به نام خدا

۳۰۷) مراحل طراحی پی در SAFE

تاریخ نشر: ۱۳۹۱/۱۰/۱

۱) پیشگفتار

-

در این یادداشت، مراحل طراحی پی آمده است.

این یادداشت، شالودهٔ انواع ساختمان‌های فولادی و بتنی را شامل می‌شود.

در این یادداشت، پی‌های منفرد، نواری (مشبک) و گسترده مورد بررسی قرار می‌گیرند.

-

یادت باشد:

زیاد عجله نکن!

به خوبی این متن را بخوان. ابتدا یادآوری، سپس بپرداز به طراحی!

-

نرم‌افزار مورد استفاده: SAFE 12.3.0

-

- - - - -

۲) مراحل طراحی پی

-

۱) خروجی گرفتن از ایتبز

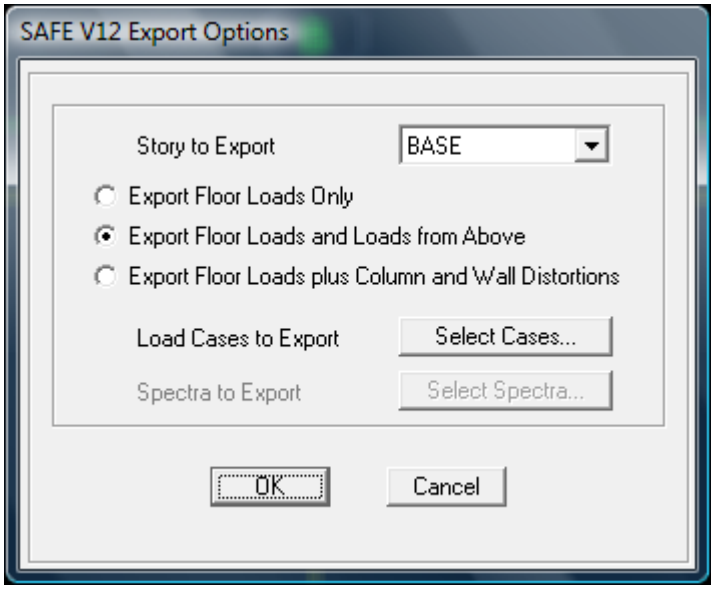
-

می‌گویند بهتر است قبل از خروجی گرفتن، شمارهٔ اعضاء را مرتب کنیم.

ما نیز اطاعت می‌کنیم!

-

از منوی $File$ گزینه $Export$ را می‌زنیم. آنگاه:



-

روی دکمه $Select\ Case$ کلیک کرده و الگوهای بار زلزله و مرده و زنده را انتخاب می‌کنیم. $MASS$ را انتخاب نمی‌کنیم.

-

تحقیق؟؟؟

اگر قبل از خروجی گرفتن، دیوار برشی را تقسیم‌بندی کنیم که در پایه، تنها دو نقطه اتکا وجود نداشته باشد، فرق ش (دقت ش) با مثلاً شش تقسیم شود چه میزان است؟

-

گزینه اول بدرد طراحی سقف در $SAFE$ می‌خورد!

-

گزینه سوم در مقایسه با گزینه دوم برای طراحی سقف دال است و چگونگی انتقال نیروی جانبی آنها(زلزله و باد). به اینترنت رجوع شود.

با احتیاط، فعلاً از گزینه دوم استفاده می‌کنیم!

؟؟؟

-

- - - - -

۲) ورود داده

نرم‌افزار SAFE را باز می‌کنیم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

File > Import > SAFE. F2K File ...

آدرس فایل تولید شده در برنامهٔ ETABS را معرفی می‌کنیم.

-

این چیزها وارد $SAFE$ می‌شود:

- خطوط شبکه ($Grid\ Line$)
- «عناصر نقطه‌ای» محل ستون‌ها و دیوارهای برشی (یا همان $Point\ Object$ ها)
- دیوار برشی (به صورت $3D$) به صورت «تیر عمیق»
- الگوهای بار استاتیکی
- بارهای نقطه‌ای هر یک از الگوهای بار استاتیکی
- اندازه بار (ابعاد ستون) برای کنترل برش منگنه‌ای (فقط برای ستون‌های بتنی)
- ترکیب‌های بار

-

هر ترکیب‌باری در مدل $ETABS$ که شامل یک یا چند تا از ترکیب‌بار دیگر شود، به $SAFE$ منتقل نمی‌شوند. تنها ترکیب‌بارهایی که مستقیماً از «حالت‌های بار» تولید شوند منتقل می‌گردند.

-

نکته:

در صورت انتقال مدل به ویرایش دوازدهم، امکان ارسال نتایج تحلیل طیفی نیز وجود دارد. (باجی؛ صفحه ۳۰۶)

-

تحقیق شود؟؟؟

شاید لازم باشد تا ارتفاع طبقه را برابر صفر کنی.

-

نکته

اگر در مدل سازه‌ای، دیوار برشی داشته باشیم، به صورت دیوار به $SAFE$ منتقل نمی‌شود. و در واقع هیچ «بار دیواری» نخواهیم داشت. بلکه به صورت تکیه‌گاه‌های نقطه‌ای خواهند بود. نقاطی که هرکدام دارای بارهای خودشان هستند.

-

گره‌های زیر دیوار برشی هنگام ورود به $SAFE$ «اندازه بار» ندارند.

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

تحقیق شود؟؟؟

تأثیر مدل وارد شده، تیر عمیق به جای دیوار برشی، چه شباهتی با عنصر سخت دارد.

-

هنگام انتقال، بار قائم، و اگر گیردار باشد، لنگرهای خمشی انتقال می‌یابد. عکس‌العمل افقی در تکیه‌گاه به $SAFE$ انتقال نمی‌یابد.

-

- - - - -

۳) نمونه مصالح و آیین‌نامه و نرم‌افزار

-

می‌شود از مقادیر جدول زیر مدد گرفت.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای استاندارد	$\boldsymbol{f'_c = 21\ Mpa}$
ضریب ارتجاعی بتن (بر اساس رابطه مبحث ۹)	$E_c = 5000\sqrt{f'_c} = 23000\ N/mm^2$
ضریب ارتجاعی میلگرد	$E_s = 200\ 000\ N/mm^2$
تنش تسلیم میلگرد خمشی	$f_y = 400\ Mpa$
تنش تسلیم میلگرد برشی	$f_y = 300\ Mpa$
ضریب پواسون	0.2
آیین‌نامه طراحی	$ACI318 - 2008$
تنش مجاز خاک (مقاومت مجاز خاک)	$q_a = 150\ kN/m^2 = 1.5kg/cm^2$
ضریب بستر خاک	$k_s = 1.8kg/cm^3$
نرم افزار طراحی سازه	$ETABS$ 9.7.4
نرم افزار طراحی شالوده	$SAFE$ 12.3.0

-

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

۹-۱۰-۷-۵

فقط بتن‌های رده $C20$ و بالاتر را می‌توان به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفت.

-

حداقل ضخامت پی برای $250\ mm$ است.

-

تحقیق شود؟؟؟

اثر ضریب الاستیسیته بتن چقدر است؟

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

۴) معرفی بتن

بتن را معرفی می‌کنیم.

$f'_c = 21\ N/mm^2$
$Poisson's\ Ratio = 0.2$
$E_c = 23000\ N/mm^2 \approx 5000\sqrt{21}$
$W_c = 25.0\ kN/m^3$

اسم بتن را تغییر می‌دهیم:

C21

- - - - -

۵) معرفی میلگرد

میلگرد را معرفی می‌کنیم. با فولاد اشتباه نگیری!

فکر می‌کنم میلگرد طولی را باید معرفی کنیم. که البته فکر درستیه!

میلگرد طولی اگر AIII باشد، اینطور باید معرفی شود:

کمترین تنش تسلیم F_y:

$F_y = 400\ N/mm^2$

ضریب الاستیسیته:

$E = 200\ 000\ N/mm^2$

اما.

یه نمونه خود برنامه دارد که همان عددهای مطلوب ما را دارد: $CSA - G30.18Gr400$

همین را انتخاب می‌کنیم و نامش را تغییر می‌دهیم:

AIII

حالا اگر AII باشد، این مشخصات را می‌دهیم:

$Minimun\ Yield\ stress, F_y = 300\ N/mm^2$
$Minimun\ Tensile\ stress, F_u = 400\ N/mm^2$

و نامش را می‌گذاریم:

AII

-

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

۶) معرفی عنصر سطح - شالوده

نام‌اش را بطور مثال به $F - 600$ تغییر دهیم. آن عدد به خاطر ضخامت (Thickness) شالوده است.

هنگام پی نواری دوطرفه، نوع‌اش را از SLAB به FOOTING تغییر می‌دهیم.

در صورت پی گسترده، نوع‌اش را به MAT تغییر می‌دهیم.

-

دو نوع پی Mat و $Footing$ از لحاظ تحلیل و طراحی تفاوتی ندارند و تنها در بخش ترسیم جزئیات تاثیرگذار هستند. (باجی، صفحه ۹۰)

-

در نمونه‌هایی، هیچ تفاوتی بین نوع المان‌های اختصاص یافته در عملیات طراحی ندیدم.

-

اگر ضخامت‌های قسمت‌های مختلف پی یکسان نیست، بهتر است در هنگام رسم معرفی شود.

-

- - - - -

۷) معرفی عنصر سطح - سخت

-

یه کپی از تعریف قبلی می‌گیریم. نام‌اش را می‌گذاریم: $STIFF$. (که ستون و دیوار برشی را شامل شود.)

بعد $Type$ اش را عوض می‌کنیم به $Stiff$.

-

تحقیق شود؟؟؟

در مورد ضخامت‌اش که آیا باید همان قبلی باشد یا ۵ برابرش کنیم.

به نظر من کار درستی است.

-

در سازه‌های فولادی اندازه صفحه ستون نشان دهندهٔ سطح توزیع بار است. (باجی ۱۰۷)

-

در انتقال از $ETABS$ به $SAFE$ در سازه بتنی، ابعاد ستون طبقه اول به عنوان محدودهٔ پخش بار برای برش منگنه‌ای خواهد بود.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

در سازه فولادی، «اندازه بار» باید به صورت دستی توسط کاربر به برنامه معرفی شود.

-

معمولاً در سازه‌های فولادی ابعاد ستون‌ها کم است و عدم معرفی این ناحیه تاثیر قابل توجهی در نتایج تحلیل و طراحی ندارد. اما در سازه‌های بتنی وجود این ناحیه با توجه به ابعاد قابل توجه ستون‌ها تاثیرگذار است. / ضخامت ناحیه مشترک ستون و پی معمولاً پنج برابر ضخامت عادی پی معرفی شود. (باجی، صفحه ۸۵)

-

در سازه‌های فولادی، از اثر سختی محل اشتراک ستون پی می‌شود صرفنظر کرد. (باجی، ۱۰۵)

-

عدم معرفی ناحیه سخت در جهت اطمینان است. (باجی، ۳۱۸)

-

نکته مهم و مفهوم

«اندازه بار» $(Size\ of\ load)$ برای کنترل برش منگنه‌ای نیاز است. و بایستی اعدادش را وارد کرد.

«عنصر سخت»، برای تأثیر ناحیه سخت ستون است و می‌شود مدل نکرد.

-

درست ش این است که «عنصر سخت» با یک بتن با وزن صفر مدل شود. اما با این دقت اجرا، بهتر است بی‌خیال این مسئله شویم!

-

- - - - -

۸) معرفی مقطع تیر

-

معرفی تیر برای شناژ پی‌های منفرد می‌تواند استفاده شود.

کاربرد بیشتر تیر برای طراحی سقف‌های دال و تیر است.

- - - - -

۹) معرفی تکیه گاه خاک – مدول بستر

-

این عدد بایستی از دفترچه مطالعات ژئوتکنیک خاک استخراج شود.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

البته معمولاً عدد ۲/۰۰۰/۰۰۰ خوب است و جواب مناسبی می‌دهد!

-

فرض اولیه برنامه چنین است.

$$\text{Subgrade Modulus} = 20\,000\ \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 2.0\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

-

رابطه‌ای تقریبی هم داده‌اند. (واحد: کیلوگرم ـ سانتی‌متر)

$$k_s \approx 1.2q_a$$

که در آن:

q_a برابر است با تنش مجاز خاک.

