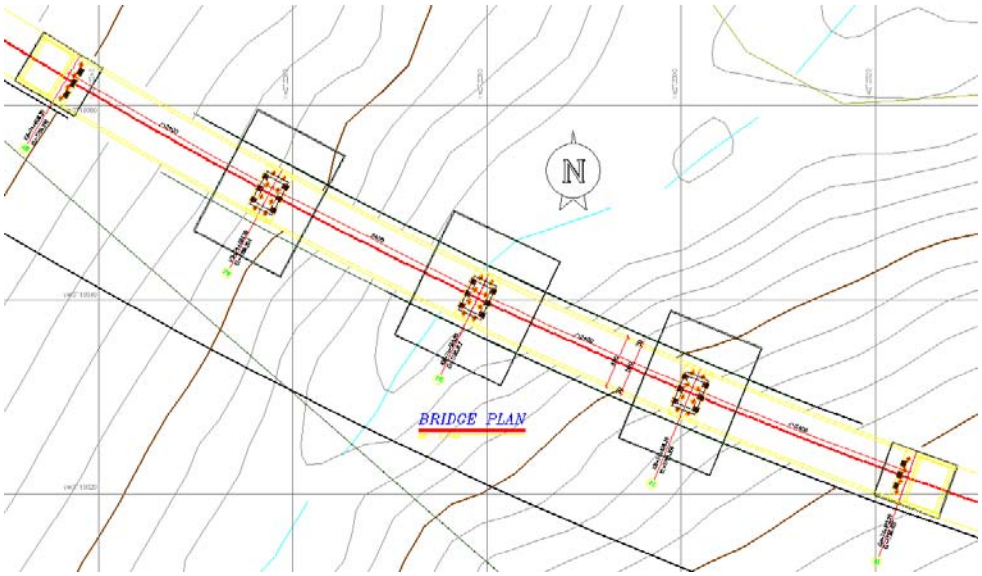
عرض عرشه برابر با ۵/۶۰ متر بوده که شامل ۴ تیر بتن پس کشیده با ارتفاع ۱۶۵ سانتیمتر با فاصله ۱۳۵ سانتیمتر از هم می‌باشند.

پایه‌های میانی شامل باکس بتن مسلح به ابعاد ۲۵۰*۳۸۰ سانتیمتر است که مستقیماً بر روی یک شالوده سطحی قرار می‌گیرد. کوله های پل نیز که شامل یک دیوار پیشانی و دو عدد دیوار جناحی میباشند نیز بر روی شالوده سطحی قرار گرفته اند.

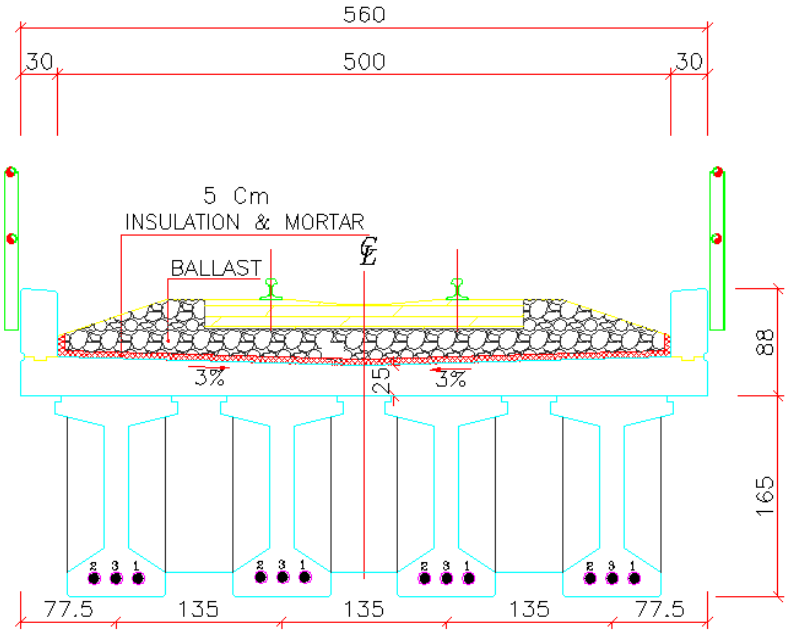
در تصویر شماره ۱-۱ پلان عمومی محل پل و در تصویر شماره ۱-۲ مقطع عرضی عرشه نشان داده شده است.

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه: پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



تصویر شماره ۱-۱- پلان عمومی پل



تصویر شماره ۱-۲- مقطع عرضی تابلیه پل

۱-۲- آئین‌نامه طراحی:

در طراحی این پل از آئین‌نامه‌های زیر استفاده شده است:

۱- استاندارد بارگذاری پل‌های ایران (نشریه شماره ۱۳۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری)

۲- آئین نامه طرح پل‌های راه و راه آهن در برابر زلزله (نشریه شماره ۴۶۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری)

۳- آیین نامه پلسازی آمریکا (AASHTO) به عنوان مبانی طراحی سازه.

۱-۳- مصالح مصرفی:

۱-۳-۱- آرماتور مصرفی:

کلیه آرماتورهای های مصرفی در بتنهای مسلح از نوع AIII با حداقل حد جاری شدن ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، ضریب ارتجاعی ۲۱۰ گیگا پاسکال و با رعایت مشخصات مندرج در نشریه ۱۰۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و مشخصات فنی و عمومی راه ها در نظر گرفته شده است.

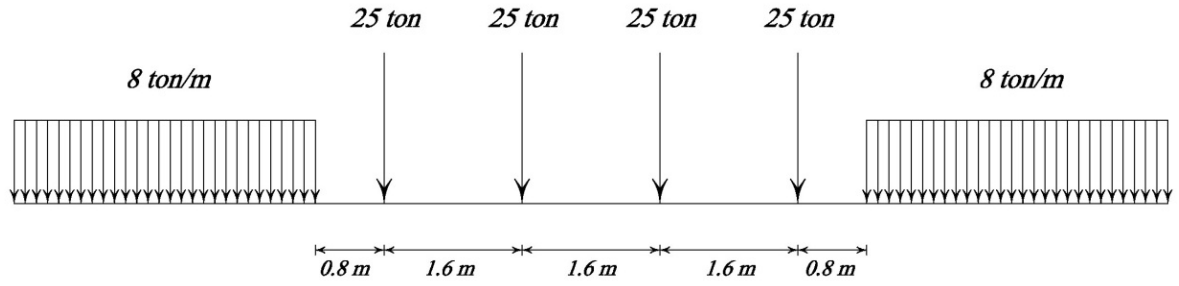
۱-۳-۲- بتن مصرفی:

بتن های مورد استفاده در طرح این پل در چهار گروه مختلف از لحاظ عیار سیمان و مقاومت فشاری مشخصه قرار میگیرند. خاطر نشان میسازد که مقاومت فشاری بتن هایی که با سیمان معمولی ساخته میشوند بر روی نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه آزمایش میگردد.

بخش	عیار سیمان (kg/m^3)	حداقل مقاومت فشاری بر روی نمونه مکعبی ۲۰*۲۰*۲۰ سانتیمتر kg/cm^2
بتن مگر	۱۵۰	۱۰۰
کوله‌ها و دال و فونداسیون	۳۵۰	۳۰۰
تیرهای بتنی	۴۵۰	۴۰۰

۱-۴- بارهاي بهره‌برداري (نشريه شماره ۱۳۹)

بر اساس نشریه شماره ۱۳۹ برای ابنیه فنی راه آهن به جای بار حقیقی قطار، از بار فرضی معادل مطابق شکل ۲-۱ استفاده می شود که از آن به عنوان " بارگذاری استاندارد " یاد می شود. البته در هر مرحله از محاسبات در مورد طراحی اجزای مختلف باربر در عرشه پل نظیر دال بتنی، تیرچه های طولی، تیرهای عرضی و شاهتیرهای طولی باید اثر دینامیکی بار زنده نیز درنظر گرفته شود که در فصول بعدی برای هر مورد ضریب ضربه محاسبه و بر بار زنده اعمال شده است که مشاهده خواهد شد.



تصویر شماره ۱-۳- بارگذاری استاندارد قطار ایران

۱-۵- بار ترمز

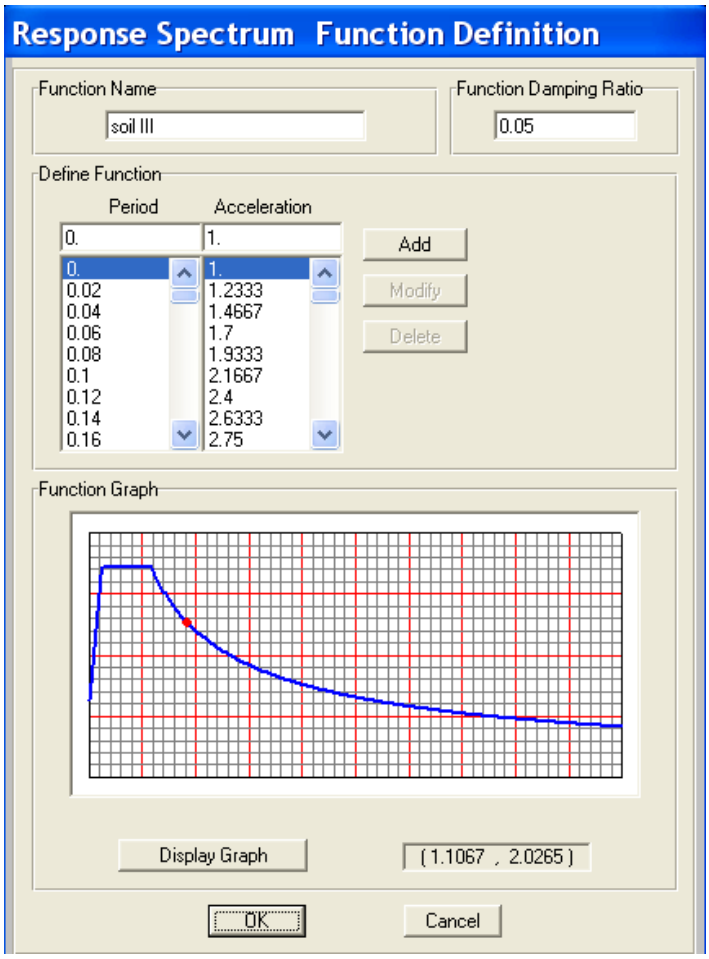
براساس نشریه شماره ۱۳۹ مقدار نیروی ناشی از ترمز قطار برابر با $\frac{1}{7}$ وزن آن قسمت از قطار که بر روی عرشه پل حرکت می کند، می باشد.

حداکثر وزن آن قسمت از قطار که بر روی پل قرار می گیرد $= 4\times 25 + (96 - 4\times 1.6)\times 8 = 816.8\ ton$

۱-۶- بارگذاری زلزله (نشریه شماره ۴۶۳)

بارگذاری زلزله بر اساس ضوابط آیین نامه طرح پلهای راه و راه آهن در برابر زلزله (نشریه شماره ۴۶۳) در نظر گرفته شده است. تحلیل سازه با استفاده از تحلیل طیفی شبه دینامیکی انجام شده است. طیف پاسخ از آیین نامه زلزله

پلها استخراج شده و در نرم افزار SAP2000 وارد شده است که این امر در تصویر شماره ۱-۴ ارائه شده است. طیف پاسخ با استفاده از خاک نوع ۳ و زلزله با نسبت شتاب مبنای ۰/۳۷ساخته شده است.



تصویر شماره ۱- ۴- ضریب بازتاب پل برای خاک نوع سه خطر نسبی بسیار زیاد

۱-۶-۱- پهنه‌بندی لرزه‌ای

بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای ایران، منطقه مورد نظر جزء مناطق با خطر نسبی زیاد می‌باشد که بر اساس آیین‌نامه طرح پلهای راه و راه‌آهن در برابر زلزله (نشریه شماره ۴۶۳) شتاب مبنای طرح آن ۰/۳۵g است که باید در طرح پل مورد توجه قرار گیرد (جدول شماره ۱-۱).

جدول شماره ۱-۱- نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

منطقه	*توصیف*	*نسبت شتاب مبنای طرح*
۱	***پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد***	***۰/۳۵***
۲	*پهنه با خطر نسبی زیاد*	۰/۳۰
۳	*پهنه با خطر نسبی متوسط*	۰/۲۵
۴	*پهنه با خطر نسبی کم*	۰/۲۰

بر اساس مطالعات فاز یک، شتاب مبنای زلزله ۰/۳۷g در این محاسبات استفاده شده است.

۱-۶-۲- طبقه بندی نوع زمین ساختگاه

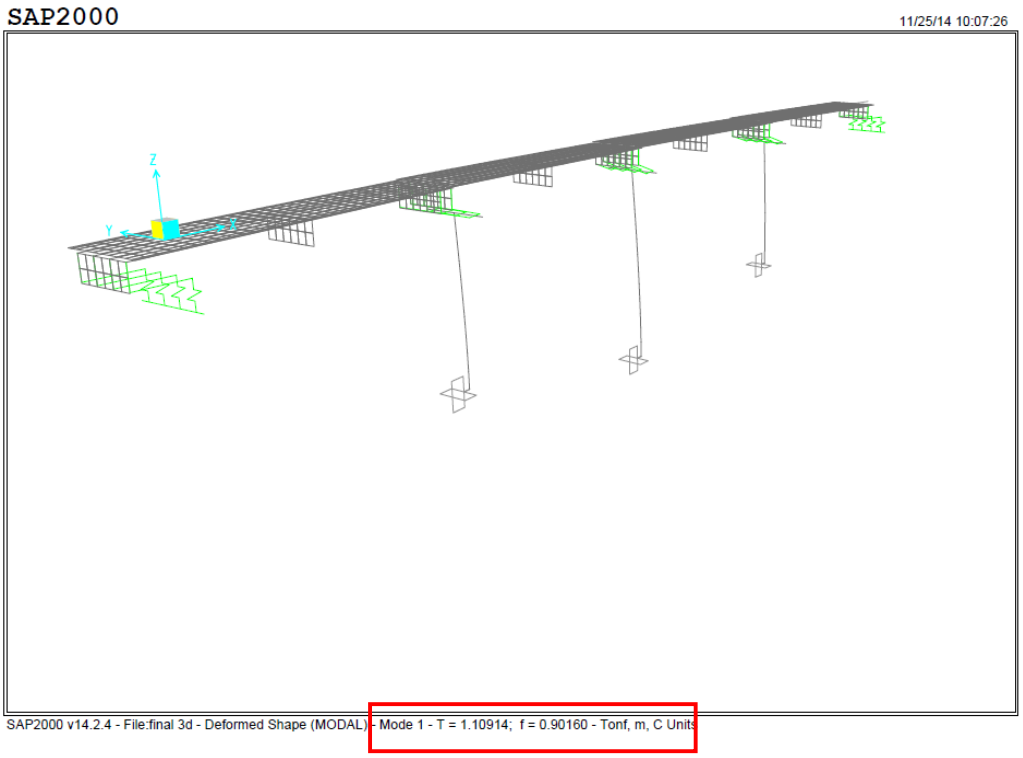
زمین ساختگاه این پروژه بر اساس جنس و مطابق با جدول شماره ۱-۲ در بخش III-الف طبقه‌بندی می‌شود که دارای سرعت موج برشی بین ۱۷۵ تا ۳۷۵ متر بر ثانیه است.

جدول ۱-۲- نوع زمین ساختگاه طرح

نوع زمین	جنس ساختگاه	سرعت موج برشی (m/s)
I	الف: سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریز دانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده‌ای (گنایسها، سنگهای متبلور سیلیکاته)، طبقات کنگلومرائی	بیشتر از ۷۵۰
	ب: خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰متر از روی بستر سنگی	۳۷۵ تا ۷۵۰
II	الف: سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی، سنگهای دگرگونی متورق و بطور کلی سنگهائی که بر اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده‌اند.	۳۷۵ تا ۷۵۰
	ب: خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیش از ۳۰ متر	۳۷۵ تا ۷۵۰
III	**الف: سنگهای متلاشی شده بر اثر هوازدگی**	**۱۷۵ تا ۳۷۵**
	ب: خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه‌ای و رس با سختی متوسط	۱۷۵ تا ۳۷۵
IV	الف: نهشته‌های نرم با رطوبت زیاد بر اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی	
	ب: هرگونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیش از ۲۰ درصد و رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد.	کمتر از ۱۷۵

۱-۶-۳- زمان تناوب اصلی نوسان، T

با توجه به مدلسازی سه بعدی پل، مقدار زمان تناوب سازه در خروجی مدل صورت گرفته در نرم افزار SAP2000 برابر با ۱/۱۱ می‌باشد. در تصویر شماره ۱-۴ مدل مذکور ارائه شده است.



تصویر شماره ۱- ۴- مدلسازی مد رفتاری سازه

۱-۶-۴-ضریب بازتاب ، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین است که با توجه به مقدار T ساختمان از روابط زیر تعیین می‌شود:

$$B = 1 + S\,(T/T_0) \qquad 0 \le T \le T_0$$
$$B = S+1 \qquad T_0 \le T \le T_S$$
$$B = (S+1)\,(T_S/T)^{\frac{2}{3}} \qquad T \ge T_S$$

که در این روابط T، دوره تناوب نوسان اصلی پل به ثانیه و پارامترهای T_0 ، T_s و S بر اساس نوع زمین ساختگاه و میزان خطر لرزه خیزی براساس جدول زیر تعیین می گردند.

جدول ۱-۳- پارامترهای مورد نیاز

نوع زمین منطقه	T_0	T_s	خطر نسبی کم و متوسط	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد
			S	S
I	0.1	0.4	1.5	1.5
II	0.1	0.5	1.5	1.5
III	0.15	0.7	1.75	1.75
IV	0.15	1.0	2.25	1.75

۱-۶-۵- ضریب رفتار سازه

مطابق نشریه ۴۶۳ از آنجا که پایه ها در دو جهت طولی و عرضی به صورت تک ستونی می‌باشند لذا ضریب رفتار سازه در دو جهت برابر با ۳ در نظر گرفته می‌شود. برای کوله ها نیز از ضریب رفتار ۲ استفاده خواهد شد. همچنین به منظور طراحی فونداسیون از ضریب رفتار ۱/۵ برای فونداسیون پایه ها و ضریب رفتار ۱ برای طراحی فونداسیون کوله ها استفاده می‌شود.

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET — برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه: پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

زیرسازه [۱]	R	اتصالات [٤]	R
– پایه های دیواری [۲]	۲	– اتصال روسازه به کوله	۰/۸
– قاب چند ستونی	۵	– درز انبساط واقع در دهانه روسازه	۰/۸
– تک ستونها	۳	– اتصال ستونها، پایه‌ها یا قاب شمعها به تیر سرستون، تیر سرشمع (Cap Beam) یا روسازه	۱/۰
– شمع ستون بتن آرمه (قاب‌هایی که ستونهای آنها را شمع تشکیل می‌دهد)			۱/۰
a) فقط شمعهای قائم	۳		
b) دارای حداقل یک شمع مایل	۲	– اتصال ستونها یا پایه ها به شالوده	
– قاب شمعهای فولادی یا مرکب (فولاد و بتن آرمه)			
c) فقط شمعهای قائم	۵		
d) دارای حداقل یک شمع مایل	۳		
– شالوده‌ها، سرشمعها و شمعها [۳]	نصف مقدارR که در محاسبه پایه ها به کار برده شده است		

۱: ضریب R بدست آمده باید در هر دو جهت عمود بر هم به زیرسازه اعمال گردد.

۲: پایه دیواری را می‌توان در جهت ضعیف بصورت ستون، طراحی نمود مشروط بر اینکه کلیه ضوابط مربوط به طراحی ستونها مانند دورپیچ، زاویه خم و ... رعایت شده باشند. در چنین شرایطی می‌توان از ضریب R برای تک ستون در جهت ضعیف استفاده کرد.

۳: قسمتهایی از شمع‌ها و سرشمعها که بالای تراز آب یا خاک می‌باشند، پایه تلقی شده و سایر قسمتهای زیر آن شالوده، سرشمع و شمع تلقی می‌گردند.

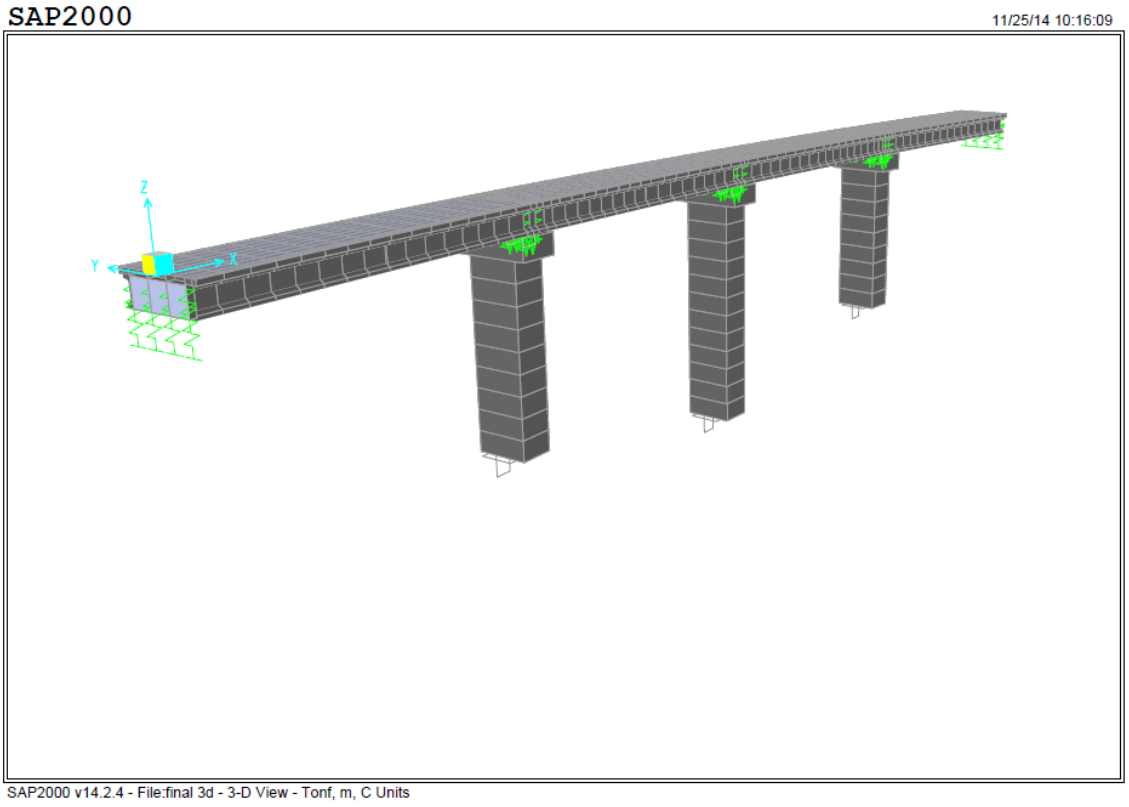
٤: اتصالات به سیستمهای مکانیکی اطلاق می‌شود که نیروهای برشی و محوری را از یک عضو به عضو دیگر سازه منتقل می‌کند. این وسیله عموماً شامل اتصالات خمشی نمی‌شود و بنابراین فقط سیستم تکیه گاهی و برش‌گیرها را شامل می‌شود.

۲ـ مدلسازی و آنالیز پل:

به منظور آنالیز این پل از نرم افزار SAP2000 V14.2.4 استفاده شده است. همانطور که پیش از این ذکر گردید، این پل دارای ۴ دهانه به طول ۲۴ متر بوده و پایه‌های میانی و کوله‌ها بروی نئوپرن قرار خواهند گرفت.

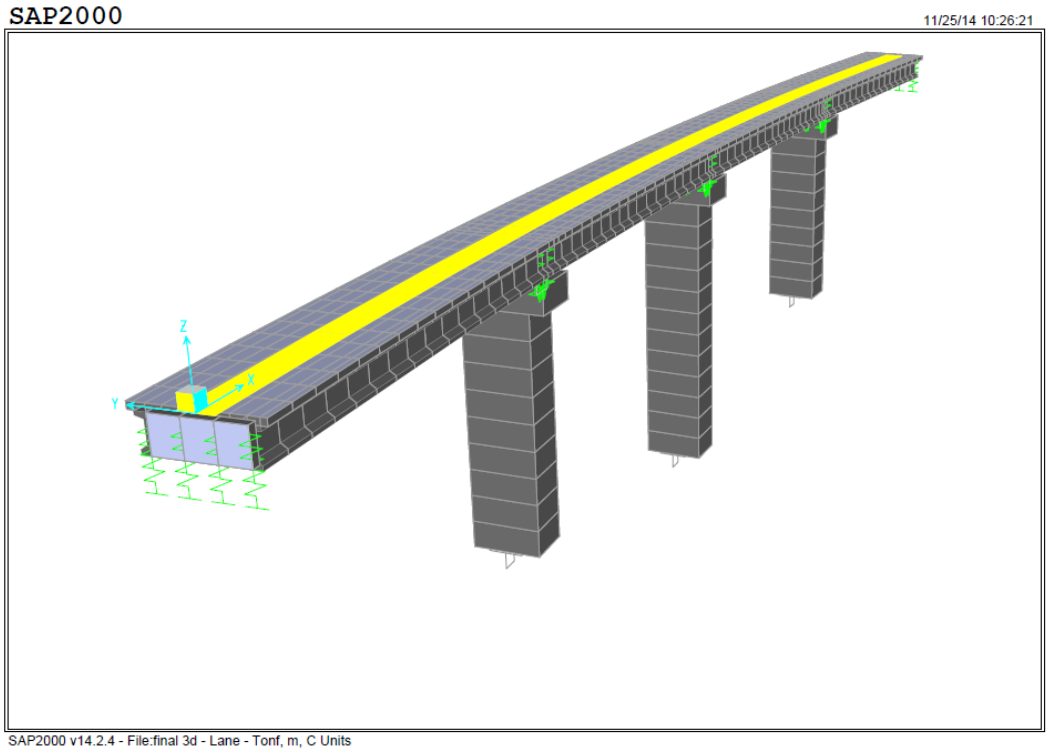
۲ـ۱ـ مدلسازی و طراحی سه بعدی پل:

در این بخش به نتایج مدلسازی و طراحی پل پرداخته می‌شود. بدین منظور ابتدا پل در حالت سه بعدی و با استفاده از نرم‌افزار SAP2000 مدلسازی و تحلیل شده و سپس مقاطع عرشه طراحی می‌شود. نمای سه بعدی پل مدلسازی شده در تصویر شماره ۲-۱ نشان داده شده است.