تنش نهایی که یک خاک می‌تواند تا حد گسیختگی تحمل کند را اینطور q_{ult} می‌گویند. ظرفیت مجاز باربری خاک، q_a، به صورت $q_a = q_{ult}/S.F.$ ارزیابی می‌شود؛ که ضریب اطمینان حداقل برابر $S.F. = 3.0$ منظور می‌گردد. کنترل تنش خاک در زیر پی، بر این اساس صورت می‌گیرد که تنش متوسط و خطی حداکثر ایجاد شده در زیر پی تحت بارهای اعمالی بدون ضریب، از ظرفیت مجاز باربری خاک بیش‌تر نباشد، $q_{max} \leq q_a$. (مستوفی‌نژاد، صفحهٔ ۵۳۷، جلد دوم.)

اگر زلزله در ترکیب بار باشد، 33% تنش مجاز افزایش پیدا می‌کند و آن قضایا!

-

می‌شود از این عدد استفاده کرد:

$$\text{Subgrade Modulus} = 18\,000\ \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 1.8\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

-

تاثیر این عدد بر پی چقدر و چگونه است؟ بر فشار خاک چقدر؟ بر میزان میلگرد چه میزان؟

جواب: به پیوست رجوع شود.

-

ضریب بستر ارتجاعی به مقاومت خاک و فشردگی آن بستگی دارد. حد معمول ضریب بستر ارتجاعی در حدود چهار تا پنج $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$ است. (باجی، ۱۳۹۱ پروژه‌ها، صفحه ۹۰)

-

نکته

به نظر می‌رسد، کم بودن ضریب بستر، نشانه ضعیف بودن خاک بوده و در جهت اطمینان باشد!

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

۱۰) الگوهای بار

-

وقتی مدل از برنامه $ETABS$ به $SAFE$ ارسال می‌شود، الگوهای بار و مقادیر بار تمام ستون‌ها و دیوارهای برشی مربوط به این الگوهای بار به برنامهٔ $SAFE$ انتقال داده می‌شوند.

بد نیست نگاهی بیاندازیم!

و آنهایی که نیاز نیست را پاک کنیم. (مانند $Mass$ را.)

-

نکته برای مفهوم!

الگوهای بار به «نوع بار و مقدار آن» ارتباط دارد. به عبارت دیگر، خبری از تحلیل و طریقهٔ تحلیل و از این ماجرا ها نیست!

-

شاید دلت خواست که $DEAD$ را به DL تبدیل کنی و غیره.

-

جالب!

چیزی که ممکن است برایت جالب باشد اینکه گاهی بار مرده و زنده نیز، مثلاً در دو سوی دیوار برشی، نیروهای جانبی قابل توجهی تولید می‌کنند!

-

- - - - -

۱۱) حالت های تحلیل ـ ترکیب بار ها

-

در این قسمت چند تا کار می‌کنیم!

- ترکیب‌بارها را می‌سازیم.
- غیرخطی‌شان می‌کنیم.
- پوش‌شان را می‌سازیم.

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

اگر از فایل مناسب استفاده بکنیم، کار این مرحله بسیار سریع و ساده است. تنها یک تبدیل می‌خواهد و بس. (حدود ده ثانیه!)

-

رجوع شود به کتاب باجی، فصل ۱ و ۳ و ۵.

-

برای تحلیل طیفی رجوع شود به فصل ۳ کتاب آقای باجی، پروژه‌ها.

-

بهتر است از فایل یک $Save\ as$ بگیریم و به نام ش $Nonlinear$ اضافه کنیم.

-

مفهوم!

«حالت‌های بار» نحوه تحلیل بر روی الگوهای بار را مشخص می‌کند. ترکیب بارها براساس حالت‌های بار یا همان حالت‌های تحلیل (Load Case) معرفی می‌شوند. نه اینکه ترکیب‌بارها بر اساس الگوهای بار معرفی شوند. خوب دقت کن!

یادمان هست که خاک به کشش کار نمی‌کند و درنتیجه، «تحلیل غیرخطی با حذف کشش خاک» نیاز است.

نمی‌توان به صورت مجزا برای هر بار موجود در ترکیب بار یک حالت تحلیل غیرخطی (حذف کشش خاک یک تحلیل غیرخطی استاتیکی است) معرفی کرد و سپس نتایج حاصل را در ترکیب بار با هم ترکیب کرد، بلکه باید تمام حالت‌های بار در یک حالت تحلیل غیرخطی قرار داده شوند.

جمع بارها در یک ترکیب بار فقط برای تحلیل‌های خطی معتبر است.

در نتیجه: در تحلیل‌های غیرخطی باید برای هر ترکیب بار غیرخطی، یک «حالت تحلیل» غیرخطی ایجاد شود.

-

شرح ماجرا!

به قسمت «حالت‌های بار» یا همان حالت‌های تحلیل می‌رویم. می‌بینیم که بار مرده و زنده و زلزله‌ها آماده‌اند که تحلیل شوند. اما نکته اینجاست که ما باید حالت‌های تحلیل دیگری نیز داشته باشیم. حالت‌های تحلیل غیرخطی که هرکدامشان مرکبند از چندین الگوی بار.

قبل از این کارها، ابتدا باید رفت و ترکیب‌بارهای طراحی و بهره‌برداری را ایجاد کرد.

پس از آن ترکیب بارها را بایستی به «حالت تحلیل» غیرخطی حذف کشش خاک $Allow\ Uplift$ تبدیل کرد.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

نرم‌افزار، به منظور طراحی، از ترکیب‌بارها استفاده می‌کند. بنابراین، حالت‌های تحلیل را باید در ترکیب‌بارهایی با ضریب یک تولید کرد.

اگر تیک $Ultimate$ بخورد، برنامه به صورت خودکار ترکیب بار را در طراحی در نظر خواهد گرفت.

برای ترکیب بارهای بهره‌برداری، لازم نیست هیچ تیکی خورده باشد.

-

ایجاد ترکیب بارها

در طراحی پی، دو جور ترکیب بار داریم!

۱- ترکیب بار ضریبدار برای طراحی جسم شالوده. $(Ultimate)$

۲- ترکیب بار بدون ضریب برای کنترل فشار خاک زیر شالوده بتنی. (بهره‌برداری)

-

نکته:

اگر در فایل $ETABS$ ، ترکیب بارهای بهره‌برداری را در $Template$ وارد کنیم، دیگر لازم نیست این ترکیب‌بارها را هربار بسازیم.

- - - - -

ترکیب‌بارهای ضریبدار (بدون برون مرکزی اتفاقی)

$Number$	$Load\ Combination$
$K01$	$1.4DL$
$K02$	$1.2DL + 1.6LL$
$K03$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EX$
$K04$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EX$
$K05$	$0.9DL + 1.0EX$
$K06$	$0.9DL - 1.0EX$
$K07$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EY$
$K08$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EY$
$K09$	$0.9DL + 1.0EY$
$K10:$	$0.9DL - 1.0EY$

-

ترکیب بارهای ضریبدار (با اثر برون مرکزی اتفاقی)

$Number$	$Load\ Combination$
$C01$	$1.4DL$
$C02$	$1.2DL + 1.6LL$
$C03$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EXP$
$C04$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EXP$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

$C05$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EXN$
$C06$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EXN$
$C07$	$0.9DL + 1.0EXP$
$C08$	$0.9DL - 1.0EXP$
$C09$	$0.9DL + 1.0EXN$
$C10$	$0.9DL - 1.0EXN$
$C11$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EYP$
$C12$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EYP$
$C13$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EYN$
$C14$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EYN$
$C15$	$0.9DL + 1.0EYP$
$C16$	$0.9DL - 1.0EYP$
$C17$	$0.9DL + 1.0EYN$
$C18$	$0.9DL - 1.0EYN$

در ترکیب‌های بار بالا، زلزله‌ها برای سطح «مقاومت نهایی» است.

-

یه چیز جالب!

اگر «برون مرکزی اتفاقی» را در نظر نگیریم، برنامه به خوبی برای ما ترکیب بار را تولید می‌کند. البته ترکیب بار طراحی را. (با ضریب یک برای بار زنده.)

-

نکته (بر اساس $ASCE7$)

اگر بار زنده بیش از $500\ kg/m^2$ باشد یا اینکه بار زنده مربوط به محل ازدحام یا انبار باشد به جای ضریب 0.50 برای بار زنده از ضریب 1.0 باید استفاده شود.

به عبارت دیگر:

برای بار زنده غیر از حالت بالا، می‌شود به جای 1.0 از عدد 0.5 استفاده کرد.

-

ترکیب بارهای سرویس (بدون برون مرکزی اتفاقی)

Number	*Load Combination*
$N01$	$1.0DL + 1.0LL$
$N02$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EX$
$N03$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EX$
$N04$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EY$
$N05$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EY$

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

ترکیب بارهای سرویس (با برون مرکزی اتفاقی)

Number	*Load Combination*
$S01$	$1.0DL$
$S02$	$1.0DL + 1.0LL$
$S03$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EXP$
$S04$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EXP$
$S05$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EXN$
$S06$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EXN$
$S07$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EYP$
$S08$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EYP$
$S09$	$0.75DL + 0.75LL + 0.75EYN$
$S10$	$0.75DL + 0.75LL - 0.75EYN$

- - - - -

مبحث نهم؛ طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه / ۹-۱۷-۳-۴ (صفحه ۲۸۲)

در مواردی که باد یا زلزله یکی از عوامل ترکیب بار باشند تنش مجاز خاک یا بار مجاز شمع را می‌توان حداکثر ۳۳ درصد افزایش داد.

- - - - -

کدام سطح زلزله؟!

زلزله‌ای که در ترکیب بارهای بهره‌برداری بالا استفاده شده، زلزلهٔ سطح «تنش مجاز» نیست، بلکه «مقاومت نهایی» است. زلزله مبحث نهم بر اساس مبحث ششم است. ضریب رفتارهای مبحث ششم برای سطح تنش مجاز است. در نتیجه، اگر بخواهیم به حرف مبحث نهم گوش دهیم، زلزله‌مان را باید در ضریب $\frac{1}{1.4} = 0.53$ ضرب کنیم. یعنی زلزله‌مان را کوچک کنیم. می‌توان در جهت اطمینان چنین کاری نکرد. اما اگر زمانی خواستیم انجام دهیم، ضریب زلزله را در ترکیب بارهای بهره‌برداری از 0.75 به 0.53 تغییر می‌دهیم.

- - -

تبدیل ترکیب‌بارها به تحلیل غیرخطی حذف کشش

از این مسیر

$Define > Convert\ Combination\ to\ Nonlinear\ Uplift\ Cases\ \ldots$

سپس، ترکیب‌بارهایی که ساختیم را انتخاب می‌کنیم. هم طراحی را، هم بهره‌برداری را. و تبدیل می‌شود.

نکته:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

اگر ترکیب بار پوشی وجود داشت و آن را انتخاب کنیم، آن را تبدیل نمی‌کند.

-

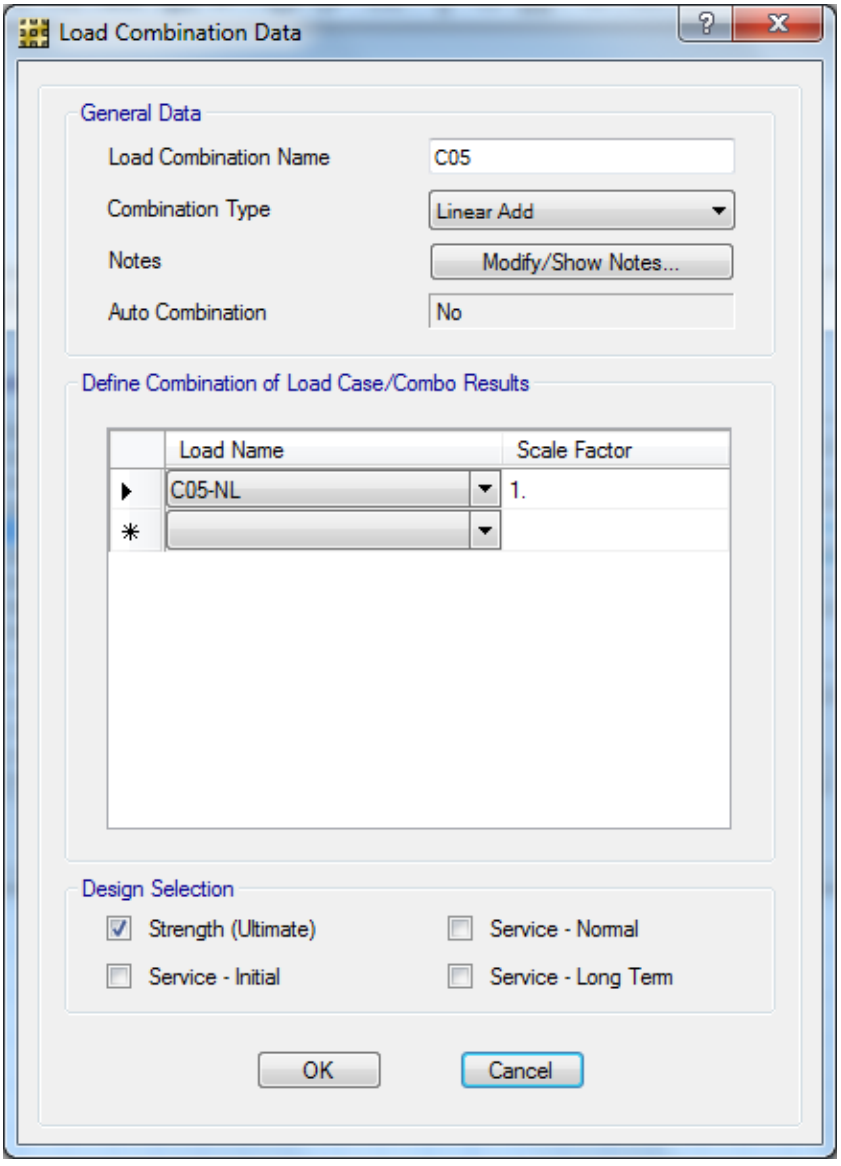
حالت تحلیل $Mass$ حذف شود.

-

جان مطلب! (دقت شود.)

برنامه آمده است و ترکیب بار های ما را حفظ کرده، البته فقط اسمش را! وقتی وارد مـی‌شـوی، یـک خط بیشتر نمی‌بینی، یک حالت بار با ضریب یک! حالت باری که همنام ترکیب بار ما بود، امـا یـک NL بـه انتهایش اضافه شده که یعنی غیرخطی شده‌ام!

باید یک بار آزمایش کرد تا به خوبی یادآوری شود! یا حداقل به این عکس نگاه کن:



-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

تحقیق شود؟؟؟

باید دید که تفاوت تحلیل خطی با غیرخطی چه میزان است؟؟؟

آیا صحیح است برای ستونی که مطمئن ایم در کشش نمی‌افتد، تحلیل خطی بکنیم. آیا اصلاً می‌شود در حالت‌های پیچیده‌تر مطمئن بود. آیا ممکن است صلب نبودن خاک نتایج $ETABS$ و $SAFE$ را دچار تفاوت کند؟

به نظر بنده، حالا که بیچاره خودش دارد زحمت تحلیل غیرخطی را می‌کشد، دیگر چه کاریست؟!

-

- مقایسه تحلیل «خطی» در مقابل «غیرخطی»

نتیجه مقایسه نشان داد که اگر خاک در تحلیل «خطی» به کشش نیافتد، نتایج تحلیل و در نتیجه نتایج طراحی میلگرد، هیچ فرقی با تحلیل «حذف کشش خاک (غیرخطی)» ندارد. و این طبیعی است.

بنابراین، قبل از تبدیل ترکیبات بار، می‌شود اطمینان یافت که هیچ جایی خاک به کشش نمی‌افتد و در این صورت تبدیل کردن ترکیبات بار به حالت غیرخطی، دقت را افزایش نداده، اما زمان تحلیل را بسیار بالا خواهد برد.

-

- - - - -

۱۲) ایجاد ترکیب بار پوش

-

ترکیب‌بارهای بهره‌برداری را، با ضریب یک در حالت پوش فشار خاک ایجاد می‌کنیم. هیچ کدام از آن چهار تیک را نباید بزنیم. گزینه $Envelope$ را نیز فراموش نمی‌کنیم. اسم ش را می‌گذاریم: $Pressure$

-

عین همین کار را برای ترکیب‌بارهای ضریبدار نیز می‌کنیم. با نام $Design - Env$. البته لزومی به ساخت پوش برای ترکیب‌بارهای ضریبدار نیست!

توضیح: فرقی نمی‌کند که به طور مثال با $K03$ بسازیم یا با $K03 - NL$، چرا که $K03$ همان غیرخطی است با ضریب یک. یعنی هردو یکی هستند!

-

نکته

می‌شود ساخت ترکیب‌بار پوش را قبل از «تبدیل» انجام داد. فرقی نمی‌کند.

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

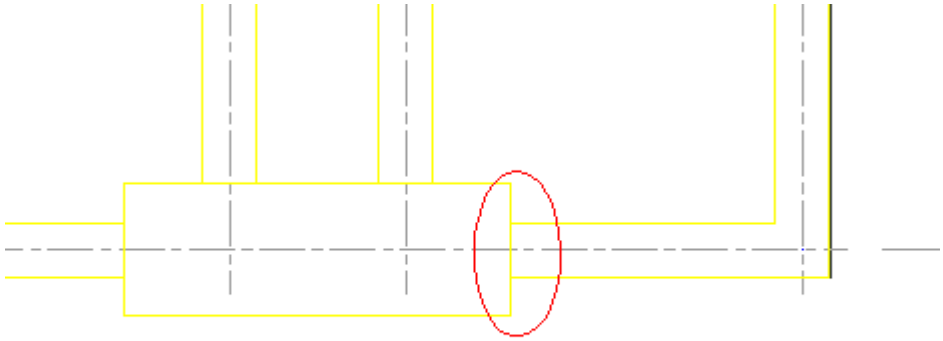
۱۳) نکاتی بر هندسه پی

باید دقت شود که میلگردها $12m$ هستند، در نتیجه مثلاً بعد $2.4m$ بهتر است تا $2.5\ m$ و بنابراین این نکته را بهتر است مدنظر داشت. (همچنین طول خم و طول مستقیم بعد از خم نیز طبیعی است که بایستی در نظر گرفته شود.)

یادت باشد:

وقتی عرض پی را کم می‌کنیم، آن هنگامی که فکر می‌کنیم فشار خاک بالا نیست و اینقدر سطح تماس نمی‌خواهد، به این فکر کنیم که اگر عرض را کم کنیم، سطح مقطع برای تحمل برش کم می‌شود و مبادا برش منگنه‌ای فراموش شود!

- توضیحی پیرامون هندسه پی زیر دیوار برشی



بطور مثال؛ اگر هندسه پی مانند شکل بالا باشد، لنگر بسیار زیادی در پی کم عرض قرمز ایجاد می‌شود. بنابراین بهتر است عرض پی تا انتها پیش برود. البته می‌تواند مثلاً در همین حدودها ارتفاع پی از یک متر به نیم متر کاهش پیدا کند. اما باید دقت داشت که آن قسمت که عمق ش کمتر است، میلگرد زیادی خواهد داشت.

به بیان دیگر، نمی‌شود دو سوی پی زیر دیوار برشی را ناگهان تنها گذاشت!

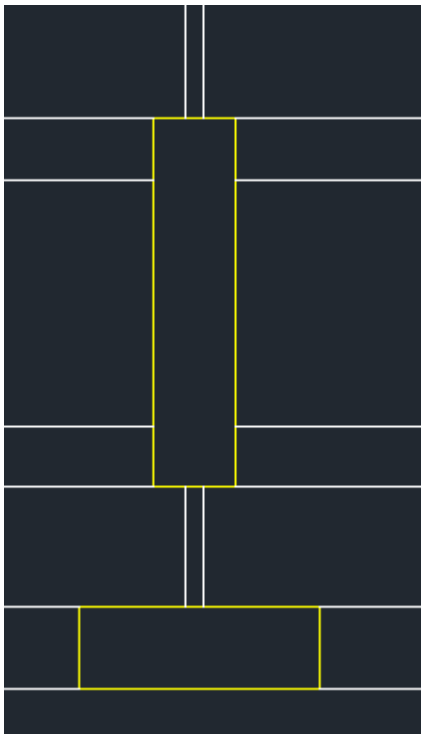
جور دیگر هم می‌شود:

که دیوار برشی در حاشیه ساختمان نباشد و در وسط ساختمان باشد. در این صورت ممکن است بشود با پی‌های نواری اطراف یک مقطع T شکل یا I شکل ایجاد کرد. در این صورت دیگر لازم نیست در امتداد دیوار برشی پی ادامه پیدا کند.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

نکته دیگر اینکه:

بهتر است نیروهای دیوار برشی با هم تداخل نکند، به شکل زیر توجه شود:



بین دیوار برشی بالا و پایین یک شناژ است با چهار میلگرد چهارده که تا حدود یک متر وارد پی دیوارهای برشی می‌شود. دیوار برشی بالایی T شکل است و اگر به پی پایین وصل شود، تمام کاسه و کوزه را سر پی پایینی خراب می‌کند و این خوب نیست. مخصوصاً اگر پی پایینی خودش در تنگنا باشد.

-

اگر در امتداد دیوار برشی، یعنی در جهت طولی، سطح کافی نباشد و بازوی کافی برای انتقال لنگر به زمین وجود نداشته باشد، خمش غوغا می‌کند. خیلی خلاصه بگویم، در این موارد، با یک مقدار دقت بیشتر همه چیز قابل فهم است و به خوبی با عقل جور در می‌آید!

-

می‌دانیم؛ هرجا تغییر لنگرخمشی بیشتر باشه، مقدار برش بیشتر است.

- - - - -

۱۴) نکاتی بر ترسیم

-

اگه دوست داشتیم، دکمه زیر را می‌زنیم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

پنجره $Set\ Display\ Option$ باز می‌شود.

تیک $invisible$ را از $point$ برمی‌داریم.

-

با دکمه‌ی $Ctrl + G$ خطوط شبکه حذف می‌شود.

با دکمه $Ctrl + W$ پنجره خصوصیات نمایش نشان داده می‌شود.

-

باید هندسهٔ پی را در طرح اولیه حدس بزنیم.

-

ستون‌ها و دیوارهای برشی بایستی در مدل‌سازی رسم شوند. (باجی، صفحه ۹۹)

برایم جای سوال است؟!

به نظر من تأثیر سختی‌اش است که البته!

-

نکات ـ ترسیم عناصر سطحی

یکی از قسمت‌های مهم در طراحی پی، رسم هندسه پی است.

می‌توان در برنامه $SAFE$ هر هندسه دلخواهی را رسم کرد. به طور مثال، برای پی منفرد می‌شود با یک کلیک، پی‌های مربعی رسم کرد. یا در مورد پی‌های نواری، یک سطح بزرگ کشید و قسمت‌های خالی را با $Opening$ مدل کرد.

توصیه:

این روش ممکن است مشکلاتی را برای محاسبه برش منگنه‌ای تولید کند، درنتیجه به است تا حد امکان از این کار حذر کنیم! بنابراین؛ برای ترسیم این گونه پی‌ها، بهتر است نوارها تکه تکه رسم شود و از ایجاد بازشو، دوری بجوییم. (باجی، صفحه۱۰۰)

-

با کلیک سمت راست موس، از دستور خارج نمی‌شود، اما دنباله خط را رها می‌کند. دانستن این موضوع خیلی به ما کمک می‌کند.

در ضمن، بهتر است خط ها همه از چپ به راست و از پایین به بالا کشیده شوند.

-

در برخی موارد بهتر است فایل مدل را بسته و یک بار دیگر برنامه $SAFE$ را باز کنیم تا مشکلات موجود در ترسیم مرتفع شود.