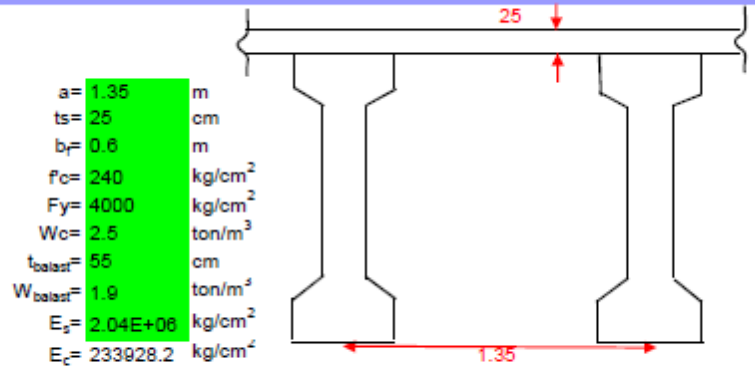
تصویر شماره ۲-۱- مدل سه بعدی پل

نحوه‌ی بارگذاری زنده‌ی پل نیز بر اساس آئین‌نامه بارگذاری پلهای راه و راه‌آهن (نشریه شماره ۱۳۹) می باشد که در مدل به خط عبور زیر اعمال شده است.



۲-۱-۱- طراحی دال فوقانی:

Design of Slab



a=	1.35	m
ts=	25	cm
b_f=	0.6	m
f'c=	240	kg/cm^2
Fy=	4000	kg/cm^2
Wc=	2.5	ton/m^3
t_{balast}=	55	cm
W_{balast}=	1.9	ton/m^3
E_s=	2.04E+06	kg/cm^2
E_c=	233928.2	kg/cm^2

طول موثر دهانه دال به صورت زیر بدست می آید:

$$S = a - \frac{b_f}{2} = 1.05 \quad m$$

بارهای مرده وارد بریک متر دال به صورت زیر محاسبه می گردد:

ناشی از وزن دال $W_{D1} = t_s * 1 * w_c = 0.625 \quad ton/m^2/m$

ناشی از وزن بالاست $W_{D2} = t_{balast} * 1 * w_{balast} = 1.045 \quad ton/m^2/m$

$$\sum W_D = W_{D1} + W_{D2} = 1.67 \quad ton/m^2/m$$

$$M_{DL} = \frac{q * S^2}{10} = 0.184 \quad ton.m$$

لنگر ناشی از بارزنده طبق تحلیل عبارتست از:

M_{LL}= 1.1025 ton.m L'= 1.35 m

$$M_{LL+I} = M_{LL} * \delta = 2.205 \quad ton.m$$

$$\delta_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L'} - 0.2} + 0.82$$

$$\delta_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L'} - 0.2} + 0.73$$

سایر وضعیت ها

$\therefore \Rightarrow \delta = 2$

$$\Rightarrow M_{Total} = M_{DL} + M_{LL} = 2.389 \quad ton.m$$

طراحی دال به روش تنش مجاز انجام می گردد:

تنش مجاز بتن $f_c = 0.4 f'_c = 96 \quad kg/cm^2$

تنش مجاز آرماتور $f_s = 0.5 F_y = 2000 \quad kg/cm^2$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8.72 \qquad r = \frac{f_s}{fc} = 20.83$$

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی
PROJECT TITEL:	نام پرژه: پل کیلومتر ۷۴+۵۶۰ راه آهن درود-خرم آباد
COMPUTED BY: محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR	محاسبات

$$K = \frac{n}{n+r} = 0.295 \qquad J = 1 - \frac{K}{3} = 0.902$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{2M}{f_c K J b}} = 13.68 \text{ cm}$$

با فرض استفاده از آرماتور ۱۶ و ۵ سانتی متر پوشش حداقل ضخامت دال برابر است با:

$h_{\min} = d_{\min} + 5 + 0.8 =$ 19.48 cm — OK

d= 19.2 cm

$A_s = \frac{M}{f_s J d} =$ 6.90 cm^2 — USE φ16@20 cm

آرماتور توزیع :

درصد آرماتور توزیع $= \frac{121}{\sqrt{S}} \le 0.67$

درصد آرماتور توزیع 0.67 ⟹ As= 4.62 cm^2

USE φ12@20 cm

آرماتور حرارتی :

$A_S = 0.001bh =$ 2.5 cm^2

USE φ12@20 cm

۲-۱-۲- تحلیل و طراحی شاهتیرهای اصلی:

همانطور که ذکر گردید، پل دارای ۴ دهانه ۲۴ متری با شرایط مرزی تکیه گاه ساده و رفتار ایزو استاتیک می باشد. درنتیجه تحلیل هر دهانه میتواند به صورت مجزا صورت گیرد. با این وجود پل به طور کامل در نرم افزار SAP2000 مدل و تحلیل شده با نتایج تحلیل دستی کنترل شده است.

بارهای وارد بر عرشه مطابق نشریه ۱۳۹ و به صورت زیر به مدل اعمال شده است:

- بار مرده گروه یک شامل وزن تیر و دال و دیافراگم که با توجه به اختصاص دادن وزن مخصوص بتن مسلح به طور خودکار در نرم افزار محاسبه می شود.
- بار مرده مرحله دوم شامل بار بالاست(ضخامت ۵۰ سانتی متر و وزن مخصوص ۱.۹ تن بر متر مکعب) و ریل و تراورس (معادل ۰.۷ تن بر متر طول به ازای هر خط عبور)
- بار زنده بر اساس بارگذاری استاندارد راه آهن (بارگذاری نوع ۱) با در نظر گرفتن اثر ضربه، همان گونه که ذکر گردید.

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**

CALCULATION محاسبات

فرضیات :

مقاومت مشخصه بتن تیر پیش تنیده	$f'c$ = 320	kg/cm^2
مقاومت مشخصه بتن تیر پیش تنیده در هنگام انتقال	$f'ci$ = 320	kg/cm^2
مقاومت مشخصه بتن دال	$f'c$ = 240	kg/cm^2
مقاومت مشخصه فولاد	fy = 4000	kg/cm^2
مقاومت مجار فولاد	fs = 2200	kg/cm^2
وزن مخصوص بتن	γ_{con} = 2.5	ton/m^3
وزن مخصوص بالاست	$\gamma_{asphalt}$ = 1.9	ton/m^3
مدول الاستیسیته فولاد	E_s = 2.1E+06	kg/cm^2
مدول الاستیسیته فولاد پیشتنیدگی	E^*_s = 1.85E+06	kg/cm^2
ماکزیمم کرنش	ε^*_s = 0.003	
مدول الاستیسیته بتن تیر پیش ساخته	$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$ = 2.68E+05	kg/cm^2
مدول الاستیسیته بتن دال	$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$ = 2.32E+05	kg/cm^2
ضخامت دال	t_{slab} = 25	cm
ضخامت پری دال	t' = 5	cm

مشخصات فولاد پیش تنیدگی:

Grad 270

مقاومت مشخصه فولاد پیش تنیدگی	fpu = 18600	kg/cm^2
تعداد رشته کابل	Rc =	
قطر اسمی	قطر اسمی = 0.6	inch
قطر اسمی	Ds = 1.5	cm
سطح اسمی	As = 1.400	cm^2
تعداد دسته کابلها	n = 3	
تعداد کابل دسته ها	m1 = 9 , m2 = 9 , m3 = 12	
تعداد کل کابل ها	$n \times m$ = 30	
تعداد تیرها	$count_{GIRDER}$ = 4	
فاصله محور تا محور تیر ها	L = 1.35	m
تعداد دیافراگم در دهانه	$count_{diaph.}$ = 3	
ضخامت دیافراگم	$t_{diaphragm}$ = 40	cm
ارتفاع دیافراگم	$h_{diaphragm}$ = 145	cm
طول نشیمن گاه	t_{abt} = 1.2	m
طول کل پل	L_A = 96.00	m
طول دهانه مفید	L_0 = 22.00	m
طول دهانه محاسباتی	L_e = 24.00	m
طول تیر	L_{GIRDER} = 23.80	m

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	SUBJECT : موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**

CALCULATION محاسبات

تیرهای پیش تنیده از نوع پیش تنیده پس کشیده می باشند و پیش تنیدگی پس از ۲۸ روز انجام می پذیرد.

برای محاسبه اتلاف پیش تنیدگی طبق آیین نامه آشتو از روش سرجمع استفاده می شود که مطابق با آن مقاومت بتن می بایست به صورت زیر باشد:

$f'c = 350 \pm 35 \ kg/cm^2$

اتلاف های پیش تنیدگی:

اتلاف اولیه: $1210 \ kg/cm^2$

اتلاف کلی (اتلاف نهایی)- مطابق آیین نامه آشتو: $fpu - 3150 \ kg/cm^2$

نیروی کشش کابلها:

فولادهای پیش تنیدگی غالبا ۰.۷۵ تنش نهایی کشیده می شوند.

تنش وارده در هنگام کشش $P = 13950 \ kg/cm^2$

نیروی کشش هر کابل $To = 19530 \ kg \approx 19.50 \ ton$

نیروی کشش هر کابل پس از اتلاف اولیه $Ti = 17836 \ kg \approx 17.80 \ ton$

نیروی کشش هر کابل پس از اتلاف نهایی $Te = 15120 \ kg \approx 15.10 \ ton$

تعداد کابل مورد نظر برای طراحی $n' = 30$

نیروی جک زنی $Po = 585.00 \ ton$

نیروی جک زنی پس از اتلاف اولیه $Pi = 534.00 \ ton$

نیروی جک زنی پس از اتلاف نهایی $Pe = 453.00 \ ton$

عرض موثر، طبق توصیه آشتو کوچکترین سه مقدار زیر است :

$$b_e = \min \{ \frac{1}{4} L_e \ , \ L \ , \ 12t_{slab} \}$$

$$\min \begin{cases} \text{یک چهارم طول دهانه شاهتیر} = 6 \ m \\ \text{فاصله مرکز به مرکز شاهتیر های مجاور} = 1.35 \ m \\ 12 \text{ برابر ضخامت حداقل کف بتنی} = 3 \ m \end{cases} \longrightarrow b_e = 1.35 \ m$$

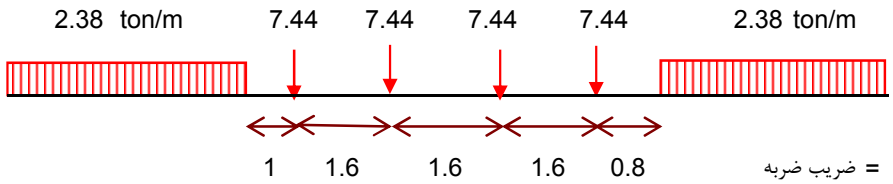
$$n_1 = \frac{E_{c\ slab}}{E_{c\ prestress\ girder}} = \frac{2.32E+05}{2.68E+05} = 0.87 \qquad b_{et} = 1.169 \ m$$

بارهای زنده :

خطوط عبور مربوط به بار استاندارد راه آهن :

$$\text{ضریب ضربه دینامیکی} = \frac{2.16}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.73 = \frac{2.16}{\sqrt{24 - 0.2}} + 0.73 \longrightarrow \delta = 1.19$$

بار استاندارد راه آهن با در نظر گرفتن اثر ضربه وارد بر هر تیر:



ضریب ضربه = 1.19

مهندسین مشاور هراز راه

برگ محاسبات مهندسی **ENGINEERING COMPUTATION SHEET**

نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**	*PROJECT TITLE:*
موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**	*SUBJECT :*
محاسب :	*COMPUTED BY :*

محاسبات CALCULATION

لنگر دهانه ساده (ton.m)

مقطع	بار مرده تیر	دال	دیافراگم	بالاست،تراورس،ریل و نرده
0 l	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1 l	44.16	25.81	5.22	34.35
0.25 l	92.00	53.77	10.88	71.57
0.4 l	117.76	68.82	13.92	91.61
0.5 l	122.67	71.69	14.50	95.43

لنگر در دهانه ساده (ton.m)

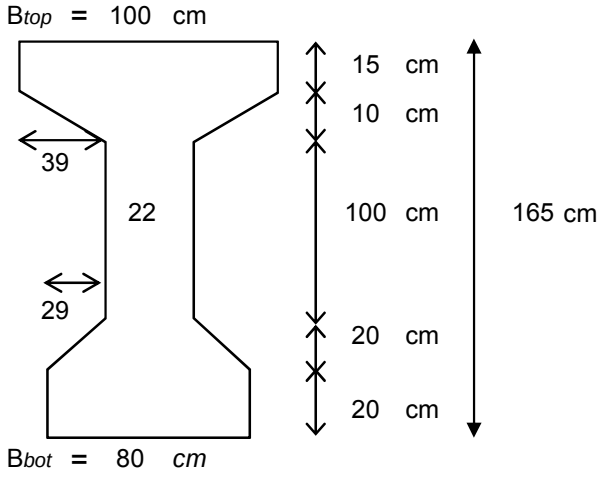
	تیر+ دال+روسازی	بار استاندارد راه آهن
مقطع	M^{+}_{max}	M^{+}_{max}
0 l	0.00	0
0.1 l	109.54	89.5
0.25 l	228.22	185.1
0.4 l	292.12	237.5
0.5 l	304.29	248

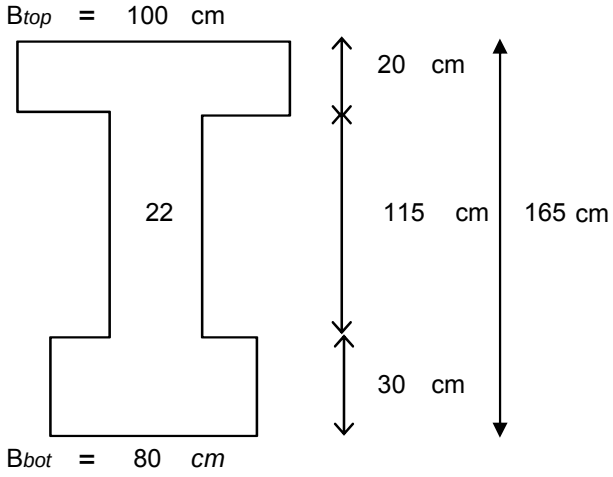
طراحی :

تیر های پیش ساخته بدون پایه های موقت اجرا می شوند، یعنی پس از قرارگیری تیرهای پیش ساخته در جای خود، دیافراگم و دال اجرا می شوند.

حالت ا :

حالتی که تیر فقط وزن خود و دیافراگم و دال را تحمل می کند. در این حالت بتن دال هنوز خود را نگرفته است.



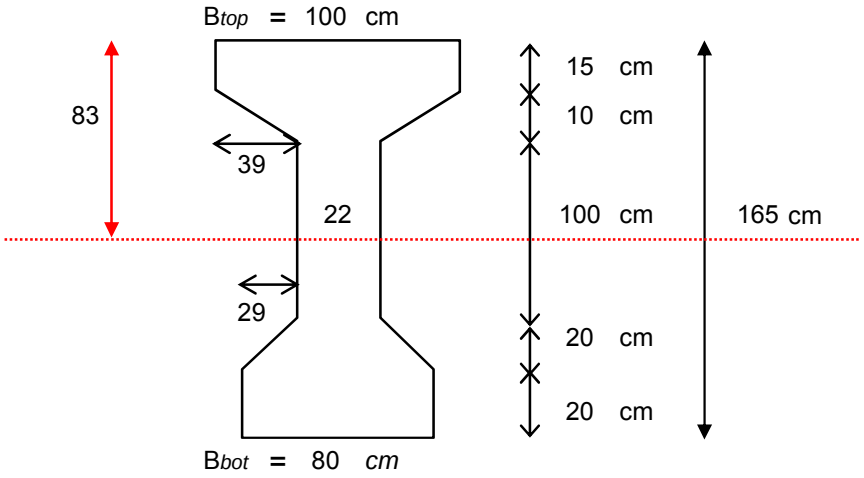


مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**
CALCULATION محاسبات	

مشخصات مقطع تیر :



segment	A (cm^2)	y	A.y	$A.y^2$	Io
1	1500	7.5	11250	84375.0	28125.00
2	390	18.3333	7150	131083.3	2166.67
3	220	20	4400	88000.0	1833.33
4	2200	75	165000	12375000.0	1833333.33
5	580	138.333	80233.33	11098944.4	12888.89
6	440	135	59400	8019000.0	14666.67
7	1600	155	248000	38440000.0	53333.33
	6930		575433.3	72182750.0	

$$y_{t1} = \frac{\Sigma A.y}{\Sigma A} = 83.04 \text{ cm} \qquad y_{b1} = 82 \text{ cm} \qquad A_1 = 6930 \text{ cm}^2$$

$$I_{X1} = \Sigma Io + \Sigma A.y^2 - \frac{(\Sigma A.y)^2}{\Sigma A} = 2.44E+07 \text{ cm}^4$$

$$S_{b1} = 2.98E+05 \text{ cm}^3 \qquad S_{t1} = 2.94E+05 \text{ cm}^3$$

مهندسین مشاور هراز راه

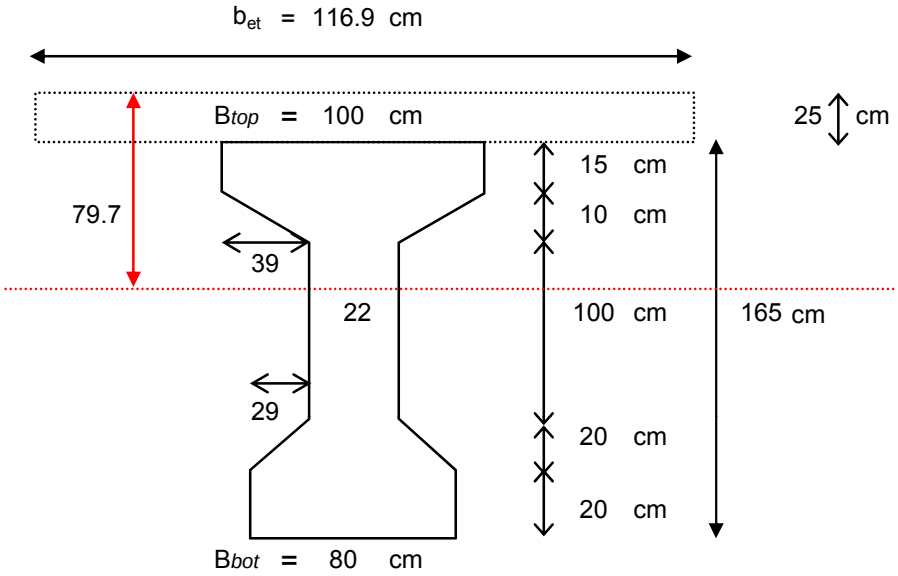
ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	SUBJECT : موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**
CALCULATION محاسبات	

حالت ۲ :

مقطع تیر به صورت مرکب با دال عمل کرده و باید ظرفیت تحمل کلیه بارها را داشته باشد. لذا در این حالت مقطع مرکب برای مقابله با همه بارها طراحی می شود.

مشخصات مقطع مرکب :



segment	A (cm^2)	y	A.y	$A.y^2$	Io
1	1500	32.5	48750	1584375	28125.0
2	390	43.3333	16900	732333.333	2166.7
3	220	45	9900	445500	1833.3
4	2200	100	220000	22000000	1833333.3
5	580	163.333	94733.3	15473111.1	12888.9
6	440	160	70400	11264000	14666.7
7	1600	180	288000	51840000	53333.3
8	2922.8	12.5	36535.4	456693.084	152231.0
	9852.8		785219	105894590.8	

$$y_{t2} = \frac{\Sigma A.y}{\Sigma A} = 79.69 \text{ cm} \qquad y_{b2} = 110.3 \text{ cm} \qquad A_2 = 9852.84 \text{ cm}^2$$

$$I_{x2} = \Sigma Io + \Sigma A.y^2 - \frac{(\Sigma A.y)^2}{\Sigma A} = 4.33E+07 \text{ cm}^4$$

$$S_{b2} = 3.93E+05 \text{ cm}^3 \qquad S_{t2} = 5.44E+05 \text{ cm}^3$$

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**

CALCULATION محاسبات

اثرات ناشی از بارهای مرده در تابلیه پل

الف - وزن تیر پیش ساخته

q_{BEAM} = 0.693 * 2.5 = 1.73 ton/m

$$Vx = \frac{ql}{2}\left(1 - 2\frac{x}{l}\right) \qquad Mx = \frac{ql}{2}x\left(1 - \frac{x}{l}\right)$$

	V(ton)	MD(t.m)
0 *l*	20.62	0.00
0.1 *l*	16.49	44.16
0.25 *l*	10.31	92.00
0.4 *l*	4.12	117.76
0.5 *l*	0.00	122.67

ب - دال بتنی+پری دال

q_{slab} = 0.3 * 1.35 * 2.5 = 1.01 ton/m

	V(ton)	MDL(t.m)
0 *l*	12.05	0.00
0.1 *l*	9.64	25.81
0.25 *l*	6.02	53.77
0.4 *l*	2.41	68.82
0.5 *l*	0.00	71.69

پ - دیافراگم

$q_{diaphragm}$ = 3 * 1.13 * 1.45 * 0.4 * 2.5 = 4.92 ton ÷ 24 = 0.2 ton/m

	V(ton)	MDIAF(t.m)
0 *l*	2.44	0.00
0.1 *l*	1.95	5.22
0.25 *l*	1.22	10.88
0.4 *l*	0.49	13.92
0.5 *l*	0.00	14.50

ج - اثرات ناشی از بارهای روسازی و نرده

این اثرات شامل بارهای بالاست و ریل و تراورس و قرنیز و نرده می باشد که در مدل سه بعدی تابلیه اعمال شده است.

q_{BALAST} = 0.35 * 1.9 = 0.665 ton/m^2 * 1.35 = 0.898 ton/m

نرده و قرنیز پل = 0.275 ton/m

ریل و تراورس = 0.175 ton/m

	V(ton)	MSD(t.m)
0 *l*	16.04	0.00
0.1 *l*	12.83	34.35
0.25 *l*	8.02	71.57
0.4 *l*	3.21	91.61
0.5 *l*	0.00	95.43

تخمین تعداد کابلهای پیش تنیدگی:

روش اول: بر مبنای تنش کششی مجاز بتن:

تنش کششی مجاز بتن $1.6\times\sqrt{f'c}$ = 28.6 kg/cm^2

خروج از مرکزیت کابلها در وسط دهانه با فرض ۳ دسته کابل e = 66.96 cm

تنش کششی مجاز:

$$f\,(allwoable) = \sum fb(DL+SDL+DIAF+(LL+I)) - \frac{Pe}{A1} - \frac{Me}{Sb2}$$

$$\sum fb(DL+SDL+DIAF+(LL+I)) = 157.61 \text{ ton.m}$$

$$f\,(allwoable) = 157.61 - \frac{Pe}{6930} - \frac{Pe \times 66.96}{2.98E+05} = 0 \quad \rightarrow \quad Pe = 426.85 \text{ ton}$$

تعداد کابلها $= \frac{426.85}{15.10} = 28.27$

روش دوم: بر مبنای تنش فشاری مجاز بتن:

تنش فشاری مجاز بتن $0.4\times f'c$ = -128 kg/cm^2

خروج از مرکزیت کابلها در وسط دهانه با فرض ۴ دسته کابل e = 66.96 cm

تنش فشاری مجاز:

$$f\,(allwoable) = \sum fb(DL+SDL+DIAF+(LL+I)) - \frac{Pe}{A1} - \frac{Me}{St1}$$

$$\sum fb(DL+SDL+DIAF+(LL+I)) = 142.93 \text{ ton.m}$$

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**

CALCULATION محاسبات

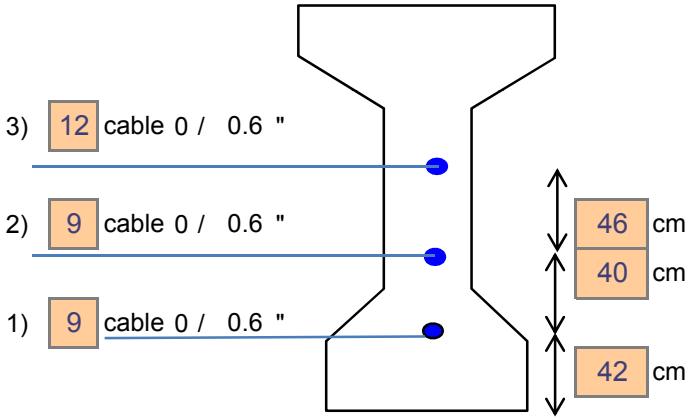
$$f\,(allwoable) = -142.93 - \frac{Pe}{6930} - \frac{Pe \times 66.96}{2.94E+05} = -128 \rightarrow Pe = -40.10 \text{ ton}$$

تعداد کابلها $= \frac{40.10}{15.10} = 2.66$

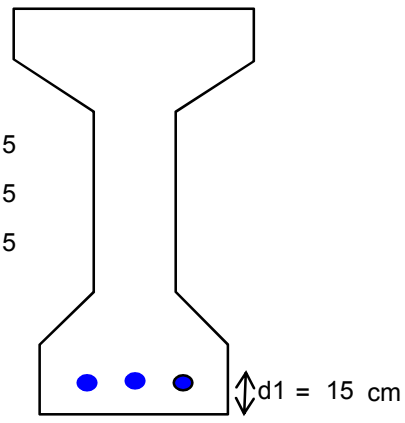
با توجه به محاسبات صورت گرفته تعداد کابل پیش تنیدگی پیش بینی شده برابر است با: n = 29

معادله مسیر کابلها و میزان خروج از مرکزیت کابلهای پیش تنیده

معادله منحنی مسیر کابلها به صورت سهمی در نظر گرفته می شود که این معادله به صورت مقابل است. y = ax^2+b