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

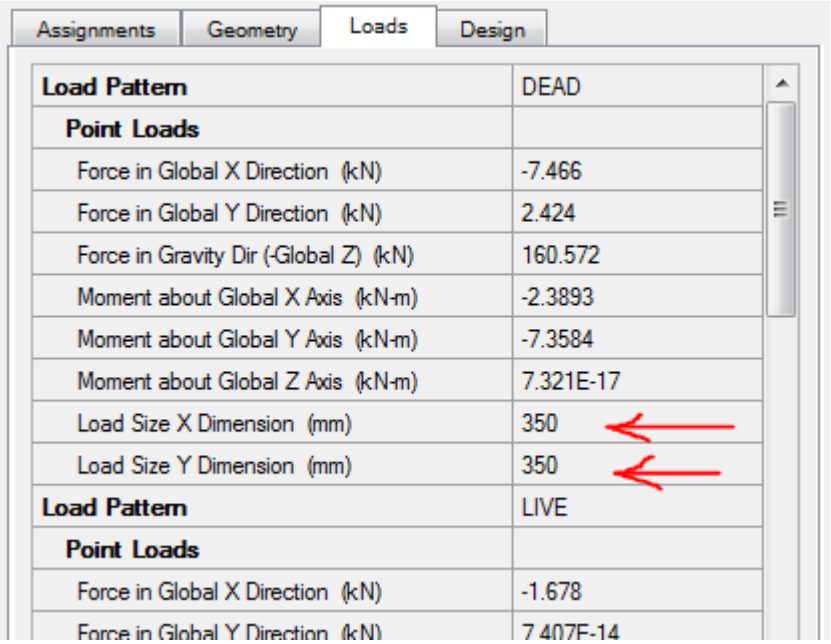
۱۵) توضیحی پیرامون عناصر نقطه‌ای

ببینیم این عناصر نقطه‌ای با خودشان چه آورده اند؟!

عناصر گرهی موجود در صفحه، برای هیچ جهتی گیردار نیستند.

عناصر گرهی، با خودشان بارها را نیز آورده‌اند.

در تصویر زیر مشاهده می‌کنیم که ابعاد ستون را نیز با خودشان آورده‌اند. (ساختمان بتنی)



-

هرگاه خواستیم یک عنصر نقطه‌ای رسم کنیم، آدرس ش این است:

$$Draw\ menu\ > Draw\ Point$$

-

اگر خواستیم بار نسبت دهیم به عنصر نقطه‌ای، نقطه را انتخاب کرده، آنگاه:

$$Assign > Load\ Data > Point\ Loads\ \ldots$$

-

نکته:

اگر اندازه بار برابر صفر باشد، برش پانچ کنترل نمی‌شود.

-

تنها کافی است برای یک حالت بار، «اندازه بار» را بدهیم، برای دیگر الگوهای بار نیز تخصیص می‌یابد.

بایستی از گزینه $Add\ to\ existing\ Loads$ استفاده شود.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

- - - - -

۱۶) مدد اتوکد در رسم عناصر سطحی

-

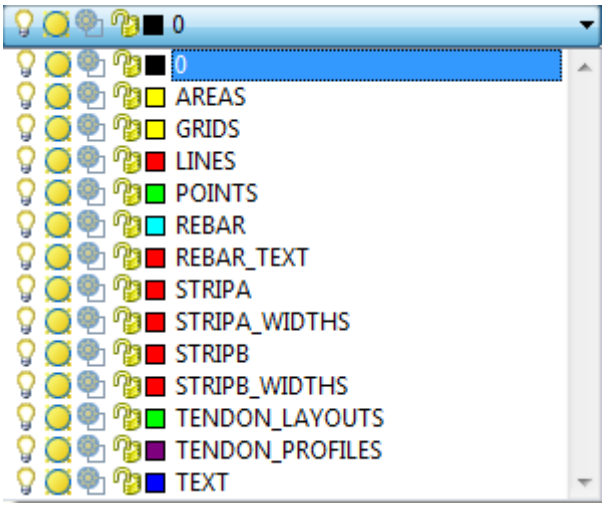
در $SAFE$ یک سری عناصر نقطه‌ای داریم.

ابتدا از فایل $SAFE$ خروجی می‌دهیم به $AutoCAD$

$File\ menu > Export\ Model > .DXF/.DWG\ File \ldots$

اتوکد را باز می‌کنیم.

نگاهی به لایه‌ها می‌اندازیم.



همه اشیاء را انتخاب کرده، لایه صفر می‌کنیم.

-

نکته

ممکن است محل یک گره به خاطر اینکه در مسیر شبکه‌ها نبوده، وارد نشده باشد. برای حل این مشکل، قبل از خروجی گرفتن، یک پی منفرد می‌توان در محل گره ایجاد کرد و سپس خروجی گرفت.

-

شروع می‌کنیم به رسم هندسه پی.

در انتها، پی را لایه $Lines$ می‌کنیم.

تمام خطها بایستی $Explode$ شده باشند.

فایل اتوکد را $Save$ می‌کنیم. (بهتر است dxf باشد.)

فایل را می‌بندیم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

در $SAFE$ بازش می‌کنیم.

-

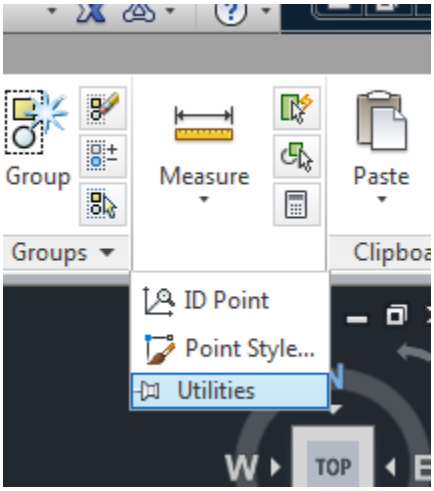
نکته:

اگر پیش از این هندسهٔ شالوده را رسم کرده‌ایم، می‌توان از آن فایل کمک گرفت.

-

نکته

در نرم‌افزارهای $AutoCAD$ جدید، برای تنظیم شکل نقطه باید از این قسمت عمل کنیم:



-

فایل اتوکد را وارد می‌کنیم:

$File\ menu > Import > .DXF\ \&\ .DWG\ File\ \ldots$

واحد باید متر باشد.

با وارد کردن فایل dxf ، نام فایل $SAFE$ تغییر می‌کند و عملاً در یک فایل جدید وارد مـی‌شـویم.

بهتر است $Save\ as$ گرفته و در همان فایل ادامه دهیم.

-

نکته: بهتر است نقاط را وارد نکنیم.

-

و از $Help$ برنامه داریم:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

The SAFE object types correspond to the following DXF element types.

SAFE Objects	DXF/DWG Elements
Point Objects	Points
Line Objects	3D Polylines
Area Objects	3Dfaces and 3- or 4-sided closed polylines
Design Strips	Polylines
Design Strip Widths	Polygons
Tendon Objects	3D Polylines

-

گزینه *Architectural Plan* برای وارد ساختن خطوط شبکه است. (*Grid Lines*)

-

- - - - -

۱۷) ترسیم عناصر نقطه‌ای

-

اگر مدل نیاز به ترسیم عناصر نقطه‌ای داشته باشد، الآن وقت آن است!

-

برای مدل‌سازی شمع فشاری کم‌عمق، می‌توان با افزودن فنر و تعریف سختی برای آن شمع را مدل را در محل ستون‌ها مدل کرد. البته طراحی و کنترل برش پانچ برای این شمع‌ها باید به صورت دستی انجام گیرد.

(مجتبی اصغری، نکاتی از طراحی فونداسیون. مدیریت سایت ارزشمند www.Saze808.com)

-

مدل‌سازی شمع‌های فشاری در برنامه SAFE امکان‌پذیر است.

شمع‌ها برای کاهش تنش خاک زیر پی به کار می‌روند.

معمولاً این شمع ها به صورت درجا اجرا شده و در انتها مساحت آنها به صورت مخروطی بیشتر می‌شود. به این قسمت شمع ها پافیلی نیز گفته می‌شود. (باجی، پروژه، صفحه ۴۷۲)

-

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

۱۸) ترسیم عناصر سطحی

-

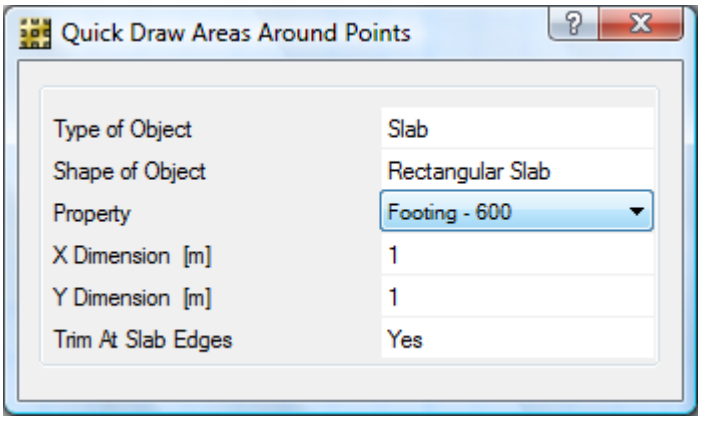
عناصر سطحی را رسم می‌کنیم.

-

برای رسم عنصر سطح مستطیلی حول یک نقطه از دستور زیر می‌رویم:

اسم این دکمه هست:

Quick Draw Areas Around Points



این روش برای رسم پی‌های منفرد مفید است.

-

روش‌های مختلفی برای ترسیم عناصر سطحی وجود دارد که به علت سطحی بودن، می‌گذریم!

-

پس از رسم عناصر سطحی، می‌شود خطوطی را که برای رسم عناصر سطحی تولید کرده بودیم را پاک کرد. کافیست در *Model Explorer* انتخاب‌شان کرده و به یکباره حذف‌شان کنیم.

-

برای کم و زیاد کردن سطح عناصر سطحی یک دستور جالبی هست که می‌گویم!

مثلاً یک مستطیل داریم. می‌خواهیم مستطیل را $100\ mm$ به قول معروف *Offset* دهیم به بیرون. عنصر سطحی را انتخاب می‌کنیم، سپس:

Edit > Edit Areas > Expand/Shrink Areas

و آنگاه عدد را مثبت یا منفی وارد می‌کنیم. این کار می‌تواند در جاهای ساده بدردمان بخورد.

-

مواظب باش!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

عناصر سطحی بر روی هم نیافتند.

-

در دفترچه مطالعات ژئوتکنیک خاک، تنش مجاز خاک بر اساس دو معیار «مقاومت خاک» و «مقدار نشست مجاز خاک» ارائه می‌شود. بر این دو مبنا، تنش مجازی ارائه می‌شود که اساس طراحی پی می‌شود. ارضای تنش مجاز هر دو شرط را تضمین می‌کند.

-

عرض پی بهتر است حداقل دو برابر بعد ستون بتنی باشد. یا دو برابر «میانگین بعد صفحه‌ستون و ستون فولادی».

-

- - - - -

۱۹) ترسیم عناصر سطحی – سخت

عناصر سطحی سخت زیر ستون‌ها را رسم می‌کنیم.

کاری ندارد!

از این دکمه استفاده می‌کنیم.

Quick Draw Areas Around Points

-

نوع‌اش را STIFF انتخاب می‌کنیم. ابعاداش را نیز ابعاد ستون مربوطه می‌دهیم.

-

در ساختمان‌های فولادی می‌شود این کار را بی‌خیال شد!

-

اگر سازه مورد نظر دارای دیوار برشی باشد و هنگام انتقال از $ETABS$ به $SAFE$ دیوارهای برشی به المان‌های تیر بدل می‌شود.

یک راه این است؛ المان‌های تیر پاک شده و به جای آن عناصر سخت مدل شوند. در مورد المان‌های لبه‌ای دیوار برشی و همچنین خود دیوار؛ به نظر من بهتر است دقیقاً مطابق هندسه سازه مدل شود. با اینکه تأثیر این دقیق بودن چندان زیاد نیست.

در اینترنت خواندم که اگر همان تیر پاک نشود، دیگر نیازی به عنصر سخت دیوار برشی نیست. به احتمال زیاد راست می‌گوید.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

در نهایت:

ولی تیر را پاک کن و عنصر سخت را رسم کن!

-

وقتی دو عنصر سطح مشابه به اشتباه بر روی هم مدل کردم، به یک کشف رسیدم!

آن قسمت همپوشانی شده، بسیار سخت شده بود. مانند همین عنصر سخت خودمان. در نتیجه باید مواظب بود که دو عنصر سطح به روی هم نیافتد. از آن سو، به نظر من کار درستی است که ضخامت عنصر سطح محل ستون را پنج برابر پی در نظر بگیریم.

-

عنصر سخت در نمای $3D$ نمایش داده نمی‌شود.

-

- - - - -

۲۰) ترسیم عناصر خطی

(Beam) {در صورت وجود}

در مدل‌سازی دال‌ها بیشتر کاربرد دارد.

-

- - - - -

۲۱) اختصاص خاک به عنصر سطحی

-

خاک را به بدنه اصلی پی نسبت می‌دهیم که بعلاوه‌های سبز بیایند!

$Assign > Support\ Data > Soil\ Properties$ ...

-

لازم نیست که خاک را به عناصر سطحی سخت زیر ستون نسبت دهیم.

- - - - -

۲۲) آزادسازی لبه‌ای

-

برای محل چاله آسانسور.

رجوع شود به باجی، پروژه‌ها، صفحه ۶۶۱

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

هنگامی که دو لبهٔ دو عنصر سطحی بر هم منطبق می‌شوند، گیرداری کامل حاصل می‌شود. برای گیرداری کامل، بر هم قرار گرفتن گره‌ها نیز نیاز نیست. تنها نیاز است دو لبه از دو المان سطح در یک طول مختصری بر هم منطبق باشند.

واضح است که المان‌های سطح اگر با هم هیچ ارتباطی نداشته باشند، هیچ ارتباطی ندارند!

-

- - - - -

۲۳) بارگذاری عناصر نقطه‌ای

-

اگر مدل را از $ETABS$ وارد نکرده‌ایم، در این مرحله بایستی بارها را خودمان دستی وارد کنیم. تنها نکته‌ای که لازم است، معرفی «اندازه بار» است که برای کنترل برش منگنه‌ای (پانچ) نیاز می‌شود.

- - - - -

۲۴) بارگذاری عناصر سطحی

-

اگر بار کف‌سازی و زنده پارکینگ داشتیم، اختصاص می‌دهیم.

کف‌سازی در حد ۲۰۰، و پارکینگ ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع.

- - - - -

۲۵) ترسیم نوارهای طراحی

(Design Strip)

در لایه‌های A و B معرفی شود.

ابعاد و امتدادشان اصلاح شود.

می‌شود یکی را اصلاح کرد و کپی گرفت.

-

مدل کردن یا نکردن «نوار طراحی» هیچ تأثیری در نتایج تحلیل و در نتیجه در طراحی ندارد.

-

تمامی نوارها ستونی $Column\ Strip$ هستند. در دال‌ها و پی‌های گسترده نوار میانی نیز معرفی می‌شود. (باجی ۱۰۱)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

نکته

می‌شود قبل از ترسیم نوار طراحی، پی را یک بار Run کرد. تنش‌های خاک را مشاهده کرد. اگر نیاز به تغییر ابعاد پی بود، اصلاح کرد. آنگاه نوار طراحی را ترسیم نمود.

-

پس از رسم هر نوار طراحی مشاهده می‌کنیم که در $Model\ Explorer$ یک چیز جدید اضافه می‌شه! به نام: CSA

-

می‌توان به قسمت $Set\ Display\ Option$ رفت و قابلیت‌های نمایش گزینه‌های نوارهای طراحی را فعال یا غیرفعال کرد.

-

اگر بخواهیم هندسه نوار طراحی را اصلاح کنیم. ابتدا انتخاب ش می‌کنیم. سپس:

$$Edit > Add/Edit\ Design\ Strip > Edit\ Strip\ Width$$

و برای تنظیم پارامترهای طراحی به آدرس زیر می‌رویم:

$$Design > Slab\ Design\ Overwrites > Strip\ Based$$

-

توجه

با تغییر ضخامت پی لازم نیست «نوار طراحی» جدید معرفی شود.

برای توضیحات بیشتر در مورد چگونگی ترسم «نوارهای طراحی» شالوده‌های با ارتفاع (عمق) مختلف، به پیوست مراجعه شود.

-

با تغییر عرض پی، «نوار طراحی» دیگری معرفی شود.

-

نکته آموزنده

برنامه میلگردی را طراحی می‌کند که موازی نوار طراحی است. البته برای برش را هم در نظر می‌گیرد. مثل تیر در برنامه $ETABS$. (برش تیری)

-

توجه راجع به دیوار برشی

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

دیوار برشی، دو جور نوار طراحی می‌خواهد، طولی و عرضی. مانند ستون تکی که در هر دو جهت باید میلگرد خمشی قرار داده شود. البته در مورد میلگردهای عمود بر دیوار برشی، (در جهت کوتاه یا جهت عرضی) معمولاً میلگرد حداقل آیین‌نامه‌ای حاکم خواهد بود.

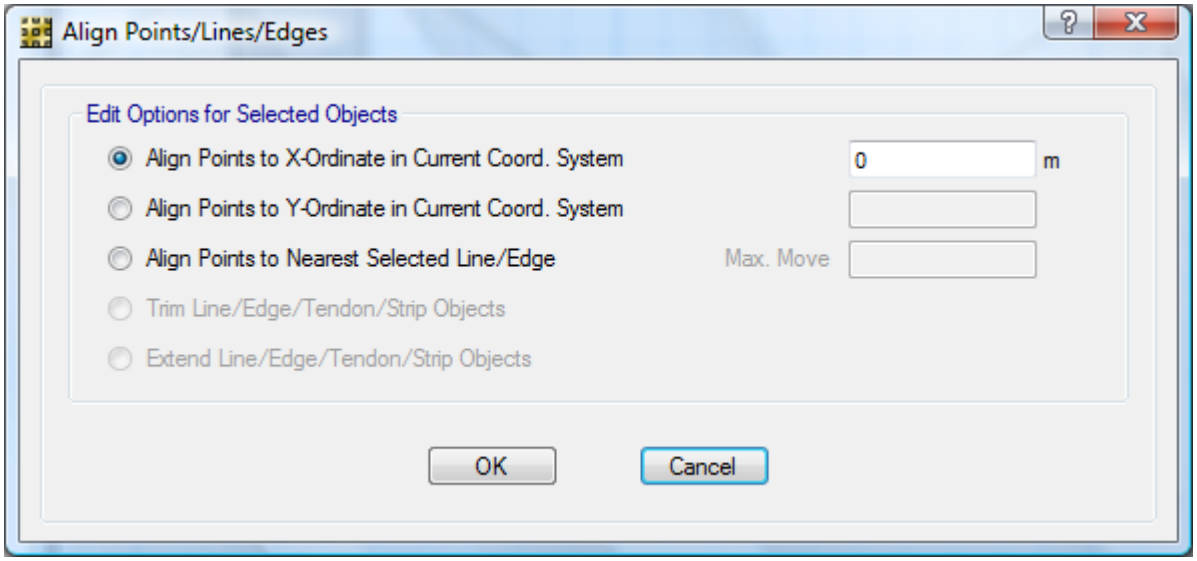
-

تکنیکی برا اصلاح ترسیم

وقتی گره یکی از دو سمت نوار طراحی را انتخاب می‌کنیم، می‌شود به منوی $Edit$ و دستور:

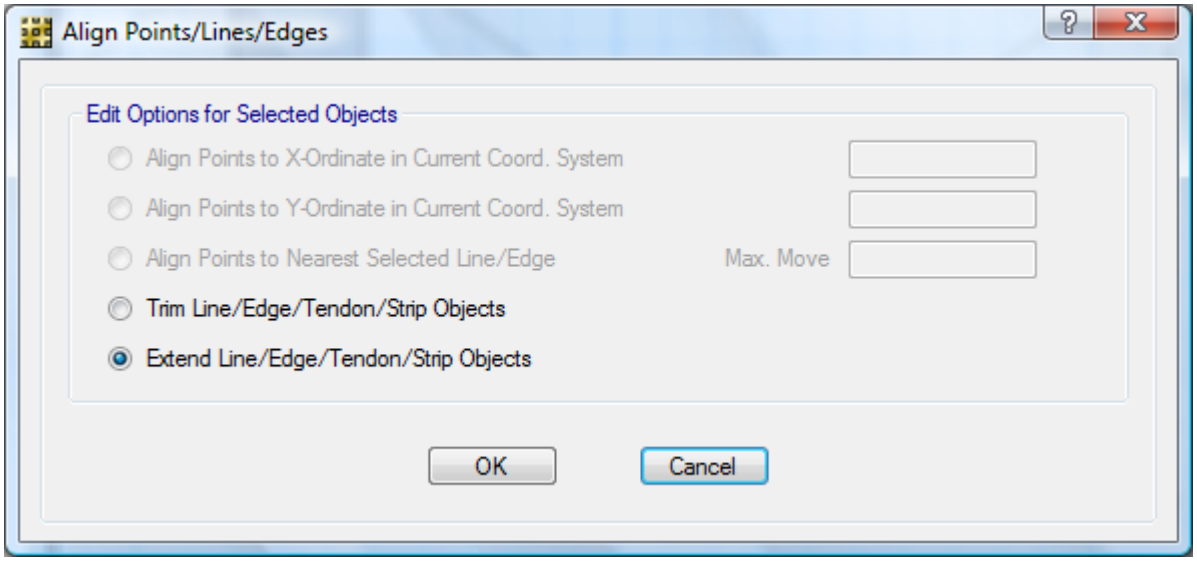
$$Align\ Points/Lines/Edges\ \ldots\ \ (Ctrl + Shift + M)$$

را زد. چنین چیزی باز می‌شود:



-

حالا اگر به جای گره، خود نوار طراحی را انتخاب کنیم، و همین دکمه را بزنیم، چنین چیزی باز می‌شود:



Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

اما اگر بخواهیم واقعاً $Extend$ انجام گیرد، باید هم گره انتخاب شود، هم خود نوار طراحی، هم لبه عنصر سطحی! در این صورت، نوار طراحی تا لبه پی ادامه پیدا می‌کند. (در ضمن، چندتایی هم می‌شود. یعنی چند نقطه و چند لبه.)

می‌توان چندتایی هم $Extend$ یا $Trim$ کرد.

دیگر قابلیت‌های این قسمت را هم می‌شود تحقیق کرد و آموخت.

-

- - - - -

۲۶) تنظیم آیین‌نامه طراحی

Design > Design Preferences ...

-

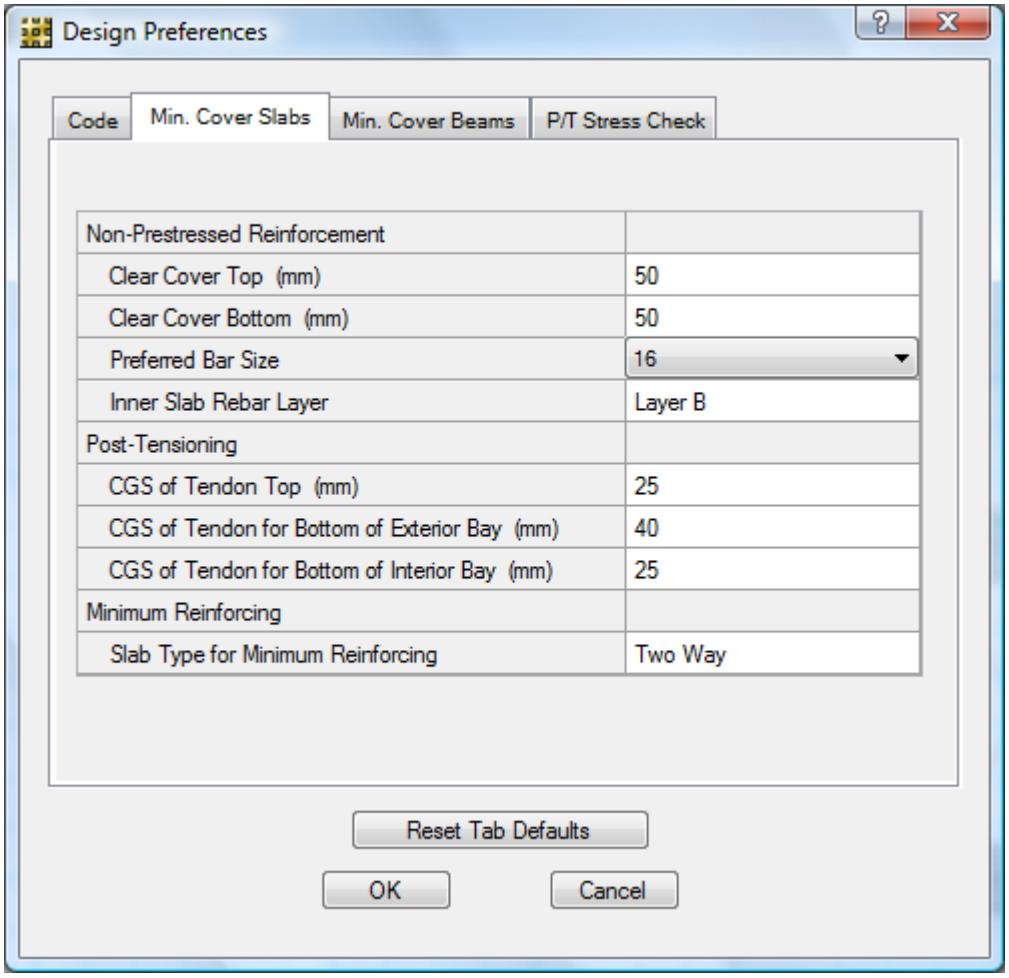
آیین‌نامه : $ACI - 08$

-

پوشش خالص را $50\ mm$ وارد می‌کنیم.