حالت ۱- مختصات کابلها در وسط دهانه X = 0



تعیین معادله کابلها

دسته کابل ۱	(	± 0	,	0.15	)	, (	± 12	,	0.42	)	→	y = 0.0019 x^2 + 0.15
دسته کابل ۲	(	± 0	,	0.15	)	, (	± 12	,	0.82	)	→	y = 0.0047 x^2 + 0.15
دسته کابل ۳	(	± 0	,	0.15	)	, (	± 12	,	1.28	)	→	y = 0.0080 x^2 + 0.15

e1 = 0.67 m

e2 = 0.67 m

e3 = 0.67 m

دسته کابل ۱ → y = 0.002 x^2 + 0.15 → y = 0.15

دسته کابل ۲ → y = 0.005 x^2 + 0.15 → y = 0.15

دسته کابل ۳ → y = 0.008 x^2 + 0.15 → y = 0.15

حالت ۲- مختصات کابلها در ۰.۴ دهانه X = 2.38

دسته کابل ۱ → y = 0.002 x^2 + 0.15 → y = 0.16

دسته کابل ۲ → y = 0.005 x^2 + 0.15 → y = 0.18

دسته کابل ۳ → y = 0.008 x^2 + 0.15 → y = 0.20

e1 = 0.66 m

e2 = 0.64 m e_{max} = 0.66 m

e3 = 0.62 m

حالت ۳- مختصات کابلها در۰.۲۵ دهانه X = 6

دسته کابل ۱ → y = 0.002 x^2 + 0.15 → y = 0.22

دسته کابل ۲ → y = 0.005 x^2 + 0.15 → y = 0.32

دسته کابل ۳ → y = 0.008 x^2 + 0.15 → y = 0.43

e1 = 0.60 m

e2 = 0.50 m e_{max} = 0.60 m

e3 = 0.39 m

حالت ۴- مختصات کابلها در یک هشتم دهانه X = 8.9

دسته کابل ۱ → y = 0.002 x^2 + 0.15 → y = 0.30

دسته کابل ۲ → y = 0.005 x^2 + 0.15 → y = 0.53

دسته کابل ۳ → y = 0.008 x^2 + 0.15 → y = 0.79

e1 = 0.52 m

e2 = 0.29 m e_{max} = 0.52 m

e3 = 0.03 m

مهندسین مشاور هراز راه

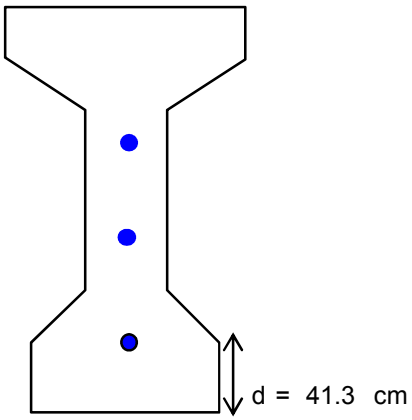
ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**

CALCULATION محاسبات

حالت ۵- مختصات کابلها در تکیه گاه

X = 12



دسته کابل ۱ → y = 0.002 x^2 + 0.15 → y = 0.41

دسته کابل ۲ → y = 0.005 x^2 + 0.15 → y = 0.80

دسته کابل ۳ → y = 0.008 x^2 + 0.15 → y = 1.25

e1 = 0.41 m

e2 = 0.02 m

e3 = -0.43 m

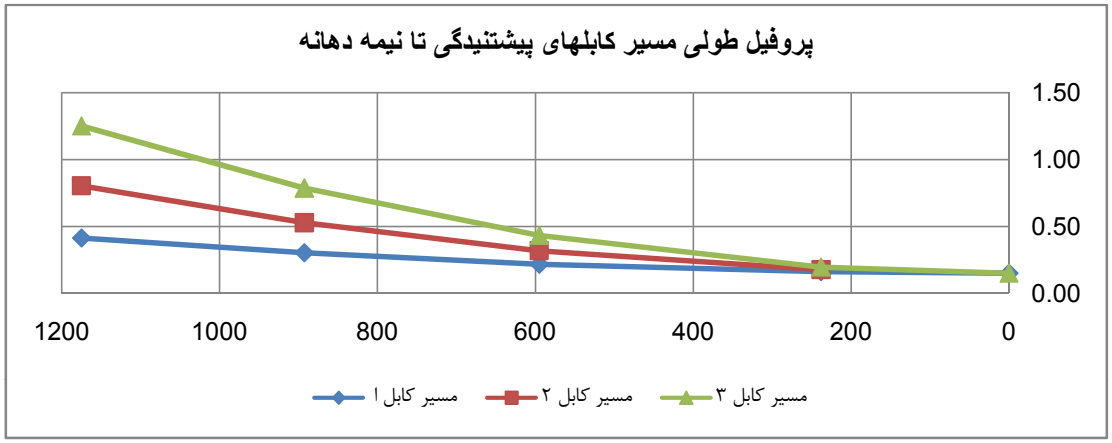
e_{max} = -0.43 m

	e1(cm)	e2(cm)	e3(cm)
0 *l*	40.64	1.64	-43.20
0.25 *l*	60.21	50.21	38.71
0.5 *l*	66.96	66.96	66.96

مختصات محل کابلهای پیش تنیدگی (Z,X):

	L= 0		L= 2.38		L= 5.95		L= 8.9		L= 11.8	
شماره کابل	X (cm)	Z(cm)	X (cm)	Z(cm)	X (cm)	Z(cm)	X (cm)	Z(cm)	X (cm)	Z(cm)
دسته کابل ۱	0	0.15	238	0.16	595	0.22	892.5	0.30	1175	0.41
دسته کابل ۲	0	0.15	238	0.18	595	0.32	892.5	0.53	1175	0.80
دسته کابل ۳	0	0.15	238	0.20	595	0.43	892.5	0.79	1175	1.25

* مختصات (۰،۰) مربوط به پایین تیر در وسط دهانه می باشد.



مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	SUBJECT : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی** موضوع :

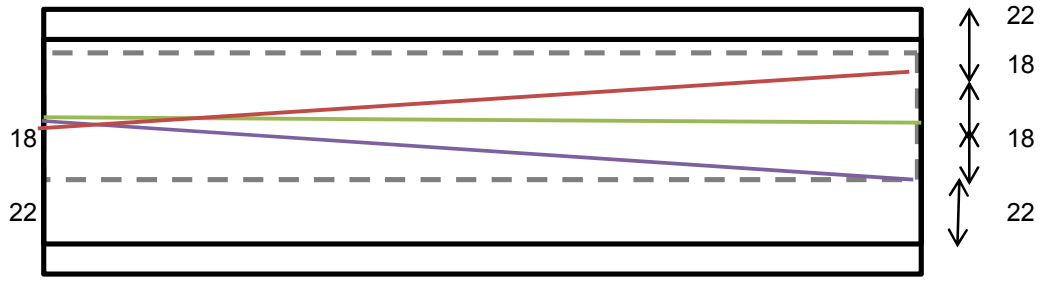
CALCULATION محاسبات

مختصات محل کابلهای پیش تنیدگی (X,Y):

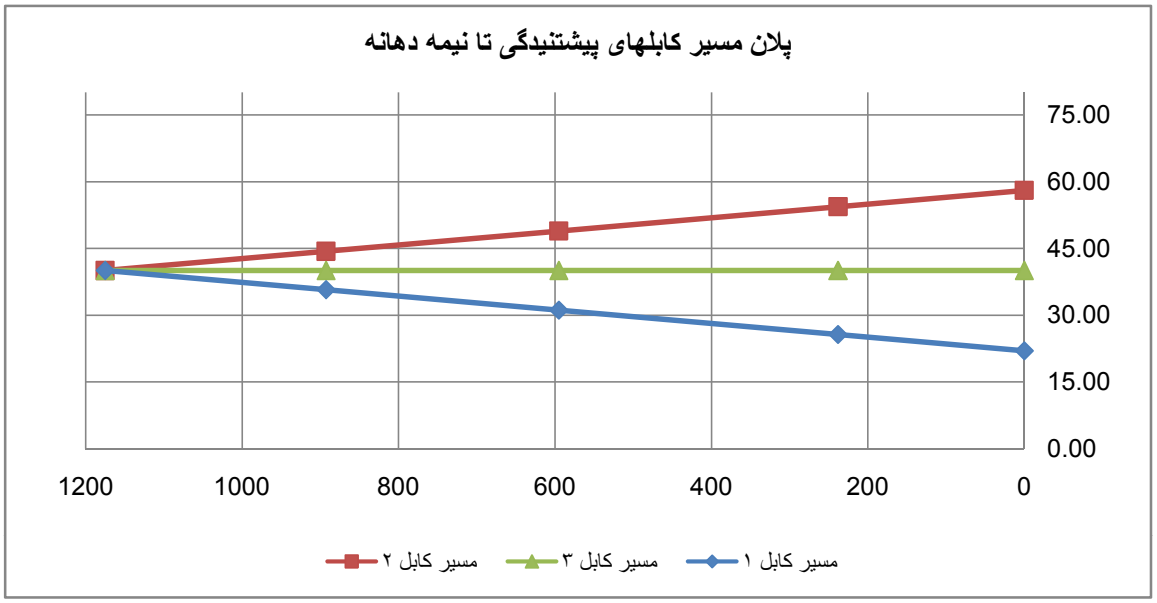
معادله خط کابلها در پلان:

دسته کابل ۱	(± 11.8	,	40.00)	, (± 0	,	22.00)	→	y =	1.5319	x + 22.00
دسته کابل ۲	(± 11.8	,	40.00)	, (± 0	,	58.00)	→	y =	-1.5319	x + 58.00
دسته کابل ۳	(± 11.8	,	40.00)	, (± 0	,	40.00)	→	y =	0.0000	x + 40.00

	L= 0		L= 2.38		L= 5.95		L= 8.9		L= 11.8	
شماره کابل	X (cm)	Y(cm)	X (cm)	Y(cm)	X (cm)	Y(cm)	X (cm)	Y(cm)	X (cm)	Y(cm)
دسته کابل ۱	0	22.00	238	25.6	595	31.1	892.5	35.7	1175	40.0
دسته کابل ۲	0	58.00	238	54.4	595	48.9	892.5	44.3	1175	40.0
دسته کابل ۳	0	40.00	238	40.0	595	40.0	892.5	40.0	1175	40.0



پلان کابل گذاری تیر بتنی تا نیمه دهانه



مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**
CALCULATION محاسبات	

ترکیب تنشهای ناشی از نیروی پیش تنیدگی با با تنشهای ناشی از بارهای خارجی:

مرحله اول : بتن ریزی تیر و پیش تنیدگی پس از ۲۸ روز

	F bot	F top1	F top2
1	$Fb_1 = +\frac{M_D}{S_{b1}} - \frac{P_i}{A_1} - \frac{M_{pi}}{S_{b1}}$	$Ft_1 = -\frac{M_D}{S_{t1}} - \frac{P_i}{A_1} + \frac{M_{pi}}{S_{t1}}$	0

مرحله دوم : بتن ریزی دال

	F bot	F top1	F top2
2	$Fb_2 = Fb1 + \frac{M_{DL+DIA}}{S_{b1}}$	$Ft_2 = Ft1 - \frac{M_{DL+DIA}}{S_{t1}}$	0

مرحله سوم: افت بلند مدت قبل از گرفتن دال

	F bot	F top1	F top2
3	$Fb_3 = +\frac{M_D}{S_{b1}} - \frac{P_e}{A_1} - \frac{M_{pe}}{S_{b1}} + \frac{M_{DL+DIA}}{S_{b1}}$	$Ft_3 = -\frac{M_D}{S_{t1}} - \frac{P_e}{A_1} + \frac{M_{pe}}{S_{t1}} - \frac{M_{DL+DIA}}{S_{t1}}$	0

مرحله چهارم: اعمال اثر مقطع مرکب

	F bot	F top1	F top2
4	$Fb_4 = Fb3 + \frac{M_{SDL}}{S_{b2}}$	$Ft_{4,1} = Ft3 - \frac{M_{SDL}\times(Y_{t2}-t_{slab})}{I_{x2}}$	$Ft_{4,2} = -n \times \frac{M_{SDL}}{S_{t2}}$

مرحله پنجم: اعمال بارهای زنده

	F bot	F top1	F top2
5	$Fb_5 = Fb4 + \frac{M_{LL+I}}{S_{b2}}$	$Ft_{5,1} = Ft_{4,1} - \frac{M_{LL+I}\times(Y_{t2}-t_{slab})}{I_{x2}}$	$Ft_{5,2} = Ft_{4,2} - n \times \frac{M_{LL}}{S_{t2}}$

کنترل تنشها با تنشهای مجاز برای اعضای پیش تنیده پس کشیده AASHTO 9-15-2-1 و AASHTO 9-15-2-2

تنشهای آنی و قبل از اتلافات دراز مدت	فشار	176	0.55 f'ci
	کشش	29	1.6√f'ci
تنشهای تحت بار سرویس و پس از افتهای بلند مدت	فشار	128	0.40 f'c

مهندسین مشاور هراز راه

برگ محاسبات مهندسی **ENGINEERING COMPUTATION SHEET**

نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**	*PROJECT TITLE:*
موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**	*SUBJECT :*
محاسب :	*COMPUTED BY :*

محاسبات CALCULATION

حالت ۱- تنشهای ناشی از بتن ریزی تیر و پیش تنیدگی پس از ۲۸ روز

کشیدن کابلهای مسیر شماره ۱

مقطع	$\frac{M_D}{S_{b1}}$	e1	$\frac{P_i}{A_1}$	$\frac{M_{pi}}{S_{b1}}$	$\frac{M_D}{S_{t1}}$	$\frac{M_{pi}}{S_{t1}}$	کنترل اثر لنگر بار مرده	Fb1	Ft1	کنترل Fb1	کنترل Ft1
	kg/cm^2	cm	kg/cm^2	kg/cm2	kg/cm^2	kg/cm^2	-------	kg/cm^2	kg/cm^2		
تکیه گاه	0	40.64	23.12	21.87	0	22.16	لنگر بار مرده موثر نیست	-44.99	-0.96	O.K.	O.K.
0.25 L	30.90	60.21	23.12	32.40	31.307	32.83		-55.52	9.71	O.K.	O.K.
0.5 L	41.20	66.96	23.12	36.03	41.743	36.51		-59.15	13.39	O.K.	O.K.

کشیدن کابلهای مسیر شماره ۲

مقطع	$\frac{M_D}{S_{b1}}$	e2	$\frac{P_i}{A_1}$	$\frac{M_{pi}}{S_{b1}}$	$\frac{M_D}{S_{t1}}$	$\frac{M_{pi}}{S_{t1}}$	کنترل اثر لنگر بار مرده	Fb1	Ft1	کنترل Fb1	کنترل Ft1
	kg/cm^2	cm	kg/cm^2	kg/cm2	kg/cm^2	kg/cm^2	-------	kg/cm^2	kg/cm^2		
تکیه گاه	0	1.64	46.23	22.75	0	23.05	لنگر بار مرده موثر است	-68.99	-23.18	O.K.	O.K.
0.25 L	30.90	50.21	46.23	59.42	31.307	27.37		-74.75	-50.17	O.K.	O.K.
0.5 L	41.20	66.96	46.23	72.07	41.743	36.51		-77.10	-51.47	O.K.	O.K.

کشیدن کابلهای مسیر شماره ۳

مقطع	$\frac{M_D}{S_{b1}}$	e3	$\frac{P_i}{A_1}$	$\frac{M_{pi}}{S_{b1}}$	$\frac{M_D}{S_{t1}}$	$\frac{M_{pi}}{S_{t1}}$	کنترل اثر لنگر بار مرده	Fb1	Ft1	کنترل Fb1	کنترل Ft1
	kg/cm^2	cm	kg/cm^2	kg/cm2	kg/cm^2	kg/cm^2	-------	kg/cm^2	kg/cm^2		
تکیه گاه	0.00	-43.20	77.06	-8.24	0	-8.35	لنگر بار مرده موثر است	-68.81	-85.41	O.K.	O.K.
0.25 L	30.90	38.71	77.06	87.20	31.307	55.51		-133.35	-52.85	O.K.	O.K.
0.5 L	41.20	66.96	77.06	120.12	41.743	85.18		-155.97	-33.62	O.K.	O.K.

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**
CALCULATION محاسبات	

حالت ۲- بتن ریزی دال و اثرات آن

مقطع	$\frac{M_{DL+DIAF}}{S_{b1}}$	$\frac{M_{DL+DIAF}}{S_{t1}}$	Fb1	Ft1	Fb2	Ft2	کنترل Fb2	کنترل Ft2
	kg/cm^2	kg/cm^3	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2		
تکیه گاه	0.00	0.00	-68.81	-85.41	-68.81	-85.41	O.K.	O.K.
0.25 L	21.71	22.00	-133.35	-52.85	-111.64	-74.85	O.K.	O.K.
0.5 L	28.95	29.33	-155.97	-33.62	-127.02	-62.95	O.K.	O.K.

حالت ۳- افت بلند مدت قبل از گرفتن دال

مقطع	$\frac{M_D}{S_{b1}}$	e1	$\frac{P_e}{A_1}$	$\frac{M_{pe}}{S_{b1}}$	$\frac{M_D}{S_{t1}}$	$\frac{M_{pe}}{S_{t1}}$	$\frac{M_{DL+DIA}}{S_{b1}}$	$\frac{M_{DL+DIA}}{S_{t1}}$		
	kg/cm^2	cm	kg/cm^2	kg/cm2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2		
تکیه گاه	0	40.64	65.37	-6.99	0	-7.09	0.00	0.00		
0.25 L	30.904	60.21	65.37	73.97	31.307	74.94	21.71	22.00		
0.5 L	41.205	66.96	65.37	101.90	41.743	103.23	28.95	29.33		
						Fb3	Ft3	کنترل Fb3	کنترل Ft3	
						kg/cm^2	kg/cm^2			
						-58.37	-72.45	O.K.	O.K.	
						-86.72	-43.73	O.K.	O.K.	
						-97.11	-33.21	O.K.	O.K.	

حالت ۴- اعمال اثر مقطع مرکب

مقطع	$\frac{M_{SDL}}{I_{x2}}$	$(Y_{t2}-t_{slab})$	$\frac{M_{SDL}}{S_{b2}}$	$\frac{M_{SDL}}{S_{t2}}$	n	Fb3	Ft3
	kg/cm^2	cm	kg/cm2	kg/cm^2	---	kg/cm^2	kg/cm^2
تکیه گاه	0.00	54.69	0.00	0.00	0.87	-58.37	-72.45
0.25 L	0.17	54.69	18.23	13.17	0.87	-86.72	-43.73
0.5 L	0.22	54.69	24.30	17.56	0.87	-97.11	-33.21

Fb4	Ft4,1	Ft4,2	کنترل Fb4	کنترل Ft4,1	کنترل Ft4,2
kg/cm^1	kg/cm^2	kg/cm^2			
-58.37	-72.45	0.00	O.K.	O.K.	O.K.
-68.50	-52.77	-11.40	O.K.	O.K.	O.K.
-72.81	-45.26	-15.20	O.K.	O.K.	O.K.

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	*SUBJECT :* موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی**
CALCULATION محاسبات	

حالت ۵-اعمال بارهای زنده

مقطع	$\frac{M_{LL+I}}{Ix2}$	(Yt2-tslab)	$\frac{M_{LL+I}}{Sb2}$	$\frac{M_{LL+I}}{St2}$	n	Fb4	Ft4,1	Ft4,2
	kg/cm^2	cm	kg/cm2	kg/cm^2	---	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^3
تکیه گاه	0.00	54.69	0.00	0.00	0.87	-58.37	-72.45	0.00
0.25 L	0.43	54.69	47.14	34.05	0.87	-68.50	-52.77	-11.40
0.5 L	0.57	54.69	63.15	45.63	0.87	-72.81	-45.26	-15.20

Fb5	Ft5,1	Ft5,2	کنترل Fb5	کنترل Ft5,1	کنترل Ft5,2
kg/cm^1	kg/cm^2	kg/cm^2			
-58.37	-72.45	0.00	O.K.	O.K.	O.K.
-21.36	-76.14	-40.90	O.K.	O.K.	O.K.
-9.65	-76.58	-54.72	O.K.	O.K.	O.K.

کنترل تنشهای وارده بر مقطع تیر در حالت حدی نهایی:

تنش در فولاد پیش تنیدگی در حالت تهایی

$$fps = fpu \left(1 - \frac{Yp}{\beta 1} \times \left[\rho p \frac{f\,pu}{f'c} + \frac{d}{dp} (\omega - \acute{\omega}) \right] \right)$$

$Yp = 0.4$

$\beta 1 = 0.82$

ابتدا مقطع با عرضی برابر با عرض بال موثر به صورت مستطیلی فرض می شود.

$$\rho p = \frac{Aps}{bdp} = \frac{42.00}{20460} = 0.0021$$

$fps = 17519 \ kg/cm^2 < 0.98\,fpu = 18228 \ kg/cm^2$ O.K.

شاخص فولاد پیش تنیدگی

$$\omega p = \rho p \frac{fps}{f'c} = 0.112 < 0.3$$ O.K.

$$a = \frac{Aps\,fps + As\,fy}{0.85\,f'c\,b}$$

$$a = \frac{735809.8 + 0 \times 4000}{31800.45} = 23.138 \ cm < 25 \ cm$$

فرض مقطع مستطیلی درست است

$$Mc = Aps \times fps \times d \left(1 - 0.60 \frac{\rho p \times fps}{f'c} \right) = 1200.837 \ ton.m$$

$Mu = 1.3 * (304.29 + 1.67 * 248) = 933.98 \ ton.m$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi = 0.95} = 983 < 1200.8 \ ton.m$$ O.K.

use Ø --- @ --- cm **مقطع به آرماتور کششی نیاز ندارد**

کنترل فولاد حداقل AASHTO 9-18-2

$$M^*_{cr} = (fr + fpe) \times Sb2 - M_{d/nc} \left(\frac{Sb2}{Sb1} - 1 \right)$$

$$fpe = \frac{Pe}{A1} + \frac{Pe \times e}{Sb1} = 65.4 + 101.90 = 167.26 \ kg/cm^2$$

$$fr = 1.6 \times \sqrt{f'c} = 28.62 \ kg/cm^2$$

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY : محاسب :	موضوع : **محاسبات تیرهای پیش تنیده اصلی** *SUBJECT :*

محاسبات CALCULATION

لنگر ناشی از بار مرده تیر غیر مرکب

$M_{d/nc}$ = 122.67 ton.m

M^*_{cr} = 730.10 ton.m ø = 0.95

ø × Mn > 1.2 × M^*_{cr} 1141 > 877 ton.m O.K.

کنترل اتلافات:

الف- اتلاف به دلیل کوتاه شدن الاستیک عضو

ب- اتلاف به دلیل اصطکاک جداره ها در اعضای پس کشیده

ج- افت تکیه گاهی ناشی از لغزش کابل در گیره

د- افت بلند مدت ناشی از خزش و جمع شدگی بتن و وارفتگی فولاد

الف- اتلاف به دلیل کوتاه شدن الاستیک عضو:

$$\Delta fe_1 = \frac{N-1}{2N} \times \frac{Es}{Eci} \times fcs = 0.3 \times \frac{1.85E+06}{2.55E+05} \times 141.53 = 342.85 \ kg/cm^2$$

ب-اتلاف به دلیل اصطکاک جداره ها در اعضای پس کشیده:

$$\Delta ffr = Ts - Tx$$

$$Po = 585 \ ton$$

$$Ts = \frac{Po}{A1} = \frac{585000}{42.00} = 13928.6 \ kg/cm^2$$

$tg\ \theta 1 = 0.04654$	$\rightarrow$	$\theta = 0.0465$ rad	کابل ۱
$tg\ \theta 1 = 0.1155$	$\rightarrow$	$\theta = 0.115$ rad	کابل ۲
$tg\ \theta 1 = 0.1948$	$\rightarrow$	$\theta = 0.1924$ rad	کابل ۳

	α	μα+KL	1-e^-(μα+Kx)	Δffr
کابل ۱	0.046511	0.02	0.02	268.89
کابل ۲	0.114989	0.036601	0.04	500.90
کابل ۳	0.192387	0.055951	0.05	758.38
کابل ۴	0.000000	0.000000	0.00	0.00
مجموع	Δffr		0.11	509.39
Δffr			509.39 kg/cm2	

ج- افت تکیه گاهی ناشی از لغزش کابل در گیره:

$\delta = 0.6$ cm

$$L' = \left(\frac{Es.\delta.L}{T0-T1}\right)^{0.5} = 1610.3 \text{ cm} = 16.1 \text{ m}$$

شیب تغییرات پیش تنیدگی $\beta = \frac{T0-T1}{L/2} = \frac{509.39}{11.9} = 42.8$

$\rightarrow \Delta Tfa = 2\beta\ (L'-x) = 2 * 43 * (16.1 - 11.9) = 359.8$ kg/cm2

مجموع اتلاف اولیه: 1212.07 kg/cm2

د- افت بلند مدت ناشی از خزش و جمع شدگی بتن و وارفتگی فولاد:

مطابق جدول ۱-۵.۹.۵.۳ آیین نامه آشتو ۲۰۰۷ میزان افتهای دراز مدت برای تیرهای مستطیلی برابر $200 + 28\ PPR$

برحسب مگاپاسگال می باشد:

در جهت اطمینان $\rightarrow$ PPR= 1.0

برای کابل با وارفتگی کم برای مقطع مستطیلی میتوان افت بلند مدت را به میزان ۴۱ مگاپاسگال کاهش داد:

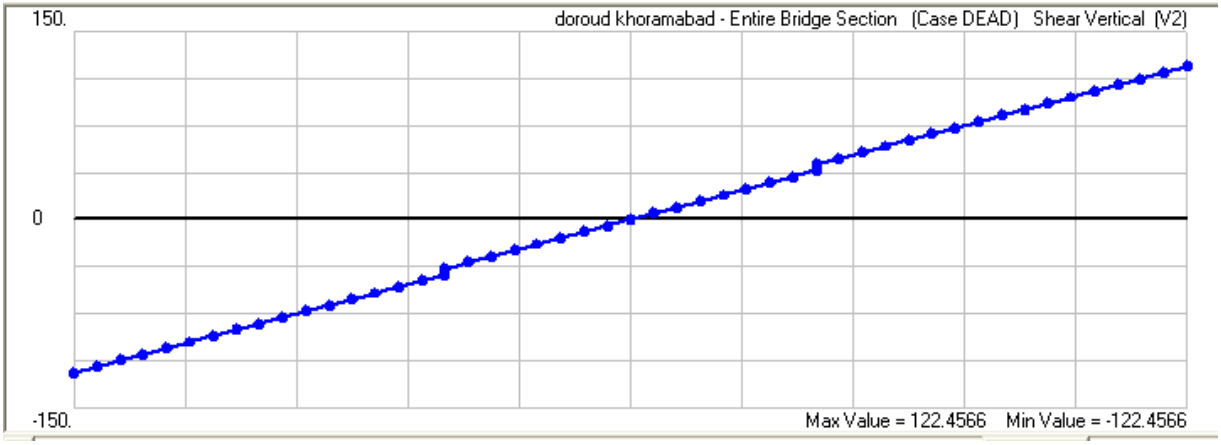
$\Delta Tft = 200 + 28PPR - 41 = 1870$ kg/cm2