دقت که این $Clear\ Cover$ است. نه فاصله تا مرکز میلگرد طولی.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



-

مبحث نهم، فصل «کیفیت بتن»، قسمت «پوشش بتنی روی میلگردها»

جدول۹-۶-۵ ، صفحه ۹۲

برای شرایط محیطی متوسط، حداقل پوشش بتنی روی میلگردها در پی برابر $5\ cm$ است. (برای زمانی که بتن مگر یا بتن نظافت داشته باشیم!)

-

- - - - -

۲۷) تنظیم ترکیب‌های بار طراحی

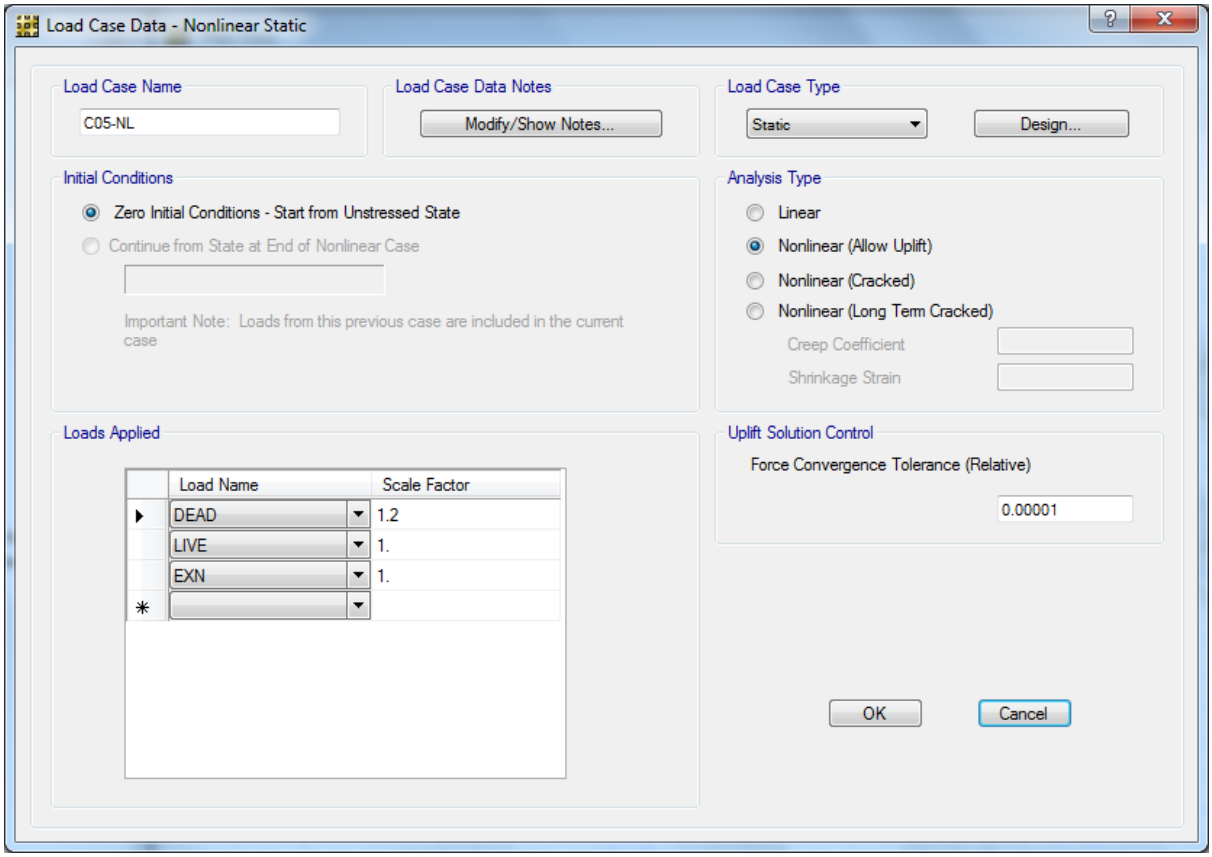
-

ترکیب‌های ضریبدار (غیرخطی شده) باید در قسمت مقاومت باشند!

یادآوری:

این ترکیب‌بارهای ضریبدار، حالت‌بار ضریبداری هستند، با ضریب یک، که خود آن حالت‌بارها مرکب‌اند از چند حالت بار ساده در یک جمع غیرخطی. به تصویر زیر توجه شود:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



–

– – – – –

۲۸) تنظیم نوارهای طراحی

–

چون ترتیب قرارگیری سفره‌های میلگرد جهت X و Y ممکن است در اجرا تغییر کند، در جهت اطمینان پوشش بتن تا مرکز میلگردها برابر $80mm$ در نظر گرفته می‌شود. (یادت باشد این کاور است نه عمق موثر!)

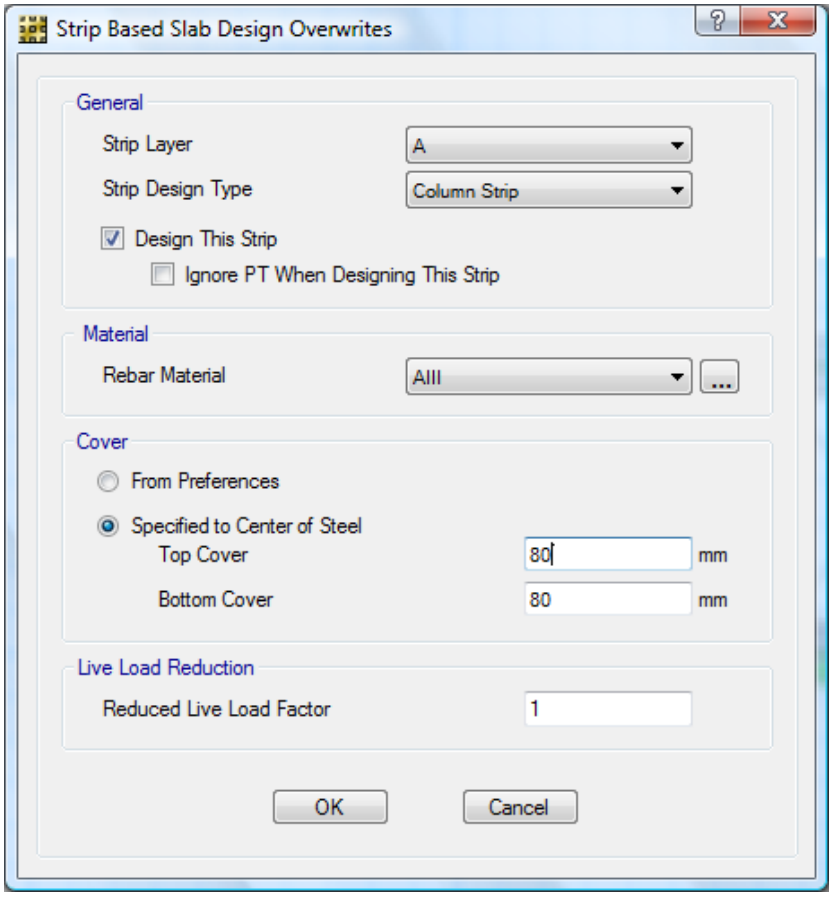
–

نوارهای طراحی A را انتخاب می‌کنیم. می‌شود از منوی $Select$ رفت.

$$Design > Slab\ Design\ Overwrites > Strip\ Based$$

–

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



هم پوشش بالا را می‌دهیم، هم پوشش پایین را. این بدان معناست که نوار طراحی هم برای لنگر منفی طراحی می‌کند، هم برای لنگر مثبت.

-

نوارهای B را هم همینطور!

- - - - -

۲۹) تنظیم ـ برش پانچ

-

فصل یک باجی اطلاعات بسیار کاملی در مورد برش پانچ $Punch$ می‌دهد. (طراحی اسکلت فلزی)

-

یادت باشد:

یک بار «تنظیم» پارامترهای برش منگنه‌ای داریم.

یک بار هم برش پانچ را «کنترل» می‌کنیم بعد از طراحی.

-

قبل از هرچیز، باید خود برش پانچ را بلد بود!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

بهتر است به کتاب مستوفی نژاد نگاهی بیاندازیم. جلد دوم. صفحه ۵۴۵.

برش یک‌طرفه برای پی‌های منفرد را که یادمان هست!

برش یک طرفه، d از بر ستون است.

برش دوطرفه می‌تواند در همه حالت‌ها اتفاق بیافد. مانند گسترده و «نواری دوطرفه» و غیره.

برش دوطرفه، $d/2$ از بر ستون است.

-

در ساختمان‌های بتنی «اندازه بار» وارد برنامه می‌شود.

در ساختمان‌های فلزی، باید اندازه بار را معرفی کنیم، تا بتواند برش منگنه‌ای را کنترل کند.

در سازه‌های فولادی اندازه صفحه ستون نشان دهنده سطح توزیع بار است.

-

سه نوع ستون داریم. ستون میانی. کناری و گوشه.

در اسکلت فلزی:

ستون میانی مشکلی ندارد. برنامه محیط برش منگنه‌ای را برای ستون‌های «کناری» و «گوشه» بد حساب می‌کند. به عبارت دیگر، در جهت اطمینان حساب می‌کند.

شاید چیزی حدود پنج درصد. اما همین پنج درصد هم ممکن است کار ما را راه بیاندازد!

منظور از ستون کناری و گوشه این است که ستون در مرکز صفحه ستون قرار نگرفته باشد. نه که هر ستون گوشه ساختمانی ستون گوشه باشد! اگر دور ساختمان باز باشد، به احتمال زیاد همهٔ ستون‌ها میانی حساب می‌آیند.

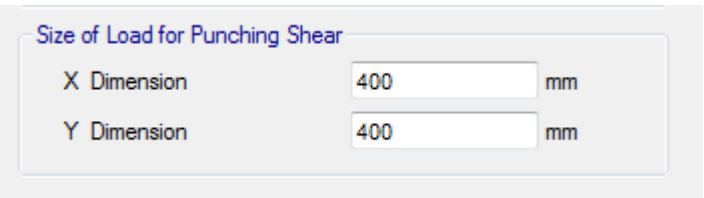
برنامه در محاسبه برش پارچ، مرکز ستون و مرکز صفحه ستون را یکجا در نظر می‌گیرد. اما می‌شود کلکی زد که محاسبه را دقیق کرد. باید ابعاد صفحه ستون را بیشتر داد که محیط برش منگنه‌ای درست در بیاید. (باجی، شکل صفحه ۱۱۱)

-

اختصاص اندازه بار (در اسکلت فولادی)

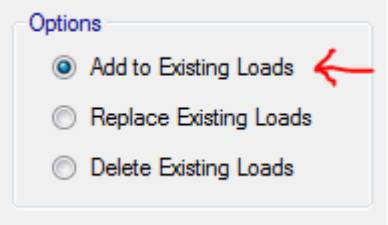
$Assign > Load\ Data > Point\ Loads \ldots$

پنجره‌ای باز می‌شود.



-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



و ابعاد ستون را در قسمت خودش وارد ساخت. و باقی، صفر.

معرفی اندازه بارها برای بار مرده کافی است و برنامه به طور خودکار این اندازه را برای بارهای دیگر در نظر می‌گیرد. (باجی، ۱۱۲)

- - - - -

۳۰) تنظیم ـ اجزای محدود، آزادی

-

تقسیم‌بندی اجزای محدود

پیش از شروع عملیات تحلیل، باید تنظیم‌های خاصی برای درجات آزادی و تقسیم‌بندی اجزای محدود انجام شود.

$Run > Automatic\ Slab\ Mesh\ Options$

-

نکته

ابعاد تقسیم‌بندی اجزای محدود در حدود نصف ضخامت پی باشد خوب است. یک سوم یا یک چهارم هم دیدم! تاثیرش آنقدرها نیست! این بدان معناست که حتماً باید حداکثر بعد جزء محدود برابر نصف ضخامت پی باشد. (در جایی خواندم که حداکثر اندازه مش‌بندی نصف عرض باریک‌ترین پی باشد. در عمل شاید این گفته درست باشد، اما بهتر است نصف ضخامت ملاک عمل باشد.)

-

بهتر است حداکثر اندازه مش‌بندی طوری باشد که عرض نوار پی مضرب صحیحی از این عدد باشد.

-

پس از تحلیل؛ دکمه تقسیم‌بندی‌های اجزاء محدود را نشان نمی‌دهد. باید تنش‌های خاک یا دال را نمایش دهی تا مشخص شود.

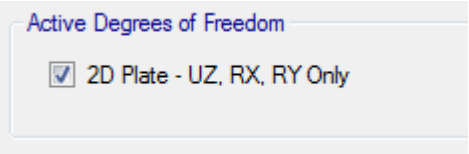
-

تنظیم درجات آزادی

$Run > Advanced\ Modeling\ Options$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

گزینهٔ مدل دوبعدی $2D\ Plate$ را فعال می‌کنیم. در حالت کلی می‌تواند سه بعـدی باشـد. (بـاجی، ۱۱۵)



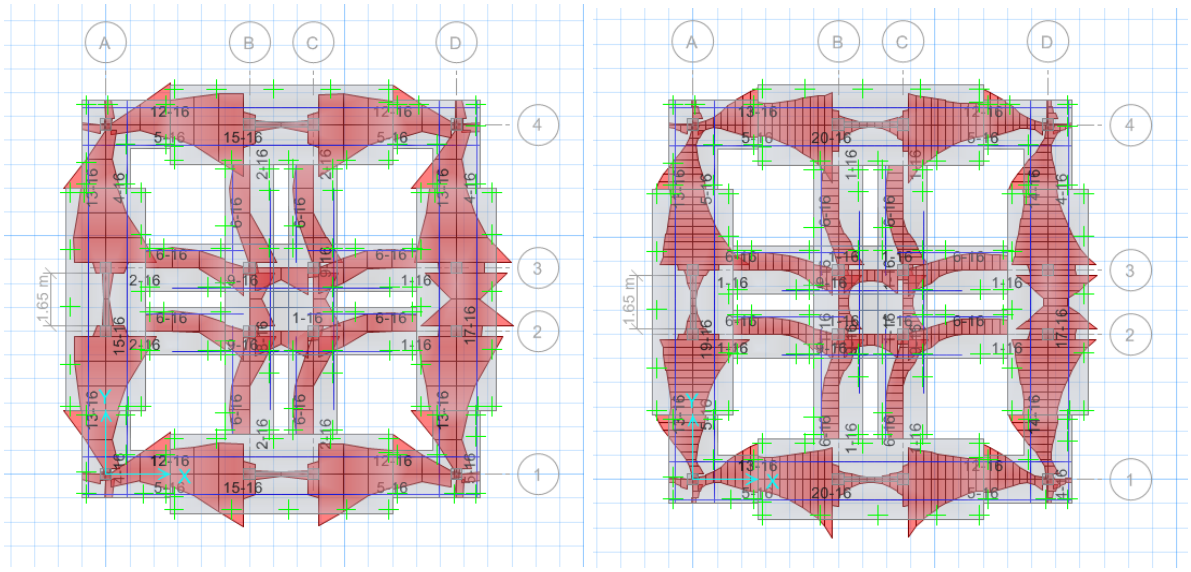
نکته

فکر می‌کنم اگر این کار را نکنیم، باید گره‌ها را در جهت حرکت x و y گیردار کنیم. تحقیق شود؟؟؟

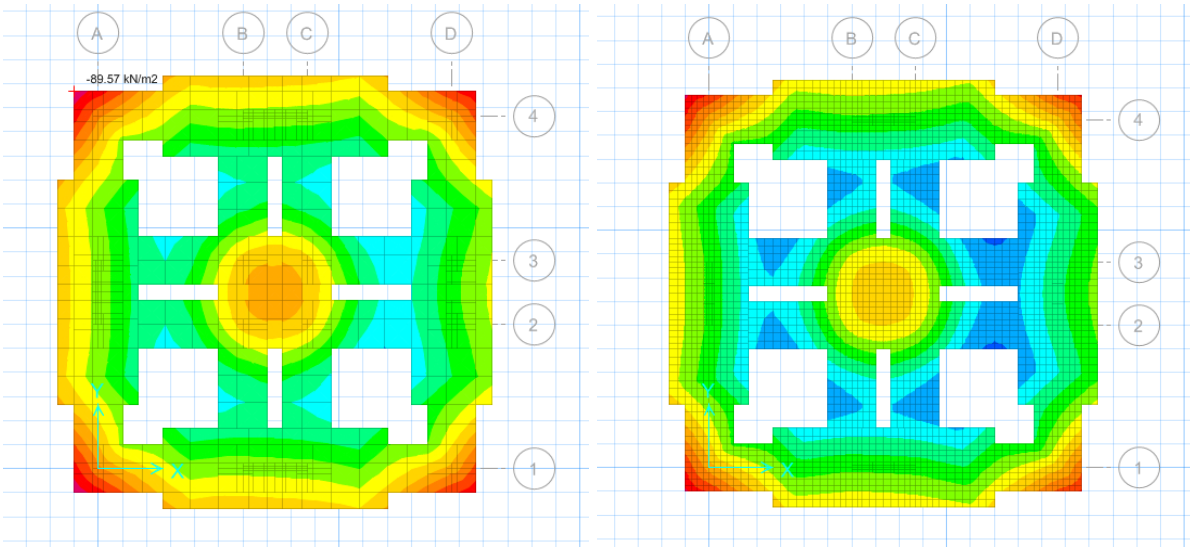
-

- یک مقایسه در زیر آمده است

حداکثر بعد $0.25\ m$ در مقابل حداکثر بعد $1.00\ m$ – تحلیل خطی



و



نتیجه:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

که بایستی حداکثر ابعاد را جدی گرفت!

در نتایج فشار خاک نیز همینطور است؛ آنجا هم اگر حداکثر ابعاد را محدود نکنیم، تنش‌ها را کم‌تر نشان می‌دهد.

این در حالی است که برنامه تا آنجا که می‌تواند در نقاطی که نیاز است، به صورت خودکار، المان‌ها را در پیرامون ستون‌ها ریز می‌کند.

-

- - - - -

۳۱) انجام تحلیل و طراحی

-

$Run\ Analysis\ \&\ Design - F5$

-

-

نکته

در طراحی پی باید ابتدا برش منگنه‌ای و فشار خاک کنترل شود.

ضخامت پی بر اساس کنترل برشی منگنه‌ای بدست می‌آید. ابعاد پی نیز بر اساس کنترل فشار خاک زیر پی بدست می‌آیند. پس از تعیین ابعاد و ضخامت پی، مساحت میلگرد مورد نیاز در پی محاسبه می‌شود.

-

اگر دیدی زمان تحلیل دارد زیاد طول می‌کشد یا تحلیل جلو نمی‌رود، بدان که مشکل وجود دارد. ممکن است خاک را به المان سطحی اختصاص نداده باشی. و یا سازه بیش از حد دچار بلندشدگی و یا واژگونی (ناپایداری) عجیب و غریب است!

مثلاً یک پی منفرد را با ستونی که در حال کشش است مدل کن، تحلیل ش تا ابد طول می‌کشد!

-

یک خوبی $SAFE\ 12$ اینه که با $SLEEP$ کردن لپ‌تاپ، عملیات تحلیل خراب نمی‌شه. دوباره که لپ‌تاپ رو روشن کردی، تحلیل ادامه پیدا می‌کنه. و این خیلی خوبه. مخصوصاً در تحلیل‌هایی که مثلاً نیم ساعت طول می‌کشه. (شایدم این خوبیه ویندوز هفت باشه!)

-

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

۳۲) کنترل فشار خاک

-

دکمه را می‌زنیم. $Show\ Reaction\ Forces$ و آنگاه گزینه $Soil\ Pressure$ را انتخاب می‌کنیم. برای پوش ترکیب بارهای فشار خاک، دکمه Min را زده و نتیجه را مشاهده کنیم.

-

تنش مجاز خاک به عنوان مثال برابر است با:

$$1.5\frac{kg}{cm^2} = 1.5 \times \frac{10^1 N}{10^{-4} \times m^2} = 1.5\frac{10^5 N}{m^2} = 150\frac{kN}{m^2}.$$

نکته جالب

این عدد یعنی در هر مترمربع خاک، مجازیم حدود ۱۵ تن بار حالت بدون ضریب داشته باشیم.

-

تنش خاک باید کمتر از این مقدار باشد. اگر تنش زیر پی از تنش مجاز بیشتر بود، می‌بایستی ابعاد پی را افزایش دهیم. ممکن است آنقدر که پی ما گسترده شود!

توصیه شده است که در این مورد به فکر صرفه‌جویی نباشیم!

-

نقاط پیرامونی پی در محدودهٔ کوچکی ممکن است از حد تنش مجاز فراتر بروند. در این قسمت‌ها تمرکز تنش وجود دارد و نبایستی معیار طراحی قرار گیرند. چرا که مقداری جلوتر تنش به حد مجازش می‌رسد.

-

تقریباً:

در تحلیل خطی، با نمایش حداکثر تنش خاک می‌توان بررسی کرد که آیا بلندشدگی داشتیم یا خیر.

-

در سازه‌های بتنی و خصوصاً قاب‌های خمشی، احتمال بلند شدن پی بسیار کم است. زیرا وزن سازه زیاد است. (باجی، پروژه، صفحه ۴۷۲)

-

- - - - -

۳۳) کنترل برش پانچ ـ ستون بتنی

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

اینکه برنامه چه کار می‌کند و اساساً ماجرا چیست، به صورت بسیار کامل و شیرین در کتاب آقای باجی آمده است. (فصل یک، صفحه ۱۱۸)

-

برش یک‌طرفه پی یا دال هنگام طراحی میلگردهای طولی بر اساس نوارهای طراحی انجام می‌شود.
برش دوطرفه به صورت مجزا کنترل می‌شود. (باجی، ۱۱۸)

-

برنامه $SAFE$ قابلیت طراحی خاموت برشی را دارد. اما این قابلیت برای دال‌ها طراحی شده است.. (باجی، صفحه ۱۲۷)

-

نسبت نبایستی از یک بیشتر شود.

-

برنامه خودش موقعیت ستون‌ها را می‌فهمد. اما ممکن است گاهی اشتباه کند.
بهتر است قبل از تحلیل، نوع گوشه‌ای، لبه‌ای و یا مانی بودن ستون را به برنامه معرفی کنیم.
بعد از تحلیل هم می‌شود این کار را کرد. و نیاز به تحلیل مجدد نیست.

-

نکته
گاهی پیش می‌آید که امکان خرابی از نوع گسیختگی برش پانچ یا همان منگنه‌ای وجود ندارد. در اینگونه موارد، نسبتی نداریم!

-

یادمان باشد که ابعاد بار نقطه‌ای در اینجا تاثیر دارد.