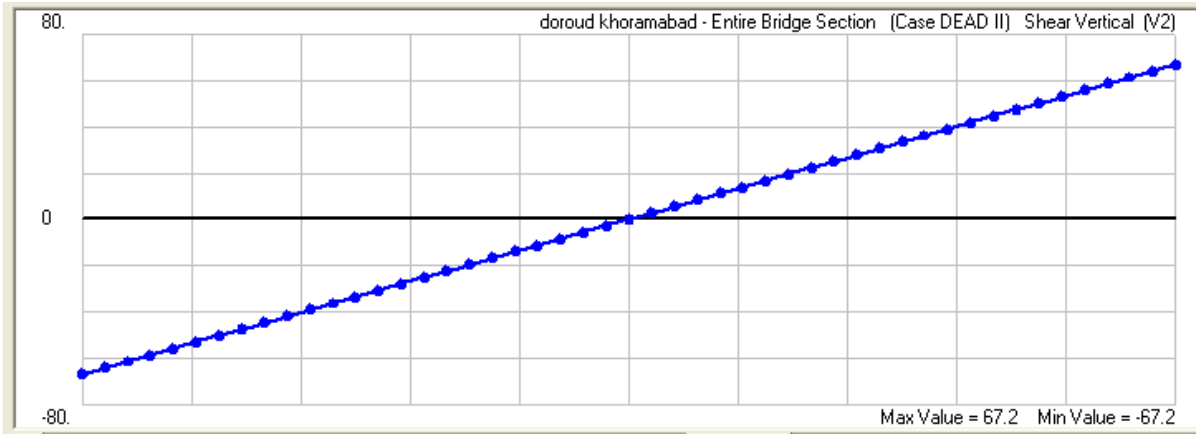
اتلاف تنش کل:

$\Delta fs = \Delta fe1 + \Delta ffr + \Delta Tfa + \Delta Tft \approx 3083.00$ kg/cm^2 < 3150.00 kg/cm^2 O.K

طراحی برشی تیرها:

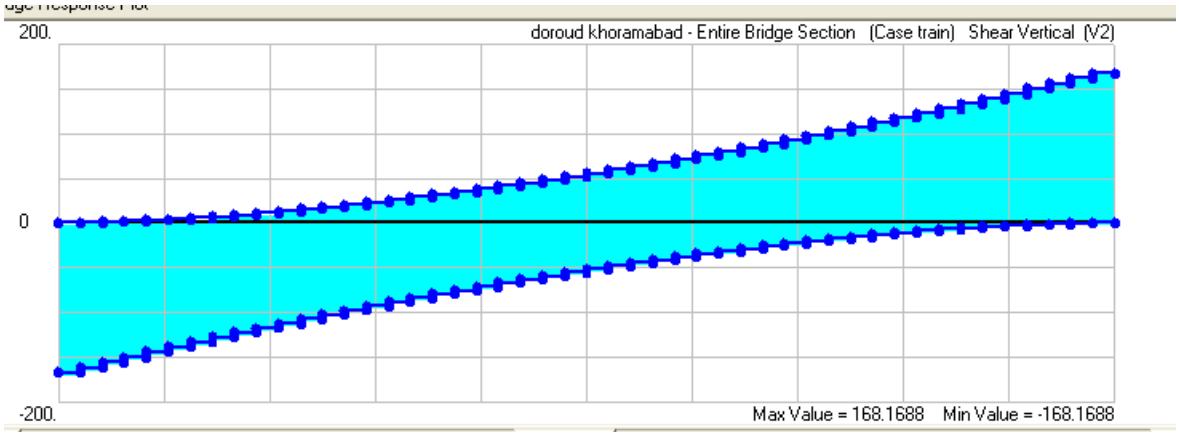
طراحی برشی تیرها بر اساس نیرهای برشی خروجی نرم افزار SAP2000 انجام شده است، نتایج تحلیل در زیر آورده شده است:





HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه: پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



factored DEAD I	
X	V(ton)
0.0	39.80
0.5	38.21
1.0	36.61
1.5	35.02
2.0	33.43
2.5	31.83
3.0	30.24
3.5	28.65
4.0	27.05
4.5	25.46
5.0	23.87
5.5	22.27
6.0	20.68
6.5	19.09
7.0	17.50
7.5	15.90
8.0	14.31
8.5	11.15
9.0	9.56
9.5	7.97
10.0	6.37
10.5	4.78
11.0	3.19
11.5	1.59
12.0	0.00

factored DEADII+LIVE	
X	V(ton)
0.0	113.07
0.5	112.16
1.0	108.01
1.5	103.91
2.0	99.86
2.5	95.87
3.0	91.93
3.5	88.04
4.0	84.21
4.5	80.44
5.0	76.71
5.5	73.04
6.0	69.43
6.5	65.86
7.0	62.36
7.5	58.90
8.0	55.50
8.5	52.15
9.0	48.86
9.5	45.62
10	42.43
10.5	39.30
11	36.22
11.5	33.20
12	30.23

بر اساس نتایج فوق طراحی آرماتورهای برشی به صورت زیر می باشد:

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET — برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه: پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

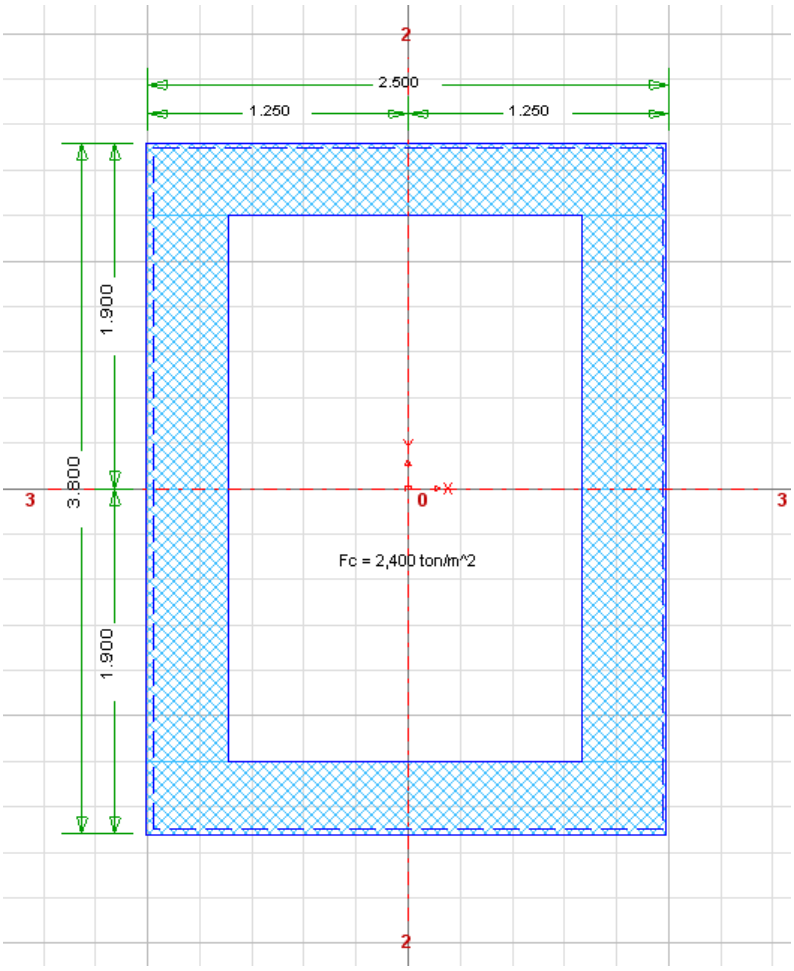
$$V_c = 0.53\sqrt{f_c}$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V - V_c}{f_y d}$$

DeadI+DEADII+LIVE					
X	V(ton)	Vc(ton)	Av/s(cm)	2leg Φ12 @	
0.0	169.8555	32.33	0.222	10	OK
0.5	167.0744	32.33	0.217	10	OK
1.0	160.6888	32.33	0.207	10	OK
1.5	154.3629	32.33	0.197	10	OK
2.0	148.0969	32.33	0.187	10	OK
2.5	141.8906	32.33	0.177	10	OK
3.0	135.7441	32.33	0.167	10	OK
3.5	129.6573	32.33	0.157	10	OK
4.0	123.6304	32.33	0.147	10	OK
4.5	117.6632	32.33	0.138	10	OK
5.0	111.7558	32.33	0.128	10	OK
5.5	105.9081	32.33	0.119	10	OK
6.0	100.1203	32.33	0.109	10	OK
6.5	94.3922	32.33	0.100	20	OK
7.0	88.72391	32.33	0.091	20	OK
7.5	83.11536	32.33	0.082	20	OK
8.0	77.56663	32.33	0.073	20	OK
8.5	70.33819	32.33	0.061	20	OK
9.0	64.90897	32.33	0.053	20	OK
9.5	59.53956	32.33	0.044	20	OK
10.0	54.22989	32.33	0.035	30	OK
10.5	48.98003	32.33	0.027	30	OK
11.0	43.78991	32.33	0.019	30	OK
11.5	38.6596	32.33	0.019	30	OK
12.0	33.58903	32.33	0.019	30	OK

۳- مدلسازی و طراحی ستون:

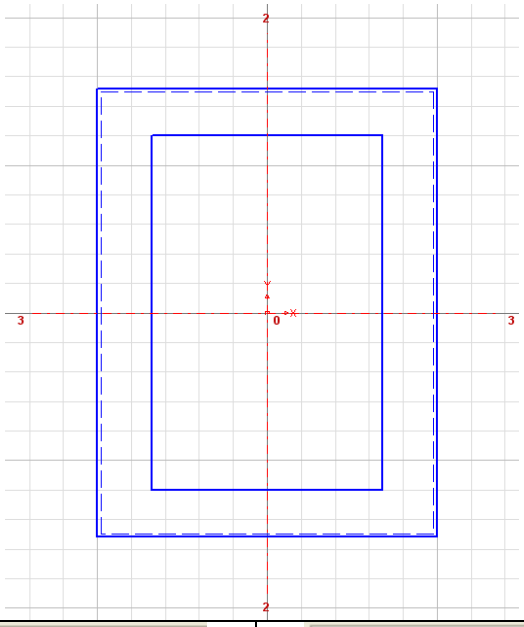
به منظور مدلسازی و طراحی ستونها از دو نرم افزار SAP2000 و CSI Column استفاده شده است. شکل مقطع مدلسازی شده در نرم افزار CSI Colum در تصویر شماره ۳-۱ و مشخصات مقطع در تصویر شماره ۳-۲ ارائه شده است.



تصویر شماره ۳-۱- مقطع مورد نظر برای ستون

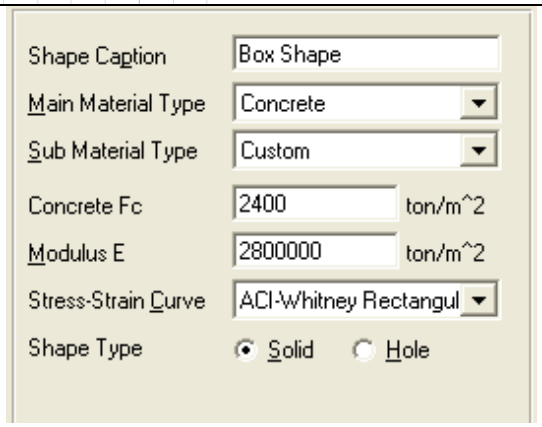
HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



Gross Geometric Properties

Property	Value	Unit
Total Width =	2.50	m
Total Height =	3.80	m
Center, Xo =	1.25	m
Center, Yo =	1.90	m
Area, A =	4.40	m^2
Inertia, I33 =	7.607	m^4
Inertia, I22 =	3.72	m^4
Mod. S3 (Top) =	4.004	m^3
Mod. S3 (Bot) =	4.004	m^3
Mod. S2 (Left) =	2.976	m^3
Mod. S2 (Right) =	2.976	m^3
Gyration, r3 =	1.315	m
Gyration, r2 =	0.91944	m

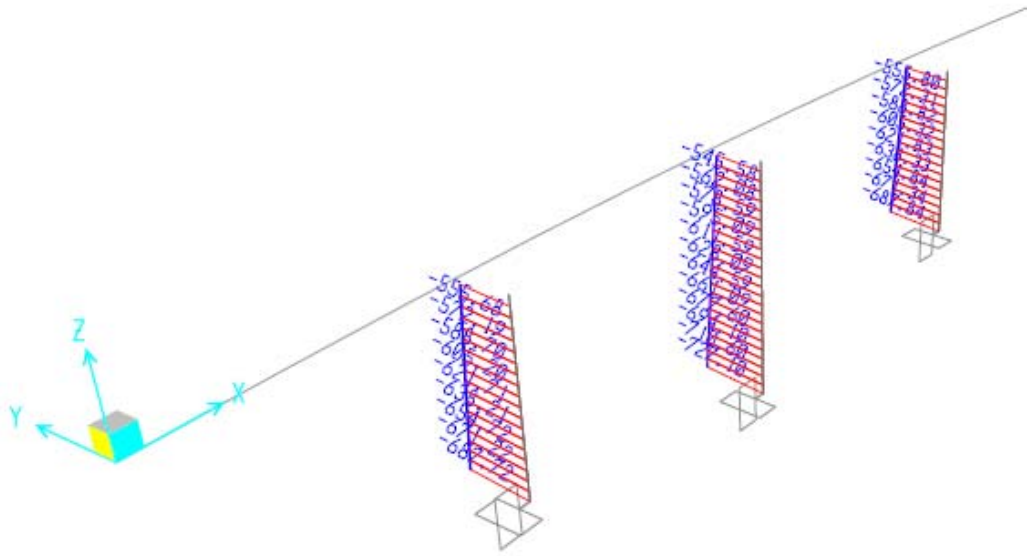


تصویر شماره ۳-۲- مشخصات مقطع مورد نظر برای ستون

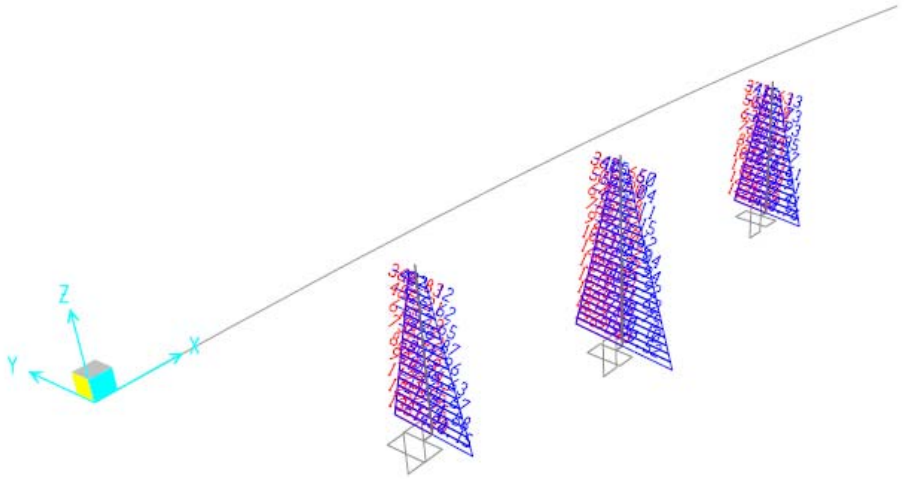
به منظور طراحی ستونهای پل تحت اثر نیروی زلزله از ضوابط نشریه شماره ۴۶۳ استفاده شده است.

همانطور که قبلا ذکر گردید برای ستون از R=3 استفاده می‌گردد. در تصاویر شماره ۳-۳ تا ۳-۵ میزان بارهای وارده به ستونها (تحت اثر ترکیب بار های زیر) که از خروجی نرم افزار SAP2000 می‌باشد، نشان داده شده است.

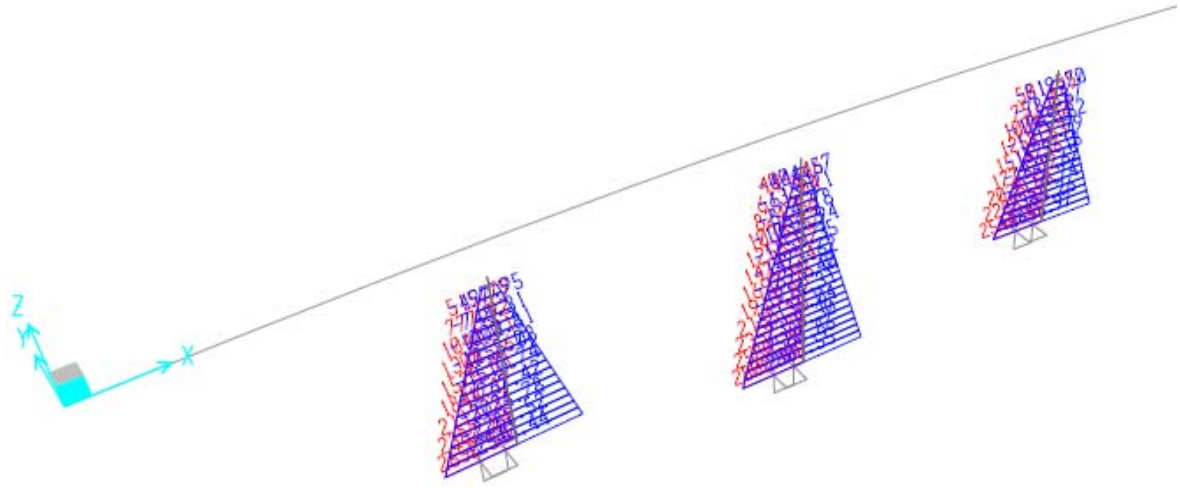
تحت ترکیب بار COMB1=DEAD+EQx+0.3EQy:



تصویر شماره ۳-۳- نیروی محوری ایجاد شده در ستونها

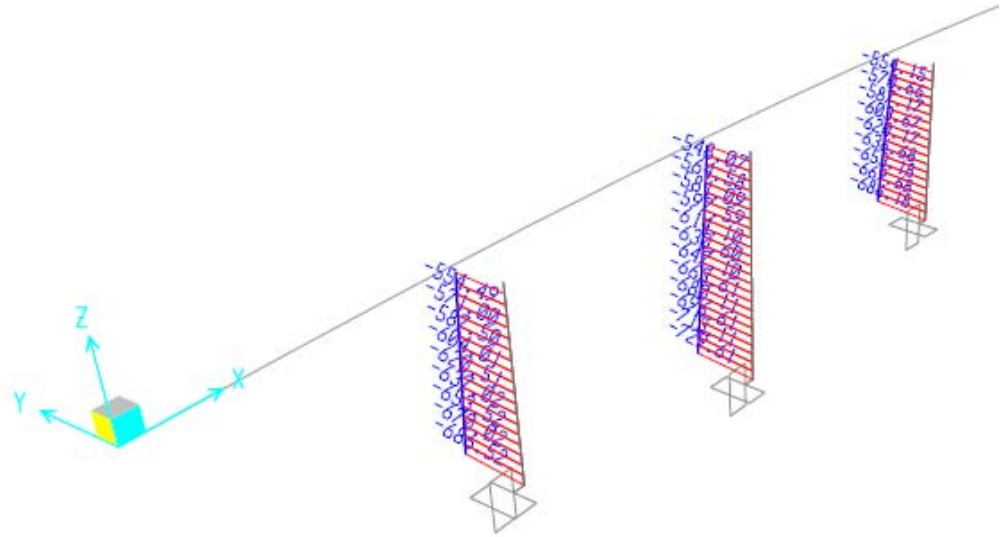


تصویر شماره ۳-۴- لنگر خمشی M33 ایجاد شده در ستونها

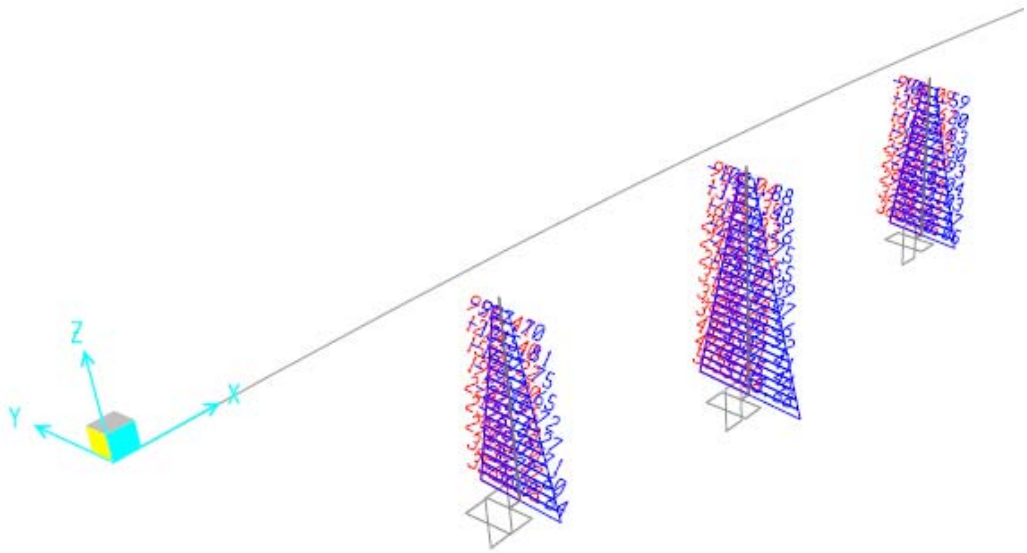


تصویر شماره ۳-۵- لنگر خمشی M22 ایجاد شده در ستونها

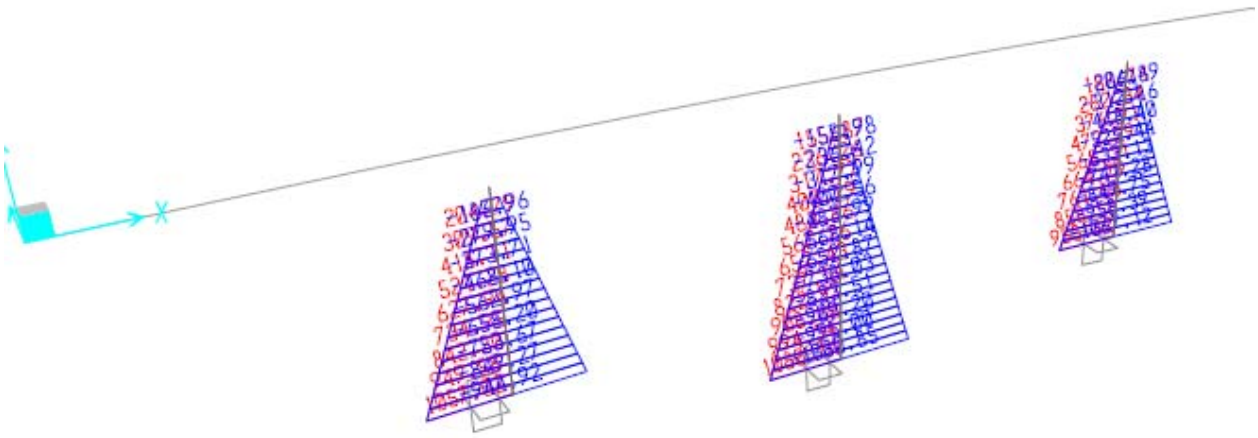
تحت ترکیب بار COMB2=DEAD+EQy+0.3EQx:



تصویر شماره ۳-۶- نیروی محوری ایجاد شده در ستونها



تصویر شماره ۳-۷- لنگر خمشی M33 ایجاد شده در ستونها



تصویر شماره ۳-۸- لنگر خمشی M22 ایجاد شده در ستونها

PIER	COMB.	P(axial)	BOTT.		TOP	
			M33	M22	M33	M22
P1	COMB1	690	1620	2655		
P2		730	1800	2805		
P3		690	1600	2655		
P1	COMB2	690	4060	1060		
P2		730	4500	1080		
P3		690	4080	1070		

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد				
COMPUTED BY :		محاسب :	SUBJECT :	موضوع :	محاسبات لاغری ستون P۱&P۳

CALCULATION محاسبات

با توجه به ترکیب بارهای ذکر شده و مدلسازی که در برنامه SAP صورت گرفته ، بارهای بوجود آمده به شرح زیر می باشند:

بارهای بوجود آمده تحت ترکیب بارهای مختلف

Comb EQM-x: Pu = 690 ton; M_{22} = 2655 ton.m; M_{33} = 1620 ton.m

Comb EQM-y: Pu = 690 ton; M_{22} = 1070 ton.m; M_{33} = 4080 ton.m

مشخصات مقطع و فرضیات طراحی :

H = 1450 cm

B = 250 cm

L = 380 cm

t = 40 cm

k = 2.00

f'c = 240 kg/cm2

EC = 15000 √ f'c = 232379 kg/cm2

fy = 4000 kg/cm^2

fyt = 4000 kg/cm^2

Ag = 44000 cm^2

Ix = 7.61E+08 cm^4

Iy = 3.72E+08

rx = √ (I / Ag) = 131 cm

ry = √ (I / Ag) = 91.9 cm

KL/rx = 2.00 * 1450 / 131 = 22.1 > 22 ستون لاغر می باشد

KL/ry = 2.00 * 1450 / 91.9 = 31.5 > 22 ستون لاغر می باشد

Φ = 0.7

$$Pn = \frac{PU}{\Phi} = \frac{690}{0.7} = 985.71 \text{ ton}$$

$$EIx = \frac{EC * Ix / 2.5}{1 + \beta d} = \frac{232379 * 8E+08 / 2.5}{1 + 0} = 7.07E+13 \text{ kg/cm2}$$

$$EIy = \frac{EC * Iy / 2.5}{1 + \beta d} = \frac{232379 * 4E+08 / 2.5}{1 + 0} = 3.46E+13 \text{ kg/cm2}$$

$$Pcx = \frac{\pi^2 * EIx}{(KLU)^2} = \frac{\pi^2 * 7.07E+13}{(2.00 * 1450)^2} = 82976 \text{ ton}$$

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:	نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود–خرم آباد**				
COMPUTED BY :		محاسب :	*SUBJECT :*	**محاسبات لاغری ستون P۱&P۳**	موضوع :

CALCULATION محاسبات

$$Pcy = \frac{\pi^2 * Ely}{(KLU)^2} = \frac{\pi^2 * 3.46E+13}{(2.00 * 1450)^2} = 40576 \quad ton$$

Cm = 1

برای ستونهایی که از انتقال جانبی دو انتهای آنها جلوگیری نشده است.

$$\delta x = \frac{Cm}{1 - \frac{Pn}{Pcx}} = \frac{1}{1 - \frac{985.71}{82976}} = 1.01$$

$$\delta y = \frac{Cm}{1 - \frac{Pn}{Pcy}} = \frac{1}{1 - \frac{985.71}{40576}} = 1.02$$

در نتیجه لنگرهای تشدید یافته به صورت زیر می باشد:

Comb EQM-x

Pu =	690 ton
Mc_{22} =	2721.1 ton.m
Mc_{33} =	1639.5 ton.m

Comb EQM-y

Pu =	690 ton
Mc_{22} =	1096.6 ton.m
Mc_{33} =	4181.6 ton.m

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:				نام پروژه :	**پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
COMPUTED BY :		محاسب :	SUBJECT :	موضوع :	**محاسبات لاغری ستون p۲**

CALCULATION محاسبات

با توجه به ترکیب بارهای ذکر شده و مدلسازی که در برنامه SAP صورت گرفته ، بارهای بوجود آمده به شرح زیر می باشند:

بارهای بوجود آمده تحت ترکیب بارهای مختلف

Comb EQM-x: Pu = 730 ton; M_{22} = 2805 ton.m; M_{33} = 2000 ton.m

Comb EQM-y: Pu = 730 ton; M_{22} = 1080 ton.m; M_{33} = 4500 ton.m

مشخصات مقطع و فرضیات طراحی :

H = 1900 cm

B = 250 cm

L = 380 cm

t = 40 cm

k = 2.00

f'c = 240 kg/cm2

EC = 15000 √ f'c = 232379 kg/cm2

fy = 4000 kg/cm^2

fyt = 4000 kg/cm^2

Ag = 44000 cm^2

Ix = 7.61E+08 cm^4

Iy = 3.72E+08

rx = √ (I / Ag) = 131 cm

ry = √ (I / Ag) = 91.9 cm

KL/rx = 2.00 * 1900 / 131 = 28.9 > 22 ستون لاغر می باشد

KL/ry = 2.00 * 1900 / 91.9 = 41.3 > 22 ستون لاغر می باشد

Φ = 0.7

$$Pn = \frac{PU}{\Phi} = \frac{730}{0.7} = 1042.9 \text{ ton}$$

$$EIx = \frac{EC * Ix / 2.5}{1 + \beta d} = \frac{232379 * 8E+08 / 2.5}{1 + 0} = 7.07E+13 \text{ kg/cm2}$$

$$EIy = \frac{EC * Iy / 2.5}{1 + \beta d} = \frac{232379 * 4E+08 / 2.5}{1 + 0} = 3.46E+13 \text{ kg/cm2}$$

$$Pcx = \frac{\pi^2 * EIx}{(KLU)^2} = \frac{\pi^2 * 7.07E+13}{(2.00 * 1900)^2} = 48326 \text{ ton}$$

مهندسین مشاور هراز راه

ENGINEERING COMPUTATION SHEET **برگ محاسبات مهندسی**

PROJECT TITLE:				نام پروژه : **پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**	
COMPUTED BY :		محاسب :	*SUBJECT :*	**محاسبات لاغری ستون p۲**	موضوع :

CALCULATION محاسبات

$$Pcy = \frac{\pi^2 * Ely}{(KLU)^2} = \frac{\pi^2 * 3.46E+13}{(2.00 * 1900)^2} = 23632 \quad ton$$

$Cm = 1$ برای ستونهایی که از انتقال جانبی دو انتهای آنها جلوگیری نشده است.

$$\delta x = \frac{Cm}{1 - \frac{Pn}{Pcx}} = \frac{1}{1 - \frac{1042.9}{48326}} = 1.02$$

$$\delta y = \frac{Cm}{1 - \frac{Pn}{Pcy}} = \frac{1}{1 - \frac{1042.9}{23632}} = 1.05$$

در نتیجه لنگرهای تشدید یافته به صورت زیر می باشد:

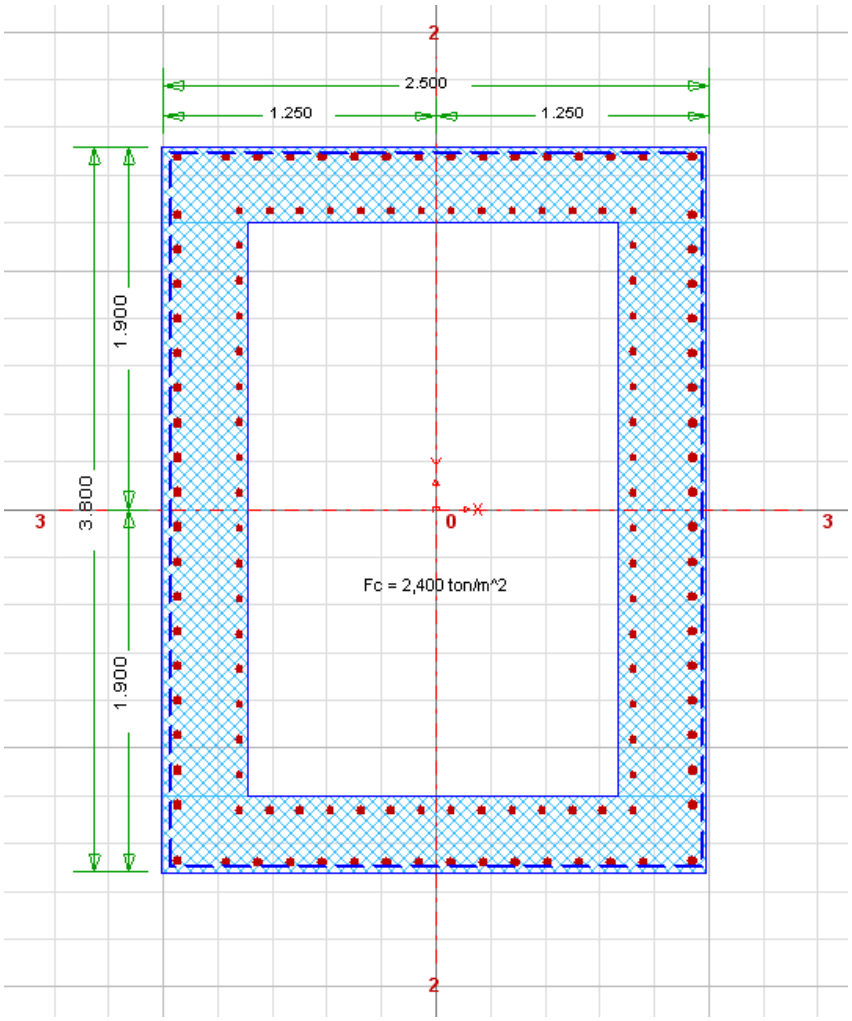
Comb EQM-x:
- $Pu = 730$ ton
- $Mc_{22} = 2934.5$ ton.m
- $Mc_{33} = 2044.1$ ton.m

Comb EQM-y:
- $Pu = 730$ ton
- $Mc_{22} = 1129.9$ ton.m
- $Mc_{33} = 4707.8$ ton.m

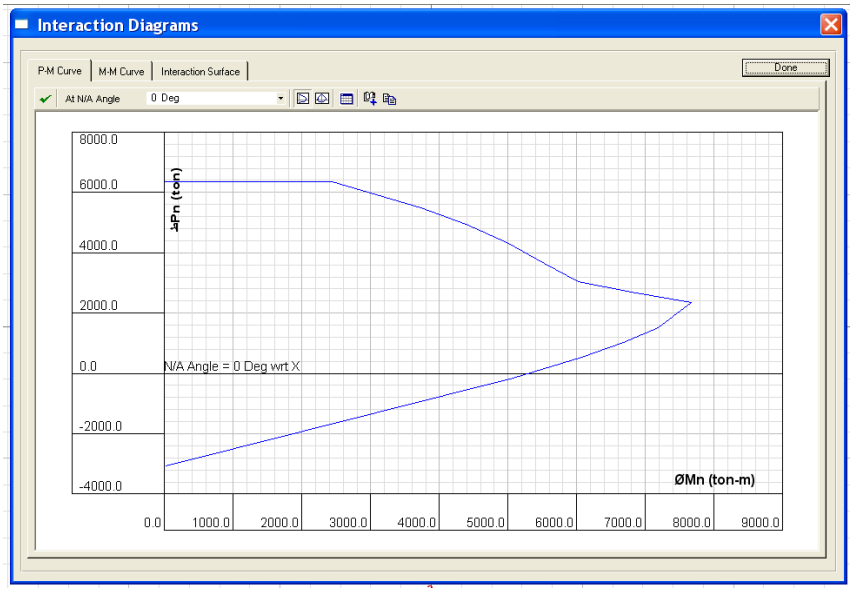
۳- ۱- طراحی پایه های P1 و P3:

بتن مورد استفاده در ستونهای این پل از مقاومت ۲۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد. در طراحی ستون های P1 و P3 از ۶۸ عدد آرماتور نمره ۳۲ و ۶۰ عدد آرماتور نمره ۲۵ استفاده شده است که این مقدار برابر با ۱/۹۳ درصد از سطح مقطع ستون می‌باشد.

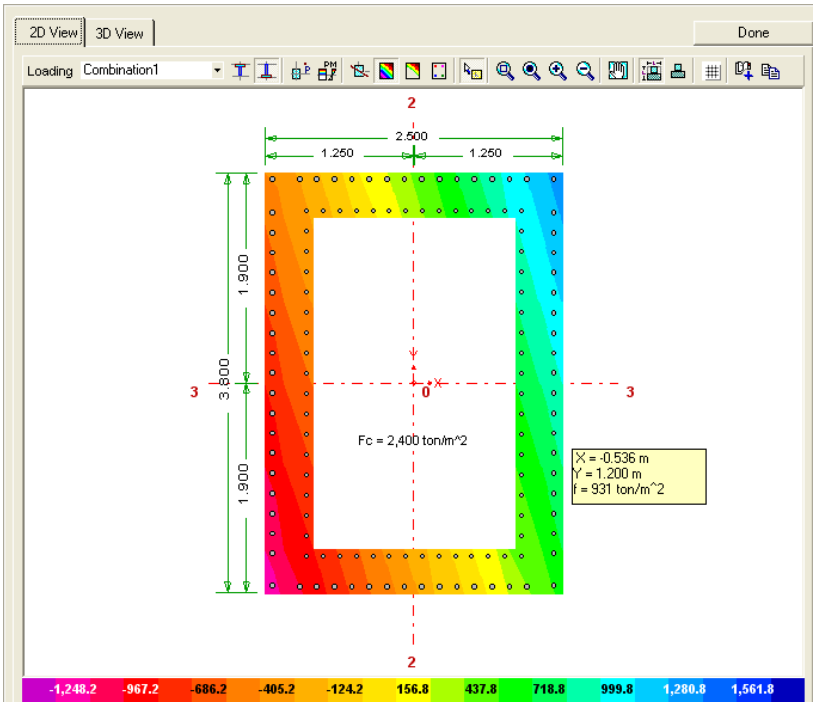
مشخصات و کنترل این ستونها در تصاویر شماره ۳-۹ الی ۳-۱۳ ارائه شده است.



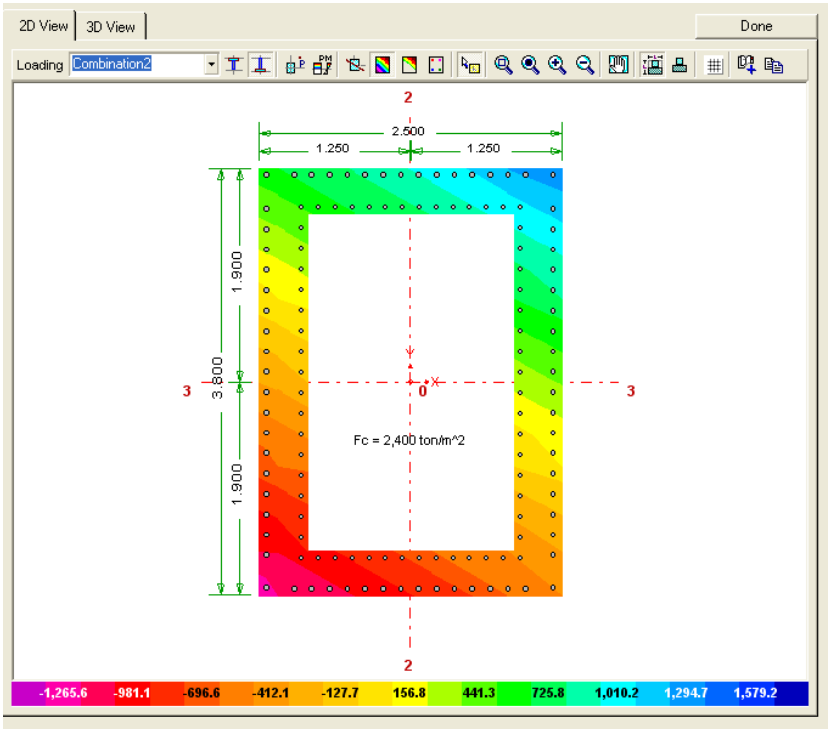
تصویر شماره ۳-۹- مقطع آرماتور بندی شده ستون



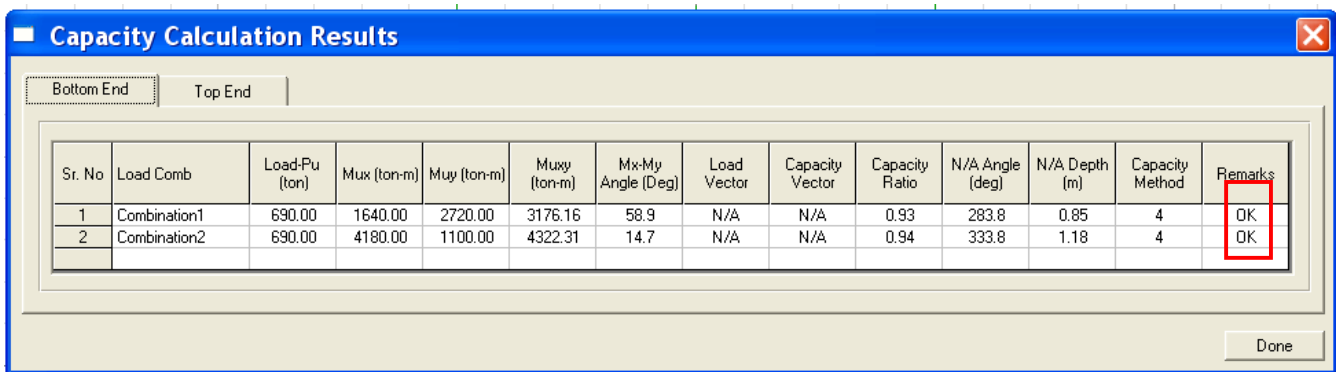
تصویر شماره ۳-۱۰- منحنی اندرکنش P-M ستون



تصویر شماره ۳-۱۱- کنترل تنشهای ایجاد شده در بتن در ترکیب بار COMB1



تصویر شماره ۳-۱۲- کنترل تنشهای ایجاد شده در بتن COMB2



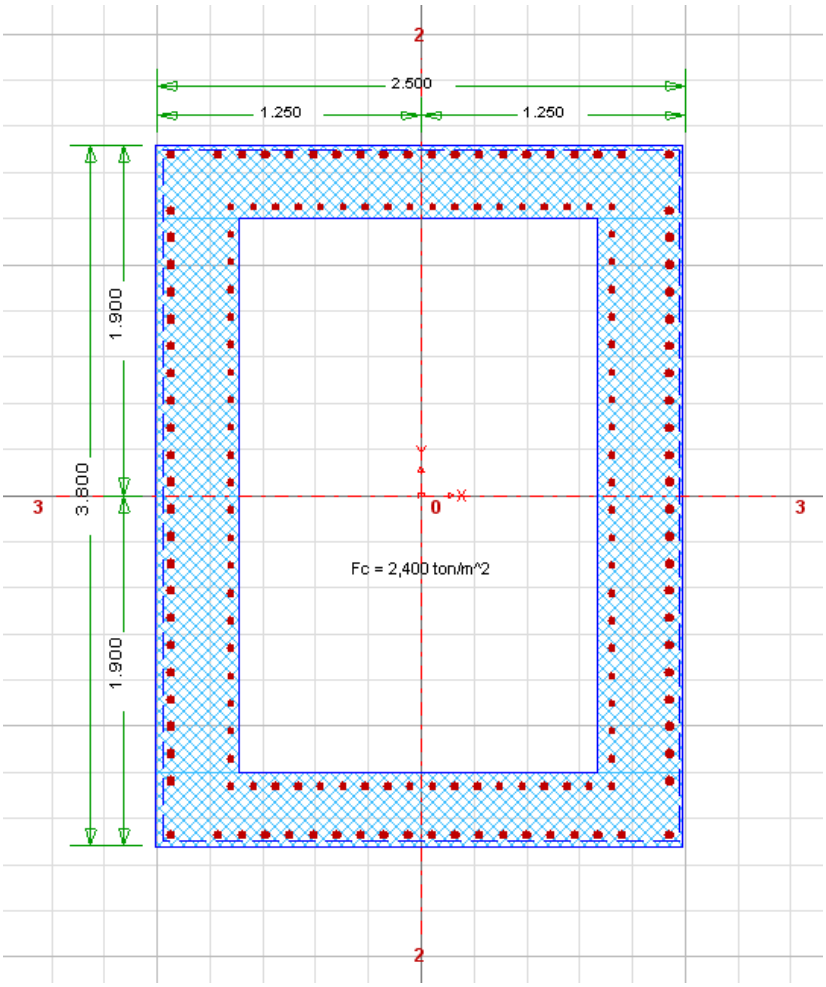
Sr. No	Load Comb	Load-Pu (ton)	Mux (ton-m)	Muy (ton-m)	Muxy (ton-m)	Mx-My Angle (Deg)	Load Vector	Capacity Vector	Capacity Ratio	N/A Angle (deg)	N/A Depth (m)	Capacity Method	Remarks
1	Combination1	690.00	1640.00	2720.00	3176.16	58.9	N/A	N/A	0.93	283.8	0.85	4	OK
2	Combination2	690.00	4180.00	1100.00	4322.31	14.7	N/A	N/A	0.94	333.8	1.18	4	OK

تصویر شماره ۳-۱۳- کنترل نسبت ظرفیت ستونها (C.R)

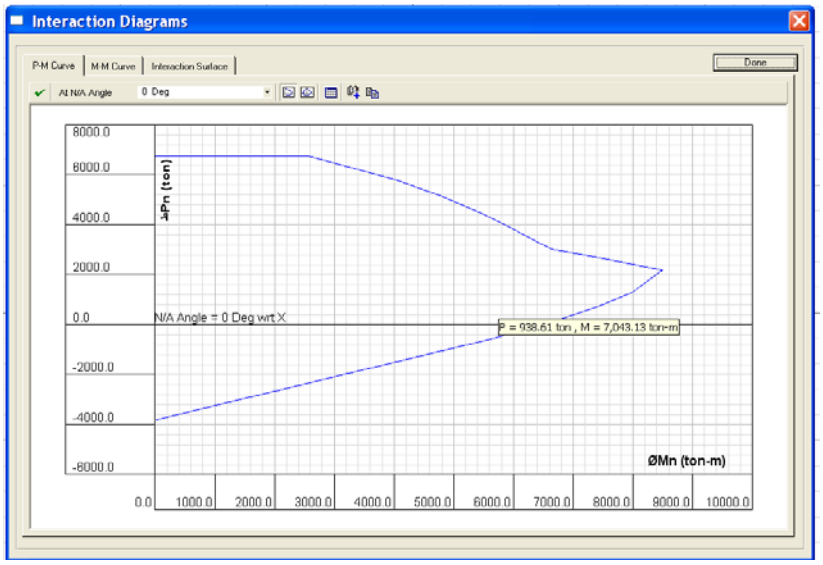
۳- ۲- طراحی پایه P2:

بتن مورد استفاده در ستونهای این پل از مقاومت ۲۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد. در طراحی ستون P1 از ۸۴ عدد آرماتور نمره ۳۲ و ۷۶ عدد آرماتور ۲۵ استفاده شده است که این مقدار برابر با ۲/۴۰ درصد از سطح مقطع ستون می‌باشد.

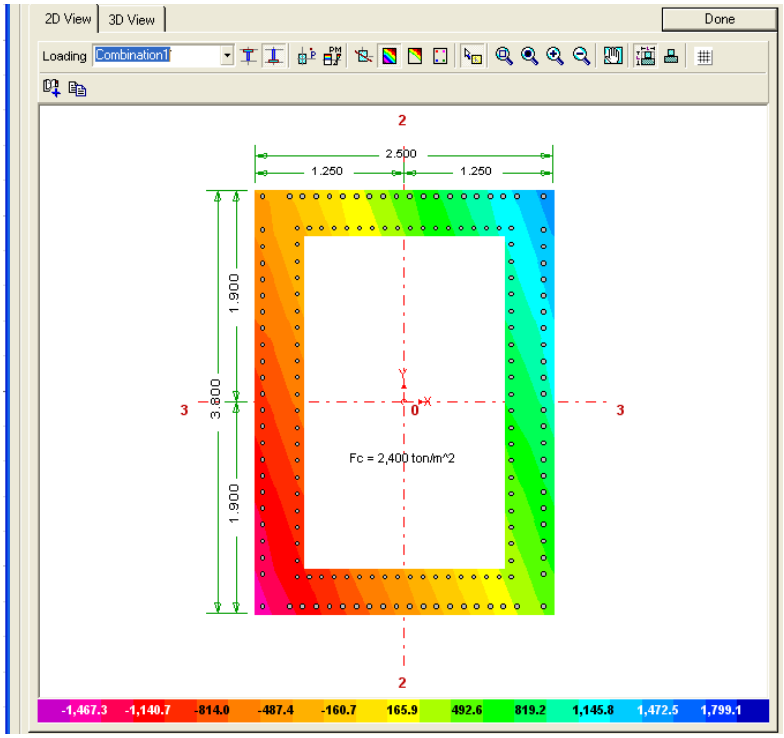
مشخصات و کنترل این ستونها در تصاویر شماره ۳-۱۴ الی ۳-۱۸ ارائه شده است.



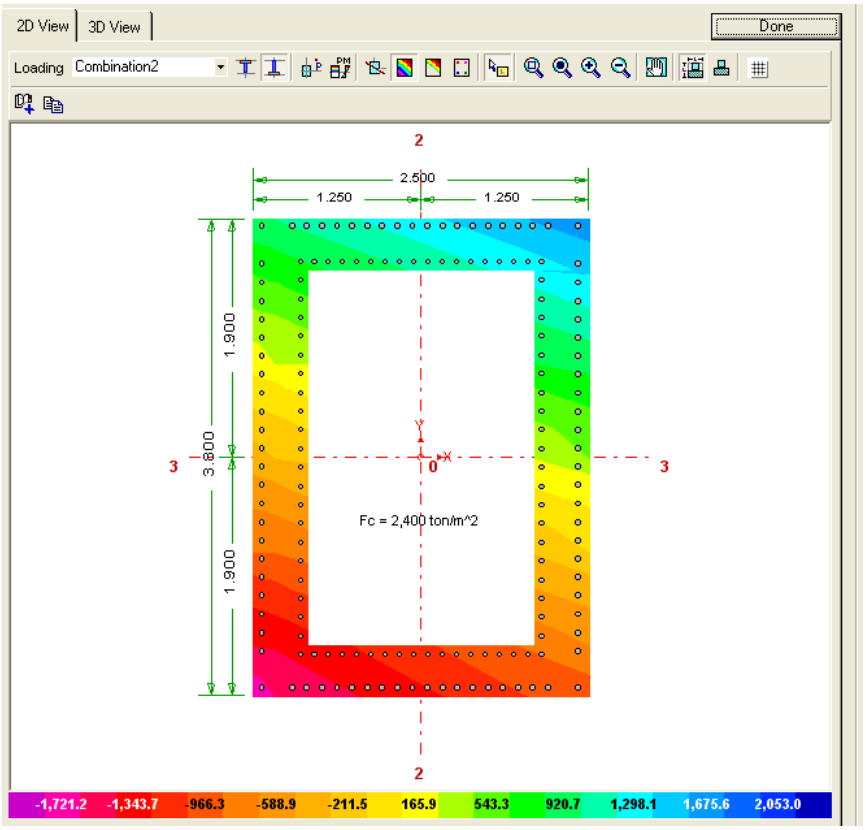
تصویر شماره ۳-۱۴- مقطع آرماتور بندی شده ستون



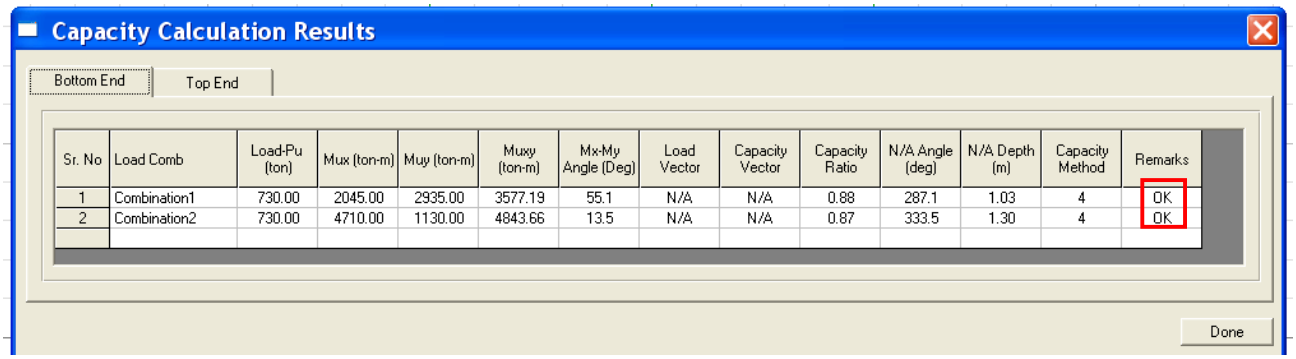
تصویر شماره ۳-۱۵- منحنی اندرکنش P-M ستون



تصویر شماره ۳-۱۶- کنترل تنشهای ایجاد شده در بتن در ترکیب بار COMB1



تصویر شماره ۳-۱۷- کنترل تنشهای ایجاد شده در بتن در ترکیب بار COMB2



Sr. No	Load Comb	Load-Pu (ton)	Mux (ton-m)	Muy (ton-m)	Muxy (ton-m)	Mx-My Angle (Deg)	Load Vector	Capacity Vector	Capacity Ratio	N/A Angle (deg)	N/A Depth (m)	Capacity Method	Remarks
1	Combination1	730.00	2045.00	2935.00	3577.19	55.1	N/A	N/A	0.88	287.1	1.03	4	OK
2	Combination2	730.00	4710.00	1130.00	4843.66	13.5	N/A	N/A	0.87	333.5	1.30	4	OK

تصویر شماره ۳-۱۸- کنترل نسبت ظرفیت ستونها (C.R)

۳-۳- طراحی برشی بر مبنای برش ایجاد شده در ستون ناشی از اعمال زلزله با ضریب رفتار R=1

به منظور کنترل نیروی محوری و برشی ستونها مطابق با بند ۳-۲ از نشریه شماره ۴۶۳ از ضریب رفتار یک (R=1) استفاده می‌گردد. با توجه به این مضع برای طراحی برشی ستونها داریم:

PIER	COMB.	P(axial)	BOTT.	
			V33	V22
P1	COMB1	700	530	265
P2		730	445	300
P3		700	530	265
P1	COMB2	695	207	660
P2		740	172	775
P3		695	210	665

در راستای طولی:

مطابق بند ۳-۷-۲-۳ نشریه ۴۶۳ در نواحی انتهایی ستون که انتظار می رود مفصل پلاستیک در آنجا ایجاد شود در صورتیکه تنش فشاری ناشی از بار محوری ستون کمتر از 0.1Fc باشد، مقاومت برشی بتن باید بین حداکثر آن و صفر درون یابی خطی گردد.

$$v_c = \frac{695 \times 1000/44000}{0.1 \times 240} \times 0.53 \times \sqrt{f_c'} = 5.4 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_c = v_c \times b.d = 5.4 \times 2 \times 20500 = 168\ ton$$

- **کنترل آرماتورهای عرضی در راستای طولی و عرضی:**

در راستای طولی:

$$V_c = v_c \times b.d = 5.4 \times 2 \times 240 \times 40 = 103.68\ ton$$

$$V_s = V_u - V_c = 530 - 103 = 426\ ton$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\emptyset . f_y . d} = \frac{426 \times 10^3}{0.85 \times 4000 \times 240} = 0.52 \rightarrow S = 10\ cm : A_v = 5.2\ cm^2$$

$USE\ 4leg\ \emptyset\ ۱۲@۱۰cm$: در راستای طولی ستون

$$V_c = v_c \times b.d = 5.4 \times 2 \times 370 \times 40 = 160\ ton$$

$$V_s = V_u - V_c = 775 - 160 = 615\ ton$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\emptyset . f_y . d} = \frac{615 \times 10^3}{0.85 \times 4000 \times 370} = 0.48 \rightarrow S = 10\ cm : A_v = 4.8\ cm^2$$

$USE\ 4leg\ \emptyset\ ۱۲@۱۰\ cm$: در راستای عرضی ستون

- **ضوابط محصور شدگی:**

مطابق بند ۳-۷-۲-۴ از نشریه ۴۶۳ داریم:

مساحت آرماتورهای خاموت (A_{sh}) برای ستونهای چهارگوش، بیشترین یکی از دو مقدار زیر است:

$$A_{sh} = 0.30\, a h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \qquad (۱۳-۳)$$

$$A_{sh} = 0.12\, a h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \qquad (۱۴-۳)$$

در راستای طولی: hc=240 cm

$$(14-3): A_{sh} = 17.28\ cm^2 \rightarrow USE\ 12\ \emptyset\ 14@10$$

در راستای عرضی: hc=370 cm

$$(14-3): A_{sh} = 26.64\ cm^2 \rightarrow USE\ 18\ \emptyset\ 14@10$$

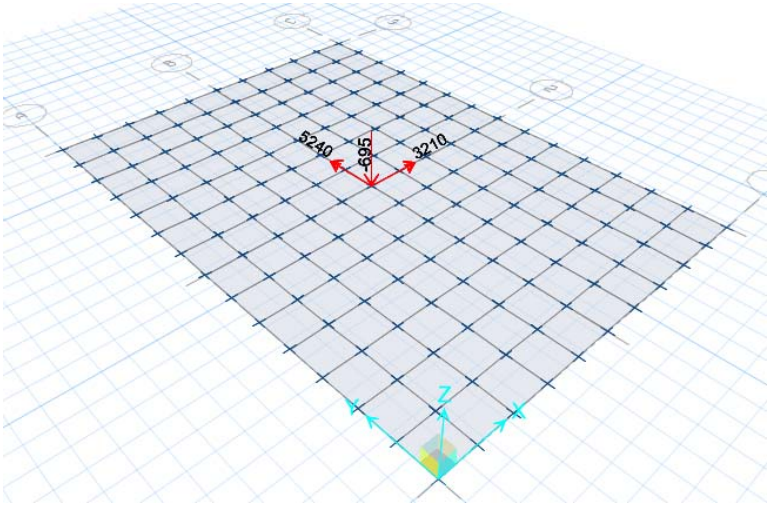
۴- طراحی فونداسیون:

به منظور طراحی فونداسیون پل تحت اثر نیروی زلزله از ضوابط نشریه شماره ۴۶۳ استفاده شده است. محاسبات انجام شده برای تحلیل و طراحی فونداسیون در نرم افزار SAFE با تئوری های کلاسیک (تئوری تیر بر بستر الاستیک) انجام شده است.

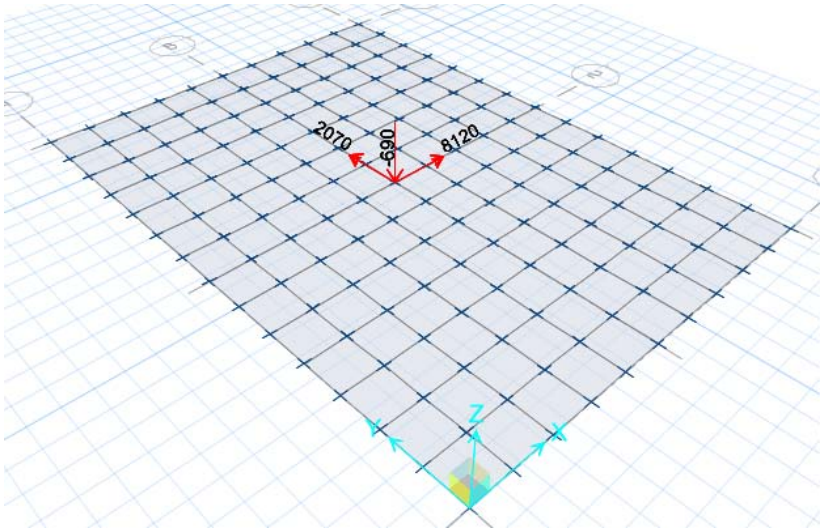
در این قسمت به طراحی فونداسیون پایه‌ها پرداخته و همانطور که ذکر شد جهت طراحی فونداسیون پایه می بایست از ضریب رفتار ۱/۵ استفاده شود. نیروهای بدست آمده از تحلیل زلزله با ضریب رفتار R=1.5 عبارتند از:

		P_{axial}	Mx	My
Comb1	P1	695	3150	5230
	P2	730	3460	5590
	P3	695	3210	5240
Comb2	P1	690	8060	2050
	P2	730	9000	2155
	P3	690	8120	2070

۴-۱-طراحی فونداسیون پایهP1&P3 :

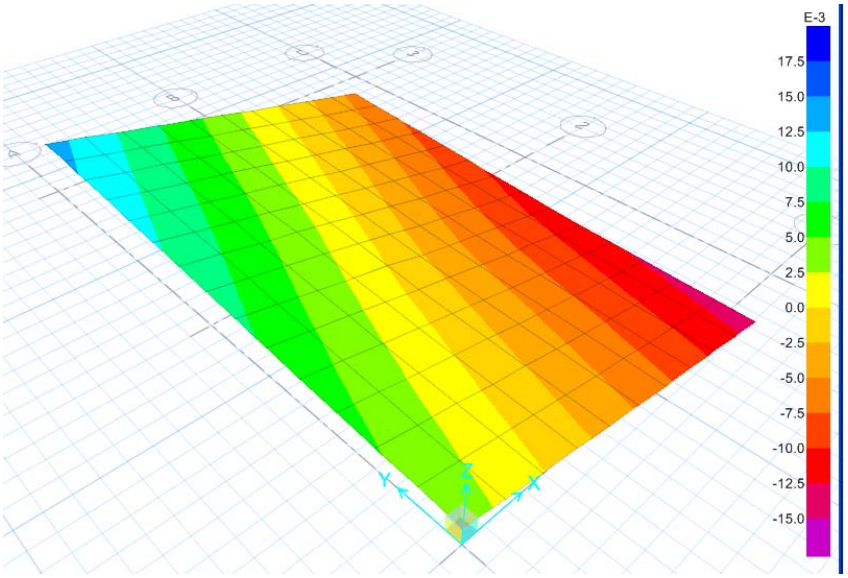


بارگذاری فونداسیون COMB1 P1&P3

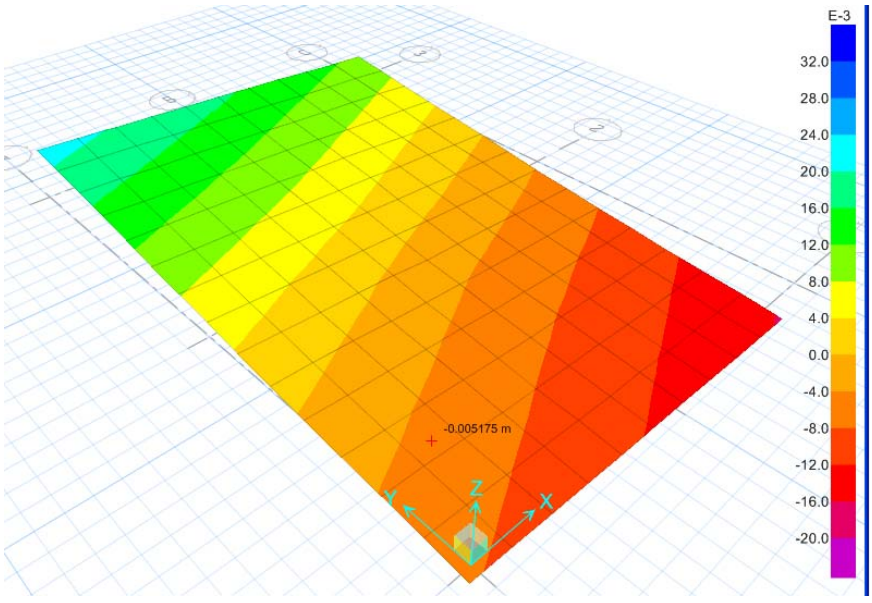


بارگذاری فونداسیون COMB2 P1&P3

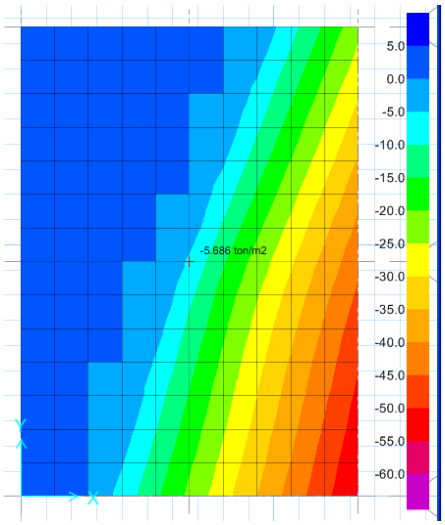
میزان تغییر شکل و تنش ایجاد شده زیر فونداسیون پایه‌ها بر اساس بارهای فوق در زیر نشان داده شده است:



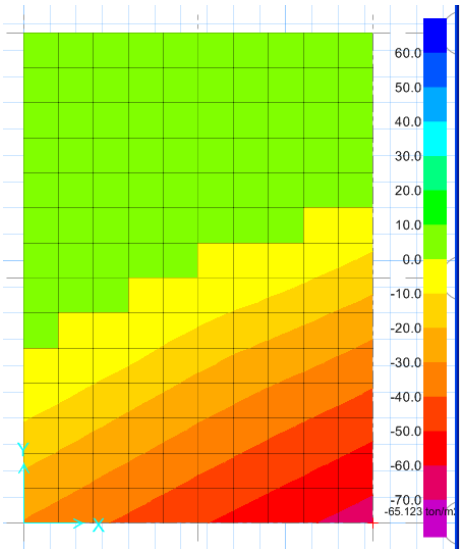
تصویر شماره ۴-۱- تغییر شکل فونداسیون COMB1



تصویر شماره ۴-۲- تغییر شکل فونداسیون COMB2



تصویر شماره ۴-۳- فشار خاک زیر فونداسیون COMB1

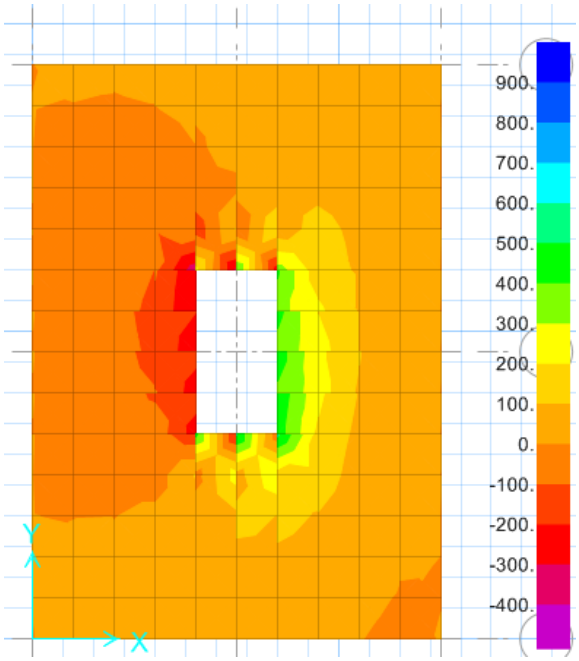


تصویر شماره ۴-۴- فشار خاک زیر فونداسیون COMB2

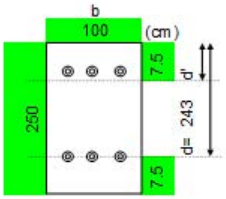
همانطور که از تصاویر شماره ۴-۱ تا ۴-۲ مشخص است، کمتر از نصف فونداسیون بلند شده و حداکثر فشار زیر فونداسیون در حالت زلزله (مقاومت نهایی خاک) حدود ۶/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



Foundatin Design(+)



Mumax= 450 t.m M>=Mmin

Mu_{design}=max(Mumax,1.2Mcr)= 450.000 t.m

$Mn=Mu_{design}/\phi=Mu_{design}/0.9$= 500 t.m

f'c= 240 kg/cm^2 ==> β_1= 0.85

Fy= 4000 kg/cm^2

$\rho_b=0.85\beta_1(f'c/fy)(6000/(6000+fy))$= 0.02601

$\rho_{max}=0.75\rho_b$= 0.019508

I=bh^3/12= 130208333 cm^4

S=I/(h/2)= 1041666.7 cm^3

m=fy/(0.85f'c)= 19.608

Kn=ρ_{max}fy(1-0.5ρ_{max}m)= 63.107 kg/cm^2

Mcr=2S(f'c)$^{0.5}$= 322.749 t.m

Mumin=1.2Mcr= 387.298 t.m

Mc=Knbd^2= 3711.072 t.m Mn<=Mc ==>No compressive bar is needed

As=(bd/m)(1-(1-2.35Mn/f'cbd^2)^0.5)= 52.601 cm2

As= 52.601 cm^2

A's= 0.000 cm^2

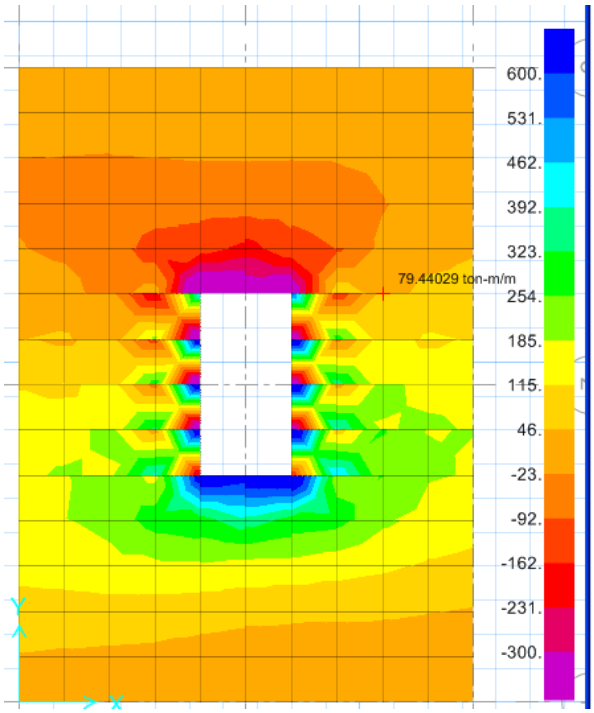
○ Define number of bars

◉ Define distance of bars

		No.		Size		Dis.				
Tensile bars:	use	1	Φ	32	@	20	cm	As= 40.212	cm^2	NOT OK
	use	1	Φ	25	@	20	cm	As= 24.544	cm^2	OK
								Ast= 64.756	cm^2	OK

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



Foundatin Design(+)

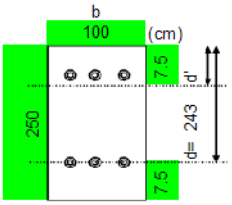
Mumax= 550 t.m **M>=Mmin**

Mu_{design}=max(Mumax,1.2Mcr)= 550.000 t.m

$Mn=Mu_{design}/\phi=Mu_{design}/0.9$= 611.1111 t.m

f'c= 240 kg/cm^2 ==>β_1= 0.85

Fy= 4000 kg/cm^2



$\rho_b=0.85\beta_1(f'c/fy)(6000/(6000+fy))$= 0.02601

$\rho_{max}=0.75\rho_b$= 0.019508

I=bh^3/12= 130208333 cm^4

S=I/(h/2)= 1041666.7 cm^3

m=fy/(0.85f'c)= 19.608

Kn=ρ_{max}fy(1-0.5ρ_{max}m)= 63.107 kg/cm^2

Mcr=2S(f'c)$^{0.5}$= 322.749 t.m

Mumin=1.2Mcr= 387.298 t.m

Mc=Knbd^2= 3711.072 t.m **Mn<=Mc ==>No compressive bar is needed**

As=(bd/m)(1-(1-2.35Mn/f'cbd^2)^0.5)= 64.610 cm2

As= 64.610 cm^2

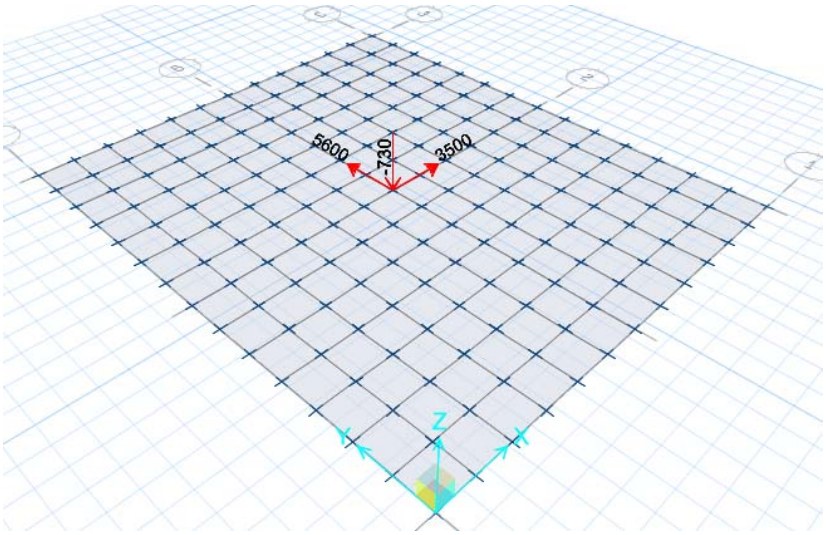
A's= 0.000 cm^2

○ Define number of bars

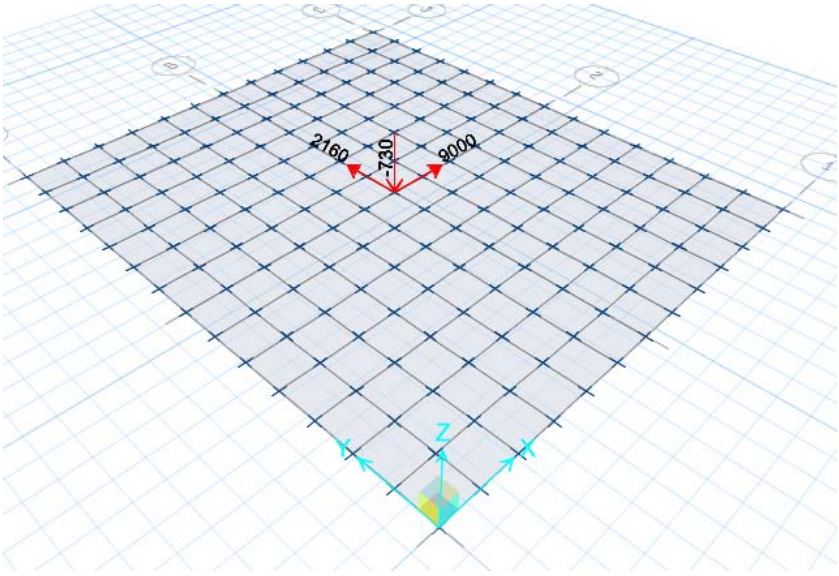
◉ Define distance of bars

		No.		Size		Dis.				
Tensile bars:	use	1	Φ	32	@	20	cm	As= 40.212	cm^2	NOT OK
	use	1	Φ	25	@	20	cm	As= 24.544	cm^2	OK
								Ast= 64.756	cm^2	OK

۴-۲-طراحی فونداسیون پایهP2 :

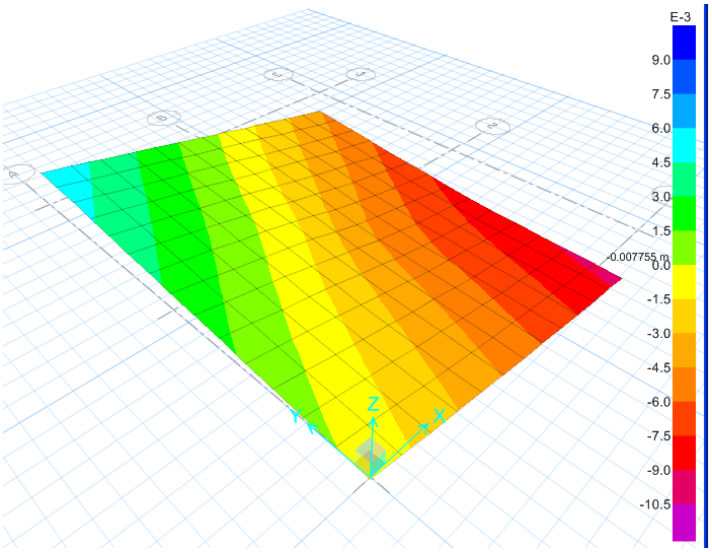


بارگذاری فونداسیون COMB1 P2

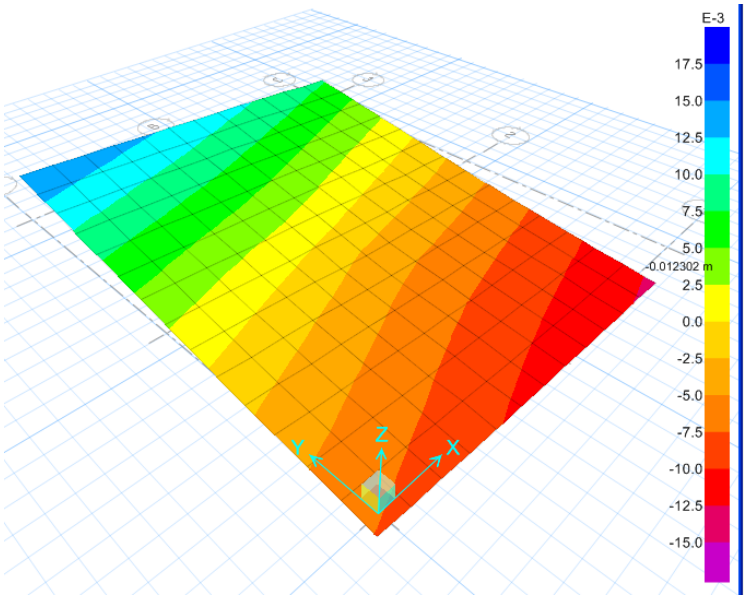


بارگذاری فونداسیون COMB2 P2

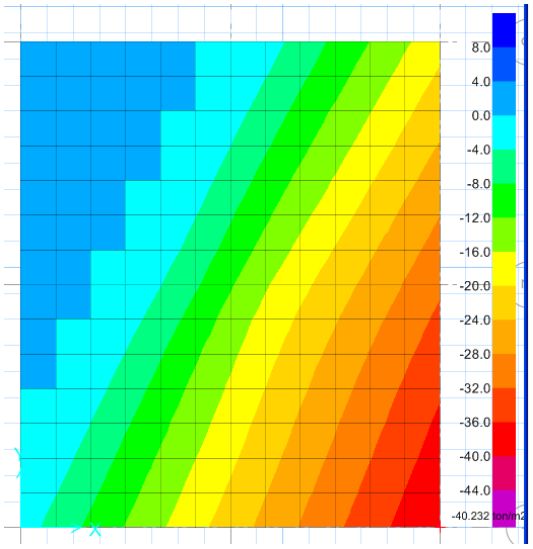
میزان تغییر شکل و تنش ایجاد شده زیر فونداسیون پایه‌ها بر اساس بارهای فوق در زیر نشان داده شده است:



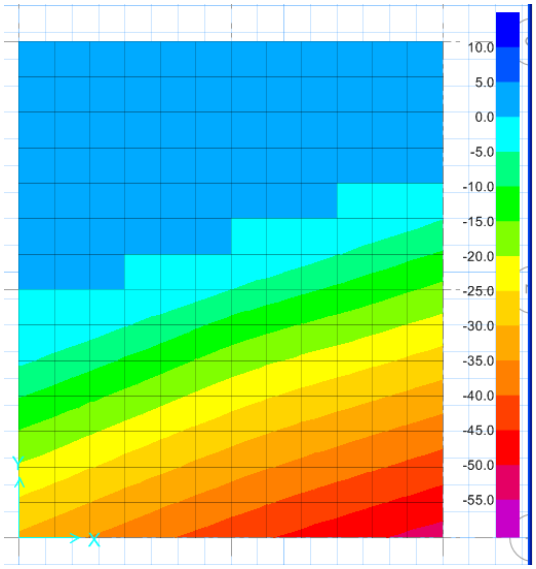
تصویر شماره ۴-۵- تغییر شکل فونداسیون COMB1



تصویر شماره ۴-۶- تغییر شکل فونداسیون COMB2



تصویر شماره ۴-۷- فشار خاک زیر فونداسیون COMB1

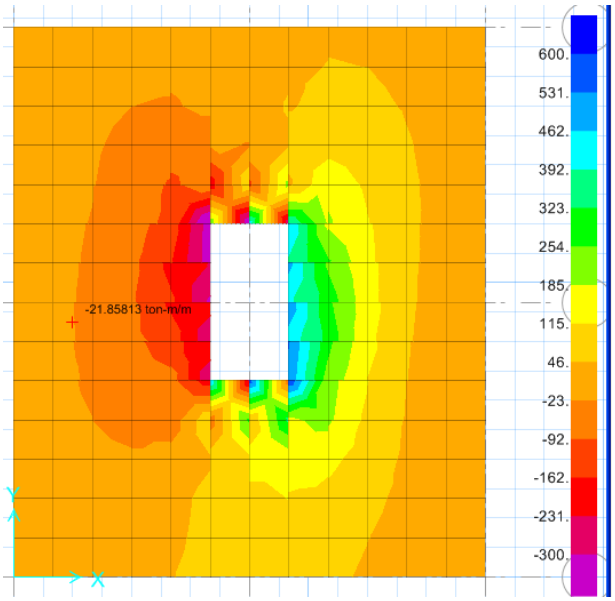


تصویر شماره ۴-۸- فشار خاک زیر فونداسیون COMB2

همانطور که از تصاویر شماره ۴-۵ تا ۴-۶ مشخص است، کمتر از نصف فونداسیون بلند شده و حداکثر فشار زیر فونداسیون در حالت زلزله (مقاومت نهایی خاک) حدود ۵/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



Foundatin Design(+)

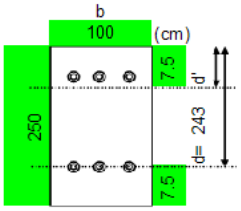
Mumax= 500 t.m M>=Mmin

Mu_{design}=max(Mumax,1.2Mcr)= 500.000 t.m

$Mn=Mu_{design}/\phi=Mu_{design}/0.9$= 555.5556 t.m

f'c= 240 kg/cm^2 ==>β_1= 0.85

Fy= 4000 kg/cm^2



$\rho_b=0.85\beta_1(f'c/fy)(6000/(6000+fy))$= 0.02601

$\rho_{max}=0.75\rho_b$= 0.019508

I=bh^3/12= 130208333 cm^4

S=I/(h/2)= 1041666.7 cm^3

m=fy/(0.85f'c)= 19.608

Kn=ρ_{max}fy(1-0.5ρ_{max}m)= 63.107 kg/cm^2

Mcr=2S(f'c)$^{0.5}$= 322.749 t.m

Mumin=1.2Mcr= 387.298 t.m

Mc=Knbd^2= 3711.072 t.m Mn<=Mc ==>No compressive bar is needed

As=(bd/m)(1-(1-2.35Mn/f'cbd^2)^0.5)= 58.590 cm2

As= 58.590 cm^2

A's= 0.000 cm^2

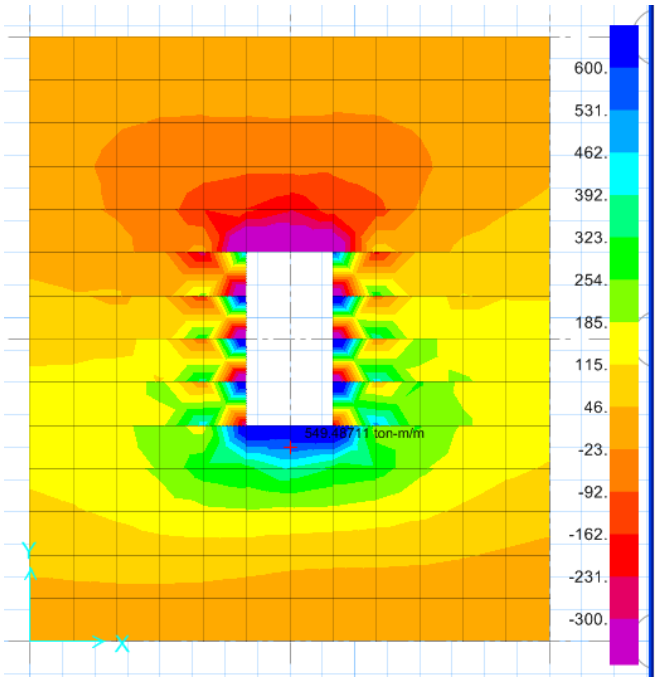
○ Define number of bars

◉ Define distance of bars

		No.		Size		Dis.				
Tensile bars:	use	1	Φ	32	@	20	cm	As= 40.212	cm^2	NOT OK
	use	1	Φ	25	@	20	cm	As= 24.544	cm^2	OK
								Ast= 64.756	cm^2	OK

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات



Foundatin Design(+)

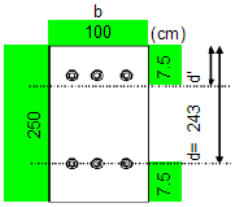
Mumax= 550 t.m — M>=Mmin

Mu_{design}=max(Mumax,1.2Mcr)= 550.000 t.m

$Mn=Mu_{design}/\phi=Mu_{design}/0.9$= 611.1111 t.m

f'c= 240 kg/cm^2 ==> β_1= 0.85

Fy= 4000 kg/cm^2



$\rho_b=0.85\beta_1(f'c/fy)(6000/(6000+fy))$= 0.02601

$\rho_{max}=0.75\rho_b$= 0.019508

I=bh^3/12= 130208333 cm^4

S=I/(h/2)= 1041666.7 cm^3

m=fy/(0.85f'c)= 19.608

Kn=ρ_{max}fy(1-0.5ρ_{max}m)= 63.107 kg/cm^2

Mcr=2S(f'c)$^{0.5}$= 322.749 t.m

Mumin=1.2Mcr= 387.298 t.m

Mc=Knbd^2= 3711.072 t.m — Mn<=Mc ==>No compressive bar is needed

As=(bd/m)(1-(1-2.35Mn/f'cbd^2)^0.5)= 64.610 cm2

As= 64.610 cm^2

A's= 0.000 cm^2

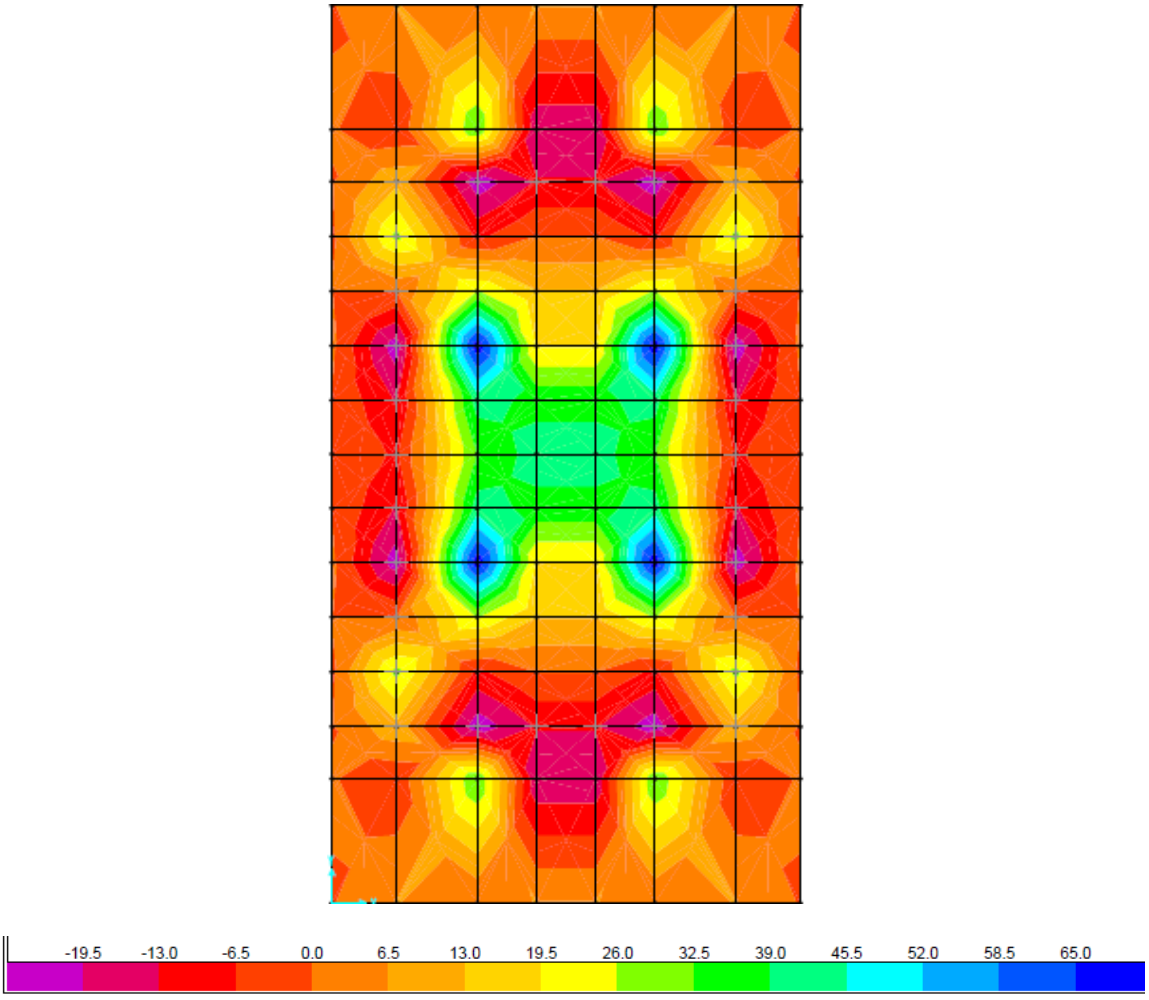
○ Define number of bars

◉ Define distance of bars

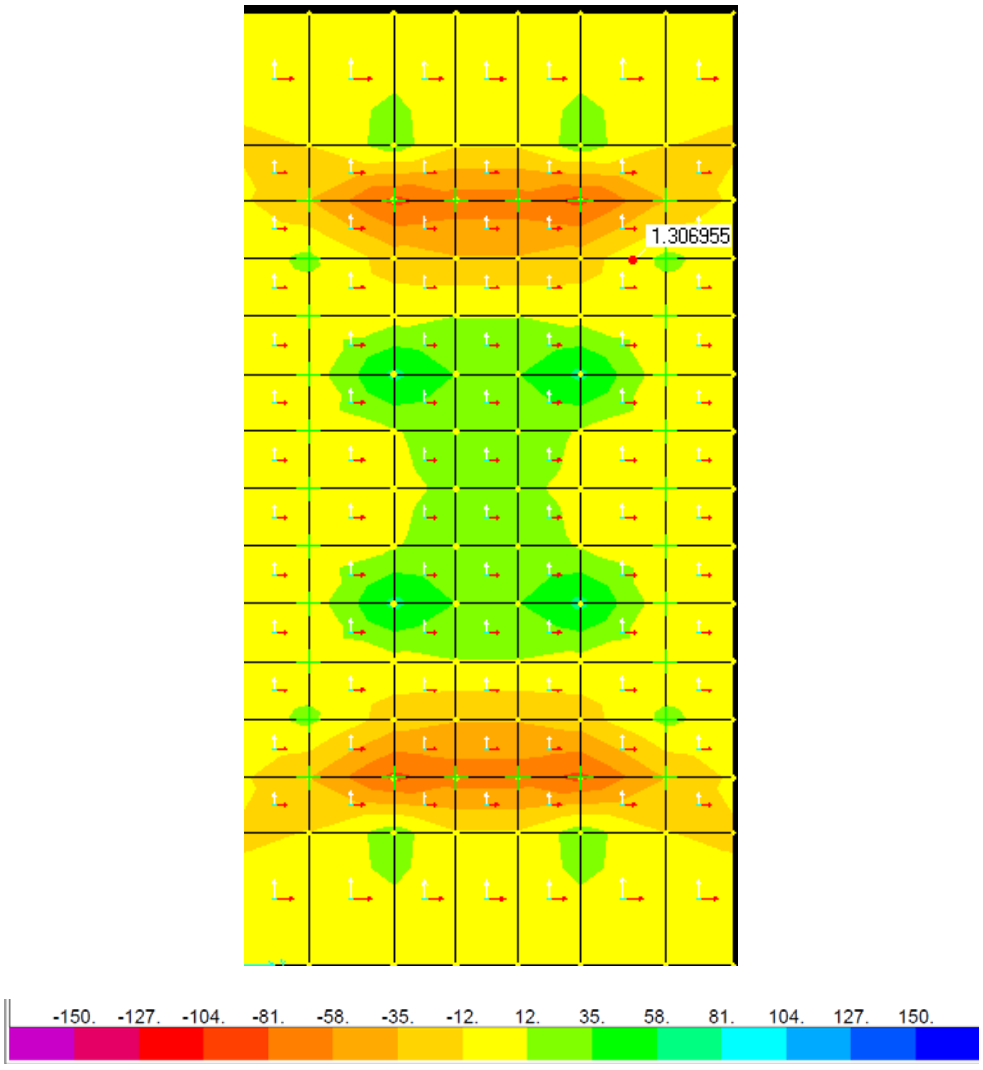
	No.		Size		Dis.				
Tensile bars:	use 1	Φ	32	@	20	cm	As= 40.212	cm^2	NOT OK
	use 1	Φ	25	@	20	cm	As= 24.544	cm^2	OK
							Ast= 64.756	cm^2	OK

۵-طراحی سرستون

لنگر طراحی سرستون براساس مدل shell که در چهار طرف برروی ستون نشسته است بدست می اید. در اشکال زیر دیاگرام های لنگر در دو جهت نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۰: لنگر M11 سرستون



شکل ۰-۲: لنگر M22 سرستون

با توجه به اشکال فوق ماکزیمم لنگر سرستون در دو جهت ۷۰ تن-متر می باشد، در نتیجه طراحی آرماتورهای خمشی در دو جهت بالا و پایین برای لنگر مذکور انجام شده است:

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Foundatin Design(+)

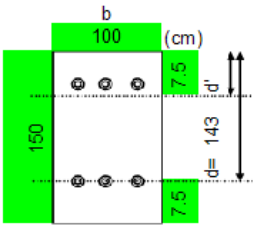
Mumax= 70 t.m — M<Mmin

Mu_{design}=max(Mumax,1.2Mcr)= 93.100 t.m — 1.33*Mu

Mn=Mu_{design}/ϕ=Mu_{design}/0.9= 103.4444 t.m

f'c= 240 kg/cm^2 ==>β_1= 0.85

Fy= 4000 kg/cm^2



ρ_b=0.85β_1(f'c/fy)(6000/(6000+fy))= 0.02601

ρ_{max}=0.75ρ_b= 0.019508

I=bh^3/12= 28125000 cm^4

S=I/(h/2)= 375000 cm^3

m=fy/(0.85f'c)= 19.608

Kn=ρ_{max}fy(1-0.5ρ_{max}m)= 63.107 kg/cm^2

Mcr=2S(f'c)$^{0.5}$= 116.190 t.m

Mumin=1.2Mcr= 139.427 t.m

Mc=Knbd^2= 1281.462 t.m — Mn<=Mc ==>No compressive bar is needed

As=(bd/m)(1-(1-2.35Mn/f'cbd^2)^0.5)= 18.357 cm2

As= 18.357 cm^2

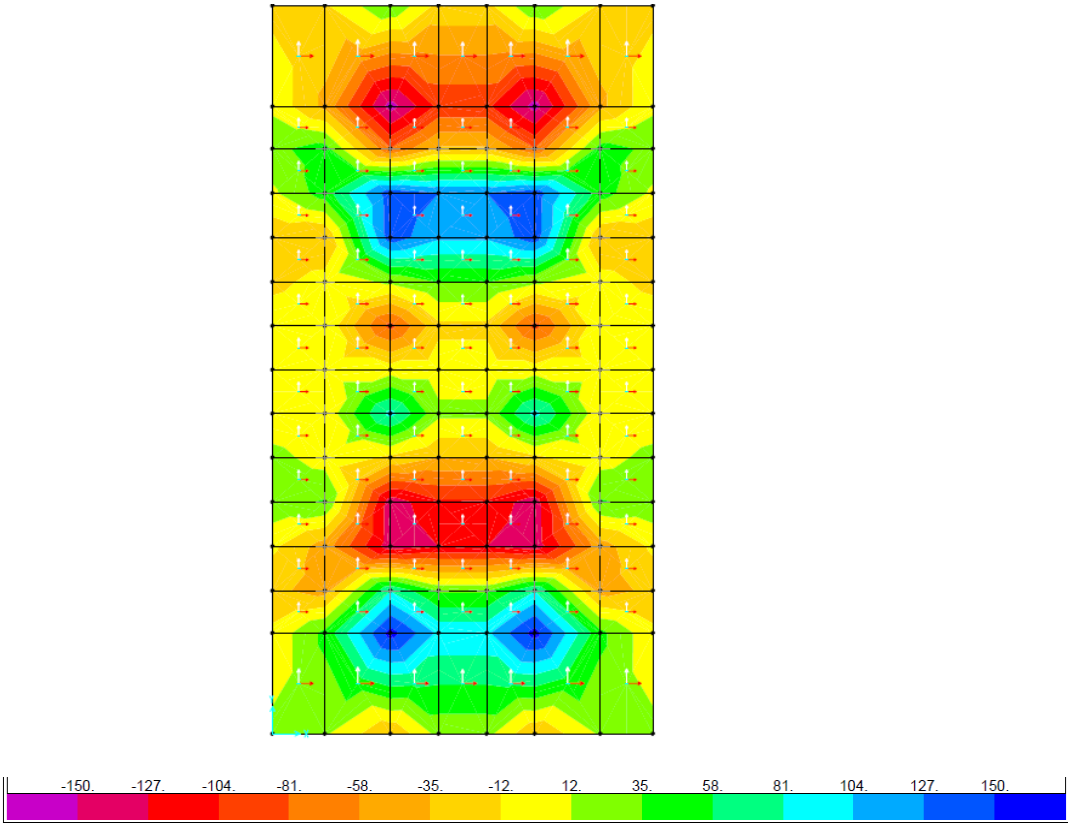
A's= 0.000 cm^2

○ Define number of bars

◉ Define distance of bars

		No.		Size		Dis.				
Tensile bars:	use	1	Φ	25	@	25	cm	As= 19.635	cm^2	OK
	use	0	Φ	25	@	25	cm	As= 0.000	cm^2	OK
								Ast= 19.635	cm^2	OK

محاسبات برش سرستون در بر تکیه گاه ها مطابق با شکل زیر به صورت زیر می باشد:



شکل ۰-۳: برش سرستون

V_u=140 Ton

V_n=V_u/0.85= 140/0.85=164/7 Ton

$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bd$ =115Ton < V_n

$V_s = V_n - V_c$ =49/7 Ton

S=25 cm,

Av=V_sS/f_yd= 2/18 cm^4

USE 2legΦ12

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

٦-طراحی نئوپرن

طراحی نئوپرن پایه های میانی:

Elastomeric Bearing Design (Method B)

P_{Dead}=	60	ton
P_{Live}=	50	ton
T_{max}=	20	
T_{min}=	-15	
α =	0.000011	mm/mm/c
L_e=	48	m

Total Reaction= 110 ton

Maximum Displacement on the Abutments (Service) :

ΔT = 35 Degrees

$\varepsilon_{temp} = \alpha \Delta T$ ⇒ ε_{temp}= 0.000385

$\varepsilon_{sh(28)}$=	0.0002	28 Days Shrinkage strain
$\varepsilon_{sh(year)}$=	0.0005	1 Year Shrinkage strain

ΔLt= 18.48 mm ⇒ for each side: 9.24 mm

from model: ΔLt= 7.6 mm

Assume: Girders Will be erected 28 days after precasting

ε_{sh}= 0.0003

$\Delta_{sh} = L_e \varepsilon_{sh}$

Δ_{sh} = 14.4 mm ⇒ for each side: 7.2 mm

from model: Δ_{sh} = 11.8 mm

Δ_s = 16.44 mm for each side

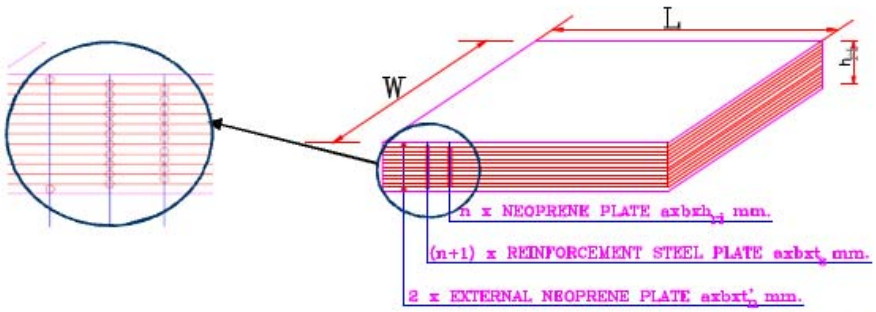
Bearing Thickness Determining :

$h_{rt} > 2\Delta_s$ ⇒ h_{rt}> 32.88 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

برای پایه ها از نئوپرن با مشخصات زیر استفاده می گردد:



DETAIL OF ELASTOMERIC BEARING

USE: Gumba Type 1
Dimentions are:

L=	300	mm	t'_s=	3	mm
W=	400	mm	t'_n=	2.5	mm
h_{ri}=	8	mm	n=	4	

h_{rt}= 37 mm OK

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Control of Stresses:

$$S=\frac{A}{P}=\frac{L\times W}{2\cdot h_n(L+W)}$$ Shape factor of one layer of a bearing

S= 10.71429

$$\begin{cases}\sigma_s<1.66G.S<11\ \text{Mpa}\\ \sigma_L<0.66G.S\end{cases}$$

σ_s : Average Compressive Stresses for Dead +Live Loads (Mpa)
σ_L : Average Compressive Stresses for Live Loads (Mpa)

Assume: G= 9.5~12 kg/cm^2 Shear modulus of elastomer
G= 10 kg/cm^2

$$\sigma_L=\frac{R_L}{L\cdot W}\le\frac{0.66G\times L\times W}{2h_n(L+W)}=0.66G.S$$

σ_L= 41.67 kg/cm^2
$(\sigma_L)_{Allowable}$= 70.71 kg/cm^2
$\Rightarrow$ $\sigma_L<(\sigma_L)_{Allowable}$ OK

σ_s= 91.67 kg/cm^2
$(\sigma_s)_{Allowable}$= 110.00 kg/cm^2
$\Rightarrow$ $\sigma_s<(\sigma_s)_{Allowable}$ OK

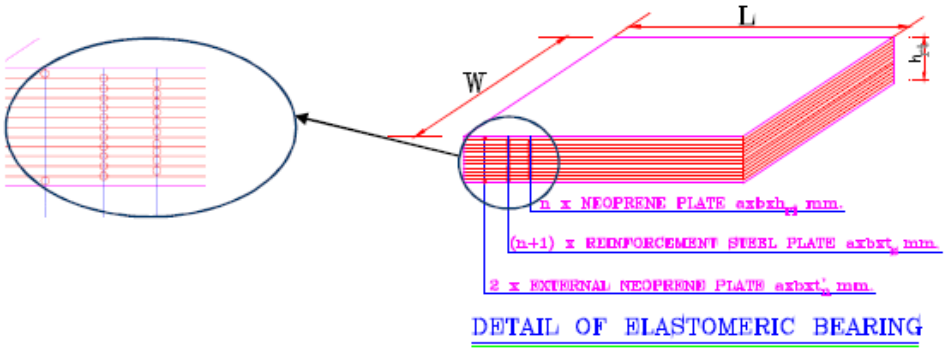
Then We Use:

Gumba Type 1 300x400x52 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Elastomeric Bearing Design (GUMBA Method)



DETAIL OF ELASTOMERIC BEARING

USE: Gumba Type 1

Dimentions are:

a=W=	400	mm	t'_s=	3	mm
b=L=	300	mm	t'_n=	2.5	mm
h_n=	8	mm	n=	4	

Eff. Thickness(T)= 37 mm

Thickness(d)= 52 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Allowable Displacement:

$\Delta_{allow} = W = (\tan\gamma).T$

$\tan\gamma = 0.7$ $\quad T \le 1/5a$

$\tan\gamma = 0.6$ $\quad T \le 1/3.33a$

$\Delta_{allow} = W =$ 25.9 mm

Min Allowable Stress:

Min Stress= 30 kg/cm^2

Max Allowable Stress:

Max Allowable Stress=

100 kg/cm^2	A<200x250 mm
125 kg/cm^2	200x250 mm≤A≤250x400 mm
150 kg/cm^2	A≥300x400 mm

Max Allowable Stress= 150 kg/cm^2

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Control of Displacements::

1) DL+LL+Temp +Shrinkage+Brake 140%

Temp:

T_{max}=	20	
T_{min}=	-15	
α =	1.1E-05	mm/mm/c
L_e=	48	m

Maximum Displacement on the Abutments (Service) :

ΔT = 35 Degrees

$\varepsilon_{temp}=\alpha \Delta T$

ε_{temp}= 0.00039

$\Delta_{temp} = L_e (\varepsilon_{temp})/2$ ⇨ Δ_{temp} = 9.24 mm for each side

Shrinkage:

$\varepsilon_{sh(28)}$=	0.0002	28 Days Shrinkage strain
$\varepsilon_{sh(year)}$=	0.0005	1 Year Shrinkage strain

Assume: Girders Will be erected 28 days after precasting

ε_{sh}= 0.0003

$\Delta_{sh} = L_e (\varepsilon_{sh})/2$ ⇨ Δ_{sh} = 7.2 mm for each side

Brake:

F_B= 116.686

for each neoperan F_B= 3.64688 ton

Δ_{Br} = 11.2445 mm

$\Delta=\Delta_{temp}+\Delta_{sh}+\Delta_{br}$= 27.68453 mm OK

2) DL+LL+Brake 125%

Δ_{Br} = 11.2445 mm OK

Control of Stresses:

P_{Dead} = 60 ton
P_{Live} = 50 ton

1)Control of Min Stress:

$\sigma_{DL}=P_{Dead}/A$ = 50.00 kg/cm^2
σ_{Min} = 30 kg/cm^2 ⇨ OK

2)Control of Max Stress:

$\sigma_{DL+LL}=P_{Dead+Live}/A$ = 91.67 kg/cm^2
σ_{Max} = 150 kg/cm^2 ⇨ OK

σ_{DL+LL} : Average Compressive Stresses for Dead +Live Loads (Mpa)
σ_{LL} : Average Compressive Stresses for Live Loads (Mpa)

Then We Use:

Gumba Type 1 400 x 300 x 52 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

طراحی نئوپرن روی کوله ها:

Elastomeric Bearing Design (Method B)

P_{Dead}= 60 ton
P_{Live}= 50 ton
T_{max}= 20
T_{min}= -15
α = 0.000011 mm/mm/c
L_e= 96 m

Total Reaction= 110 ton

Maximum Displacement on the Abutments (Service) :

ΔT = 35 Degrees

$\varepsilon_{temp}=\alpha\,\Delta T$ ⟹ ε_{temp}= 0.000385

$\varepsilon_{sh(28)}$= 0.0002 28 Days Shrinkage strain
$\varepsilon_{sh(year)}$= 0.0005 1 Year Shrinkage strain

ΔLt= 36.96 mm ⟹ for each side: 18.48 **mm**
from model: ΔLt= 15.5 mm
Assume: Girders Will be erected 28 days after precasting

ε_{sh}= 0.0003

$\Delta_{sh} = L_e\,\varepsilon_{sh}$

Δ_{sh} = 28.8 mm ⟹ for each side: 14.4 mm

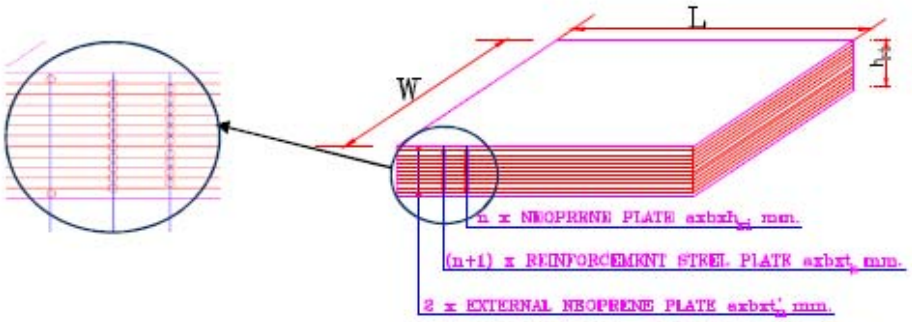
Δ_s = 29.9 mm for each side

Bearing Thickness Determining :

$h_{rt} > 2\Delta_s$ ⟹ h_{rt}> 59.8 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی
PROJECT TITEL:	نام پرژه:
COMPUTED BY: محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR	محاسبات

برای کوله ها از نئوپرن با مشخصات زیر استفاده می گردد:



DETAIL OF ELASTOMERIC BEARING

USE: Gumba Type 1
Dimentions are:

L=	300	mm	t'_s=	3	mm
W=	400	mm	t'_n=	2.5	mm
h_{ri}=	8	mm	n=	7	

h_n= 61 mm OK

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Control of Stresses:

$$S=\frac{A}{P}=\frac{L\times W}{2\cdot h_{ri}(L+W)}$$ Shape factor of one layer of a bearing

S= 10.71429

$$\begin{cases}\sigma_s<1.66G.S<11\ \text{Mpa}\\ \sigma_L<0.66G.S\end{cases}$$

σ_s : Average Compressive Stresses for Dead +Live Loads (Mpa)
σ_L : Average Compressive Stresses for Live Loads (Mpa)

Assume: G= 9.5~12 kg/cm^2
G= 10 kg/cm^2 Shear modulus of elastomer

$$\sigma_L=\frac{R_L}{L\cdot W}\le\frac{0.66G\times L\times W}{2h_{ri}(L+W)}=0.66G.S$$

σ_L= 41.67 kg/cm^2
$(\sigma_L)_{Allowable}$= 70.71 kg/cm^2
$\Rightarrow \sigma_L<(\sigma_L)_{Allowable}$ OK

σ_s= 91.67 kg/cm^2
$(\sigma_s)_{Allowable}$= 110.00 kg/cm^2
$\Rightarrow \sigma_s<(\sigma_s)_{Allowable}$ OK

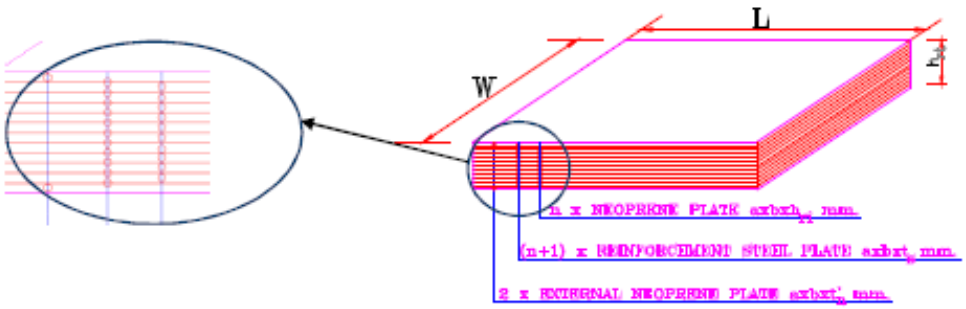
Then We Use:

Gumba Type 1 300x400x85 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Elastomeric Bearing Design (GUMBA Method)



DETAIL OF ELASTOMERIC BEARING

USE: Gumba Type 1

Dimentions are:

a=W=	400	mm	t'_s=	3	mm
b=L=	300	mm	t'_n=	2.5	mm
h_n=	8	mm	n=	7	

Eff. Thickness(T)=	61	mm
Thickness(d)=	85	mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Allowable Displacement:

$\Delta_{allow} = W = (\tan\gamma).T$

$\Rightarrow$ { $\tan\gamma = 0.7$, $T \le 1/5a$; $\tan\gamma = 0.6$, $T \le 1/3.33a$ }

$\Delta_{allow} = W =$ 42.7 mm

Min Allowable Stress:

Min Stress= 30 kg/cm^2

Max Allowable Stress:

Max Allowable Stress= { 100 kg/cm^2 A<200x250 mm ; 125 kg/cm^2 200x250 mm≤A≤250x400 mm ; 150 kg/cm^2 A≥300x400 mm }

Max Allowable Stress= 150 kg/cm^2

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشار هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	برگ محاسبات مهندسی

PROJECT TITEL:		نام پرژه:
COMPUTED BY:	محاسب:	موضوع: مطالعات مرحله دوم پل
CALCULATOR		محاسبات

Control of Displacements::

1) DL+LL+Temp +Shrinkage+Brake 140%

Temp:

T_{max}= 20
T_{min}= -15
α = 1.1E-05 mm/mm/c
L_e= 96 m

Maximum Displacement on the Abutments (Service) :

ΔT = 35 Degrees
$\varepsilon_{temp}=\alpha \Delta T$
ε_{temp}= 0.00039
Δ_{temp} = L_e (ε_{temp})/2 ⇨ Δ_{temp} = 18.48 mm for each side

Shrinkage:

$\varepsilon_{sh(28)}$= 0.0002 28 Days Shrinkage strain
$\varepsilon_{sh(year)}$= 0.0005 1 Year Shrinkage strain

Assume: Girders Will be erected 28 days after precasting

ε_{sh}= 0.0003
Δ_{sh} = L_e (ε_{sh})/2 ⇨ Δ_{sh} = 14.4 mm for each side

Brake:

F_B= 116.686

for each neoperan F_B= 3.64688 ton

Δ_{Br} = 18.5383 mm

$\Delta=\Delta_{temp}+\Delta_{sh}+\Delta_{br}$= 51.41828 mm OK

2) DL+LL+Brake 125%

Δ_{Br} = 18.5383 mm OK

Control of Stresses:

P_{Dead}= 60 ton
P_{Live}= 50 ton

1)Control of Min Stress:

$\sigma_{DL}=P_{Dead}/A$= 50.00 kg/cm^2
σ_{Min}= 30 kg/cm^2 ⇨ OK

2)Control of Max Stress:

$\sigma_{DL+LL}=P_{Dead+Live}/A$= 91.67 kg/cm^2
σ_{Max}= 150 kg/cm^2 ⇨ OK

σ_{DL+LL} : Average Compressive Stresses for Dead +Live Loads (Mpa)
σ_{LL} : Average Compressive Stresses for Live Loads (Mpa)

Then we use:

Gumba Type 1 400 x 300 x 85 mm

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**	محاسب :

Calculation

طراحی کوله

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

β = 90

γ = 1.9 t/m^3

H = 8.6 m

ϕ = 27

C = 0 t/m^2 — Soil propetise in backwall

ϕ' = 27

C' = 0 t/m^2 — Soil propetise in forward

δ = 18

A = 0.37

K_h = 0.185

K_v = 0

α = 0

q = 3.2 t/m^2

unit wight of conc = 2.5 t/m^3

$K_0 = 1 - \sin\varphi = 0.546$

Lateral Earth Pressure

Rankine Active Earth Pressure Theory

$$K_a = \tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right) = 0.38$$

$$\sigma_a = \gamma H K_a - 2c\sqrt{K_a} = 6.136$$

$\alpha_P = \alpha$ = 0 resultant force angle with horizontal

Lateral Earth Pressure (stem only)

$$\sigma_a = \gamma H K_a - 2c\sqrt{K_a} = 5.066$$

$\alpha_P = \alpha$ = 0 resultant force angle with horizontal

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه :** پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد
موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**	محاسب :

Calculation

Lateral Earth Pressure

Rankine Passive Earth Pressure Theory

$$K_p = \tan^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right) = 2.66$$

$$\sigma_p = \gamma H K_p + 2 c \sqrt{K_p} = 43.51$$

Lateral Surcharge Pressure

Rankine Active Earth Pressure Theory

$$K_a = \tan^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right) = 0.38$$

$$\sigma_{sur} = K_a q = 1.20168$$

Seismic Pressure

Dynamic + static force (Mononobe - Okabe equation)

$$\theta' = \text{Arc tg}\left(\frac{Kh}{1 - K v}\right) = \text{Arc tg}\left(\frac{0.185}{1 - 0}\right) = 10.48$$

$$K_{ae} = \frac{\sin^2(\beta + \phi - \theta')}{\cos(\theta')\sin^2(\beta)\sin(\beta - \theta' - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \theta' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta - \theta')\sin(\alpha + \beta)}}\right]\text{^}2}$$

$K_{ae} = 0.49$

$$P_{ae} = \frac{1}{2} K_{ae} \gamma H \text{^} 2 (1 - k_v) = \mathbf{34.19}\ \mathbf{ton}$$

Static - only force (Coulomb equation)

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi)}{\sin^2(\beta)\sin(\beta - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]\text{^}2}$$

$K_a = 0.33$

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H \text{^} 2 = 23.5\ \text{ton}$$

Net dynamic force

$\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a =$ 34.2 - 23.47 = 10.73 ton

$\alpha p =$ 90 - β + $\delta \rightarrow \alpha p =$ 18 resultant force angle with horizontal

To arrive at the pressure distribution illustrated above used to determine stem moments apply inverted triangular pressure plus a uniform portion to bring resultant to 0.6H

$$\sigma_{e_top} = \frac{8}{5}\frac{\Delta P_{ae}}{H} = 2 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{e_bot} = \frac{2}{5}\frac{\Delta P_{ae}}{H} = 0.5 \text{ ton/m}^2$$

Manually Specified Lateral Stem Pressure (EQ of wall)

$$C = \frac{A \quad B \quad I}{R} = 0.611$$

W = 1.5 x 2.5 = 3.75 ton/m

C.W = 2.29 ton/m

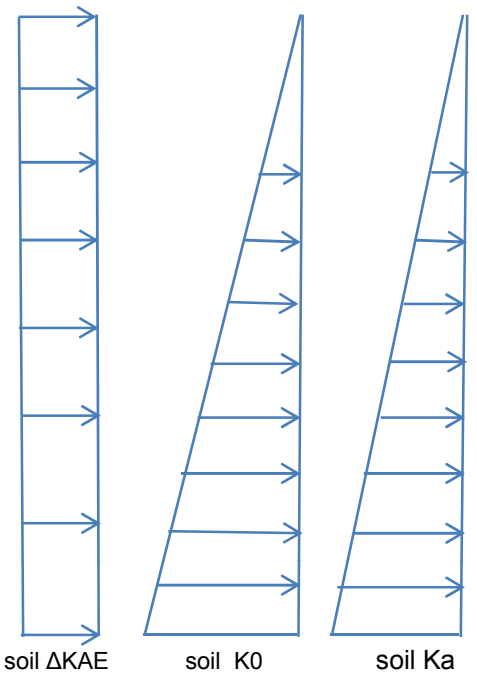
P eq = 11.4 ton

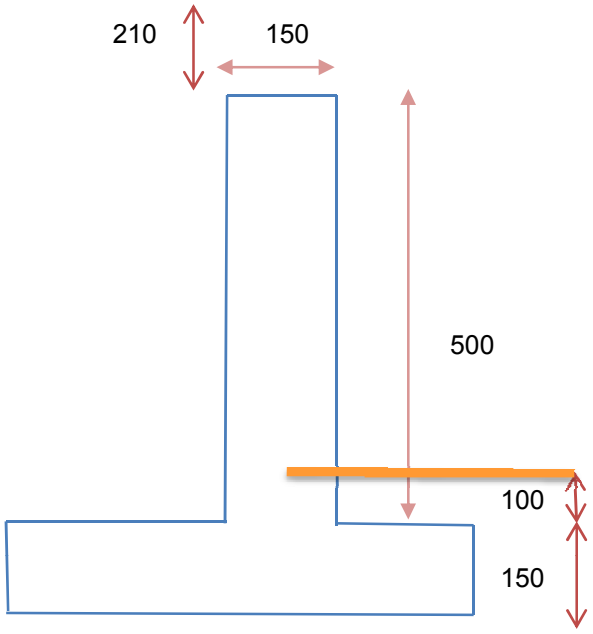
Friction

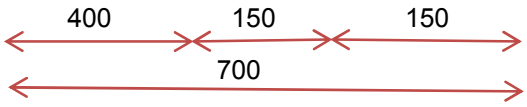
$F = \mu R \rightarrow F =$ 61.64 ton/m

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation







soil K0	=	γ H	K0	=	8.92	t/m^2
soil Keq	=	γ H	ΔKAE	=	2.49	t/m^2
soil Ka	=	γ H	Ka	=	6.14	t/m^2
soil Kae	=	γ H	Kae	=	7.95	t/m^2
soil Kp	=	γ H	Kp	=	12.65	t/m^2

h (backwall) =	210	cm
b (backwall) =	40	cm
h (shear key) =	0	cm
b (shear key) =	560	cm

W_{dead} = 38.00 ton

W_{Live} = 32.00 ton

$$C = \frac{A\ B\ I}{R} = 0.61$$

w_{road} = 5.6 m

L_B = 24 m

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

Stability Checks [1.0D + 1.0H + 1.0E]

Active Force & Moment			
Type of Force	M (t.m)	L (m)	F (ton)
Soil K0	615.87	2.87	214.84
Soil Ka	423.57	2.87	147.76
Soil Keq	516.66	4.30	120.15
Feqw(super st.)	844.44	6.50	129.91
Feq(Wall)	256.41	4.00	64.10
Feq(Backwall)	54.21	7.55	7.18
Feq(Foundation)	67.31	0.75	89.74
Flf (Breaking)	390.00	6.50	60.00
Sumation	3168.46		833.69

Resisting Force & Moments			
Type of Force	M (t.m)	L (m)	F (ton)
Wdead(super st.)	478.80	2.25	212.80
Wlive(super st.)	403.20	2.25	179.20
Wdead(backwall)	0.38	3.20	0.12
Wdead(wall)	236.25	2.25	105.00
Wdead(foundation)	514.50	3.50	147.00
Wdead(shear key)	0.00	9.80	0.00
Wsoil (on heel)	1830.08	5.00	366.02
Wsoil (on toe)	11.97	0.75	15.96
Live surcharge	358.40	5.00	71.68
Wsoil (passive)	147.57	1.67	88.54
Friction	0.00	0.00	345.21
Sumation	3981.15		1531.53

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

Sliding Check

$$F.S = \frac{0.5 \times 1280.65}{214.84} = 2.98 > 1.5$$ O.K. ← Comb1: (Dead+Soil)

$$F.S = \frac{0.5 \times 1531.53}{274.84} = 2.79 > 1.5$$ O.K. ← Comb2: (Dead+Soil+Live)

$$F.S = \frac{0.5 \times 1280.65}{558.85} = 1.15 > 1.1$$ O.K. ← Comb3: (Dead+EQ)

Overturning Check

$$F.S = \frac{3219.55}{615.87} = 5.23 > 2$$ O.K. ← Comb1: (Dead+Soil)

$$F.S = \frac{3981.15}{1005.87} = 3.96 > 2$$ O.K. ← Comb2: (Dead+Soil+Live)

$$F.S = \frac{3577.95}{2162.60} = 1.65 > 1.5$$ O.K. ← Comb3: (Dead+EQ)

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

Capacity Ratio of Foundation

γ_{soil} = 1.9 t/m^3

Df = 2.5 m

M_x = 2163 ton.m

M_y = 1222 ton.m

P = 847 ton

C = 0 kg/cm^2

Φ = 27

μ = 0.35

Es = 500 kg/cm^2

B = 7.00 m

L = 5.60 m

H = 150 m

$eb = \frac{Mx}{P} =$ 2.55 m

$e_l = \frac{My}{P} =$ 1.44 m

B* = B - 2 eb = 1.89 m

L* = L - 2 el = 2.713 m

$\frac{eb}{B} = \frac{2.55}{7} =$ 0.365 > 0.17

$\frac{el}{L} = \frac{1.44}{5.6} =$ 0.258 > 0.17

B1 = 0.7 m , B2 = 1.96 m ←According to Braja.M.Das graph 13.3

$A' = \frac{1}{2}(B1 + B2)\,L \rightarrow A' = 7.448$ m^2

L' = L → L' = 5.6 m

$B' = \frac{A'}{L'} \rightarrow$ B' = 1.33 m

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

$N_q = e^{\pi\ tg\Phi}\ tg^2\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right) = 13.20$

$N_c = (N_q - 1) / \tan\Phi = 23.94$

$N_\gamma = 2(N_q + 1) \times \tan\Phi = 14.47$

ضرایب ظرفیت باربری
(بر اساس روابط وسیک ۱۹۷۳)

$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \times \left(\frac{Nq}{Nc}\right) = 1.131$

$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \times (tg\Phi) = 1.121$

$F_{\gamma s} = 1 - \left(\frac{B'}{L'}\right) \times 0.40 = 0.905$

ضرایب شکل
(بر اساس روابط دی بر-۱۹۷۰)

$\frac{D_f}{B} = 0.36 < 1$ O.K.

$F_{cd} = 1 + \left(\frac{Df}{B}\right) \times 0.40 = 1.14$

$F_{qd} = 1 + 2 \times (tg\Phi) \times (1 - \sin\Phi)^2 \times \left(\frac{Df}{B}\right) =$

$F_{qd} = 1.11$

$F_{\gamma d} = 1$

ضرایب عمق
(بر اساس روابط هنسن-۱۹۷۰)

$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right)^2 = 1.00$

$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\alpha}{\Phi}\right)^2 = 1.00$

ضرایب شیب
(بر اساس روابط هنسن-۱۹۷۰)

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + qNq.Fq_s.Fqd.Fq_i + \frac{1}{2}\gamma B'.N\gamma.F\gamma_s.F\gamma_d.F\gamma_i$$

$q = 1.9 \times 2.5 = 4.75$

$q'u = 101.46$

$q_{(all)} = \frac{q'u}{f.s.} = \frac{101.46}{3} = 33.82\ t/m^2 = 3.38\ kg/cm^2$

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

Loading of Foundation

R = 1

Force & Moment From Soil & EQ			
Type of Force	M (t.m)	L (m)	F (ton)
Soil K0	615.87	2.87	214.84
Soil Ka	423.57	2.87	147.76
Soil Keq	516.66	4.30	120.15
Feqw(super st.)	1688.89	6.50	259.83
Feq(Wall)	512.82	4.00	128.21
Feq(Backwall)	108.41	7.55	14.36
Feq(Foundation)	134.62	0.75	179.49
Flf (Breaking)	390.00	6.50	60.00
Sumation	4390.83		1124.63

Force & Moments From Dead & Live Load			
Type of Force	M (t.m)	L (m)	F (ton)
Wdead(super st.)	266.00	1.25	212.80
Wlive(super st.)	224.00	1.25	179.20
Wdead(backwall)	0.21	1.80	0.12
Wdead(wall)	131.25	1.25	105.00
Wdead(foundation)	514.50	3.50	147.00
Wdead(shear key)	0.00	0.70	0.00
Wsoil (on heel)	-549.02	-1.50	366.02
Wsoil (on toe)	43.89	2.75	15.96
Live surcharge	-107.52	-1.50	71.68
Sumation	523.31		1097.77

Foundation propertise			
Type of Force	A $(m)^2$	Sx $(m)^3$	Sy $(m)^3$
Wdead(super st.)	39.20	45.73	36.59

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**	محاسب :

Calculation

$$\sigma_x = \frac{P}{A} + \frac{Mx}{Sx} + \frac{My}{Sy} = \frac{846.89}{39.20} + \frac{4015.8}{45.73} + \frac{2444.73 \times 0.3}{36.59} = 129.46 \text{ ton/m2}$$

97.09 < 101.5 O.K.

$$\sigma_y = \frac{P}{A} + \frac{Mx}{Sx} + \frac{My}{Sy} = \frac{846.89}{39.20} + \frac{2444.73}{36.59} + \frac{4015.8 \times 0.3}{45.73} = 114.77 \text{ ton/m2}$$

86.08 < 101.5 O.K.

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**	محاسب :

Calculation

Design of Wall

Force & Moment on Wall			
Type of Force	M (t.m)	L (m)	F (ton)
Soil K0	52.43	1.37	38.36
Soil Ka	36.06	1.37	26.39
Soil Keq	60.08	2.80	21.46
Feq(Wall)	28.62	2.50	11.45
Feq(Backwall)	43.44	6.05	7.18
Sumation	220.62		104.83

$Mu = 189.8$ ton.m

$f'c = 240$ kg/cm^2

$fy = 4000$ kg/cm^2 , $b = 100$ cm , $h = 150$ cm , $d = 140$ cm

$$\rho = 0.85\frac{f'c}{fy}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35\frac{M_u}{f'c\ b\ d^2}\right)}\right] =$$

$$\rho = 0.85 * \frac{240}{4000}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35 * \frac{189.806 * 10^5}{240 * 100 * 140^2}\right)}\right] = 0.002478$$

$$A_S = 0.002478175 * 100 * 140 = 34.69 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \min\begin{cases} 1.33\ A_S = 46.14 \text{ cm}^2 \\ \frac{14}{fy} b.\ d = \frac{14}{4000} * 100 * 140 = 49 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$A_{smin} = 46.14$ cm^2

$A_S = 46.14$ cm^2 **USE Φ25@10 cm**

Reinforcment for Front Face of Wall

$A_{S,min} = 0.002 * b * h = 0.002 * 100 * 150 = 30$ cm^2

$A_S = 20$ cm^2

آرماتور نیمه فوقانی پشت دیوار کوله : **USE Φ25@20 cm**

$A_S = 10$ cm^2

آرماتور طولی جلوی کوله : **USE Φ16@20 cm**

HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
محاسب :	موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**

Calculation

Design of Heel

Mu = 133.8 ton.m

f'c = 240 kg/cm^2

fy = 4000 kg/cm^2 , b = 100 cm , h = 150 cm , d = 140 cm

$$\rho = 0.85\frac{f'c}{fy}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35\frac{M_u}{f'c\ b\ d^2}\right)}\right] =$$

$$\rho = 0.85 * \frac{240}{4000}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35 * \frac{133.82 * 10^5}{240 * 100 * 140^2}\right)}\right] = 0.001734$$

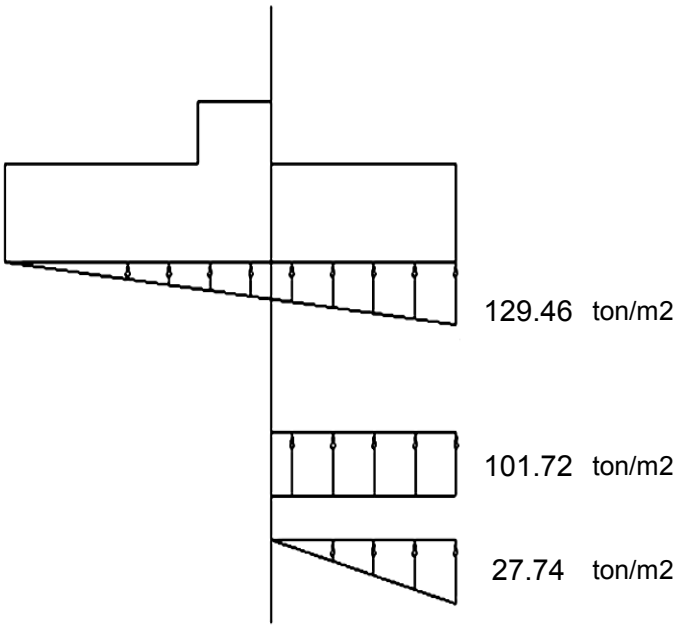
A_S = 0.00173424 * 100 * 140 = 24.28 cm^2

A_{smin} = min { 1.33 A_S = 32.29 cm^2 ; $\frac{14}{fy}$ b. d = $\frac{14}{4000}$ * 100 * 140 = 49 cm^2 }

A_{smin} = 32.29 cm^2

A_S = 32.29 cm^2 **USE Φ16@20 cm + USE Φ25@20 cm**

Design of Toe



HARAZ RAH Consulting Engineers	مهندسین مشاور هراز راه
ENGINEERING COMPUTATION SHEET	
PROJECT TITLE:	**نام پروژه : پل کیلومتر ۵۶۰+۷۴ راه آهن درود-خرم آباد**
موضوع : **طراحی دیوار کوله A۱ و A۲**	محاسب :

Calculation

Mu = 126.8 ton.m

f'c = 240 kg/cm^2

fy = 4000 kg/cm^2 , b = 100 cm , h = 150 cm , d = 140 cm

$$\rho = 0.85\frac{f'c}{fy}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35\frac{M_u}{f'c\ b\ d^2}\right)}\right] =$$

$$\rho = 0.85 * \frac{240}{4000}\left[1 - \sqrt{\left(1 - 2.35 * \frac{126.773 * 10^5}{240 * 100 * 140^2}\right)}\right] = 0.001641$$

$$A_S = 0.001641398 * 100 * 140 = 22.98\ cm^2$$

$$A_{smin} = \min\begin{cases} 1.33\ A_S = 30.56\ cm^2 \\ \frac{14}{fy} b.\ d = \frac{14}{4000} * 100 * 140 = 49\ cm^2 \end{cases}$$

$A_{smin} = 30.56\ cm^2$

A_S = 30.56 cm^2	**USE Φ16@20 cm**	**+**	**USE Φ25@20 cm**