-

نکته مهم
دو چیز در ضخامت پی مهم است. یکی برش پانچ است. دومی اقتصاد.
هرچه ضخامت پی کمتر باشد، بازوی تحمل لنگر برای خمش کم می‌شود، در نتیجه، میزان مصرف فولاد افزایش می‌یابد.

-

برش پانچ را دست کم نگیریم. در بسیاری از طراحی‌ها دیدم که فشار خاک تا نصف هم نیست. میلگرد بسیار کم نیاز است. اما برش پارچ بحرانی شده است... آن هم چه بحرانی!
در نتیجه، جدی بگیریم!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

برای نمایش نسبت تنش برش منگنه‌ای به تنش برشی مجاز دستور ($F10$)

$Design > Show\ Punching\ Shear\ Design$

بدون آنکه نتایج تحلیل را خراب کنیم، می‌توان به برنامه گفت:

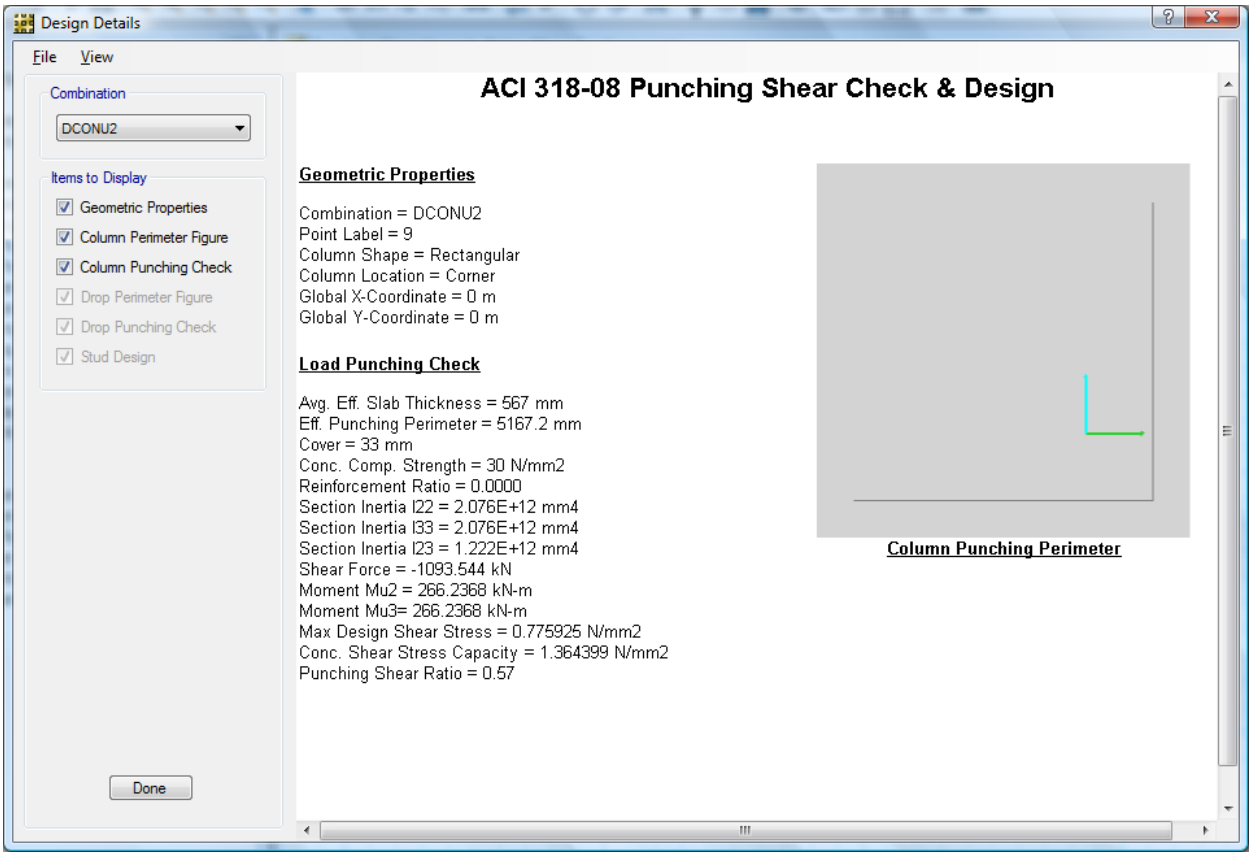
$Display > Punching\ Shear\ Overwrites$

در قسمت $Location\ Type$ می‌توان حالت صحیح را انتخاب کرد.

سپس دوباره دکمه Run را زد. اما اینبار دیگر زیاد طول نمی‌کشد. چرا که نتایج را خراب نکرده بودیم!

برنامه در صورت استفاده از گزینه خودکار تمام حالت‌ها را کنترل می‌کند و حالت بحرانی را بدست می‌آورد. اما گاهی قادر به تشخیص صحیح موقعیت نیست.

یه نمونه صفحه محاسبات برش پانچ:



مروری برای فهم بیشتر

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

به فرض یک پی منفرد داریم. اگر سطح پی خیلی بزرگ باشد، می‌شود گفت کـه نیـروی برشـی پـانچ برابر است با نیروی قائم ستون. (محل فکر) اما اگر سطح پی کم باشد، قسمتی از بار قائم ستون را، سطح زیر محیط پانچ تحمل می‌کند، در نتیجه نیروی برشی کاهش می‌یابد. و در نتیجه نسبت تنش کم‌تر می‌شـود. از این جهت، می‌شود گفت که سطح کوچک پی، به نفع برش پانچ است.

در ویرایش دوازدهم برنامه، تنش فشاری خاک زیر پی در محـدودهٔ بـرش منگنـه‌ای از نیـروی برشـی کاسته می‌شود. (باجی، صفحه ۱۲۷)

-

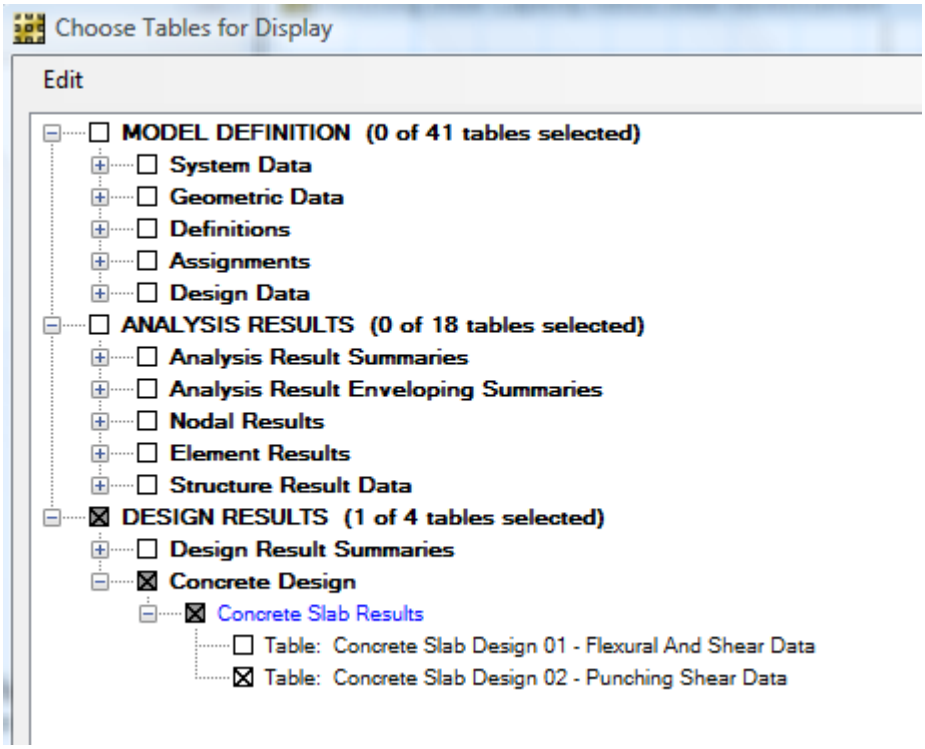
نکته جالب

اگر امکان برش پانچ نباشد، یعنی اگر دور صفحه ستون یا ابعاد پی بتنی، اندازهٔ $\frac{d}{2}$ فاصله نداشته باشد، اساساً برش پانچ اتفاق نمی‌افتد. در این صورت، در خروجی می‌نویسد: N/C

یادت باشد که منظور از d عمق موثر است، و با ضخامت کلی پی اشتباه نشود.

-

می‌شود از قسمت



جدول برش پانچ را مشاهده کرد. چیزهای مختلفی می‌دهد.

-

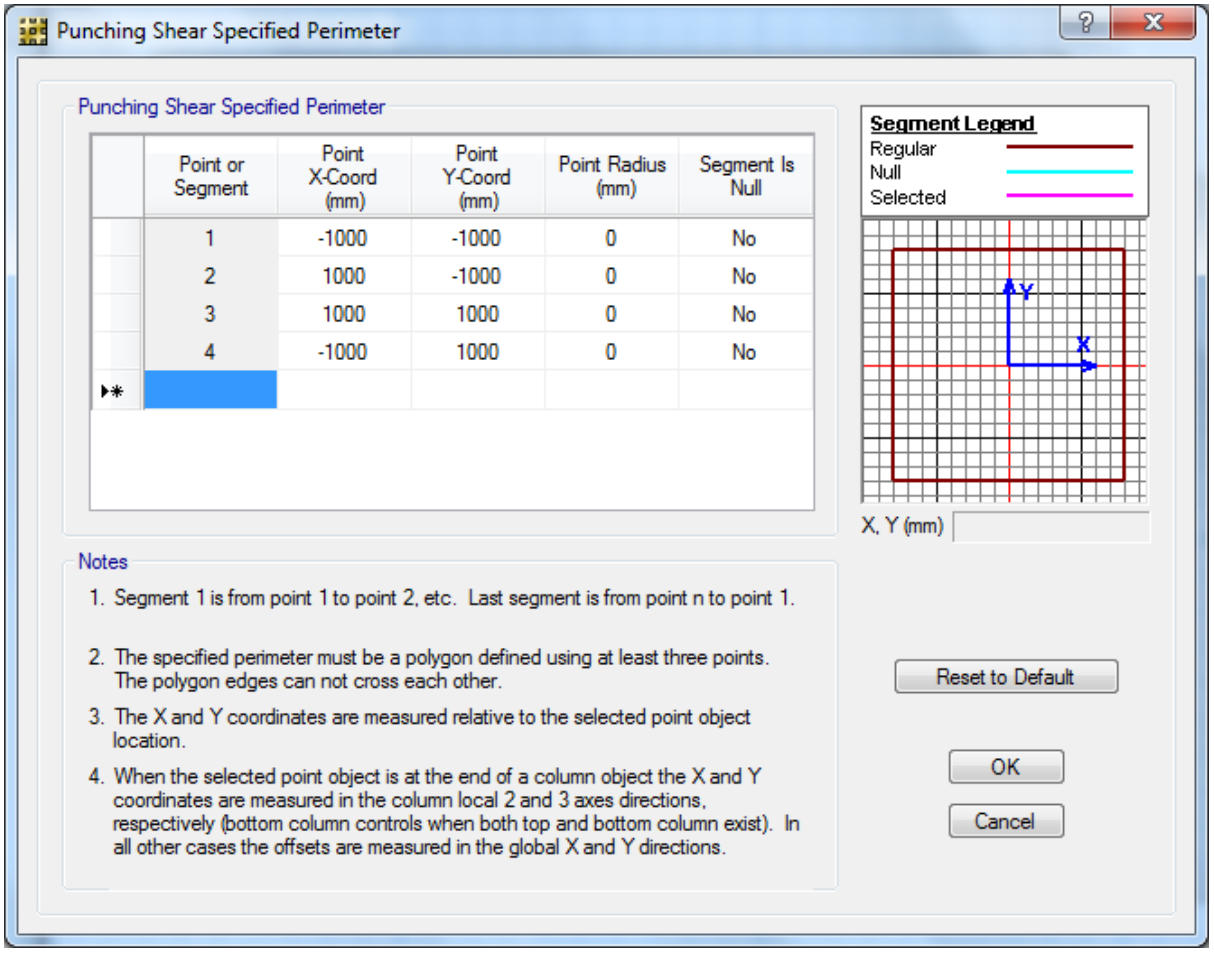
عدد حدودی: یک ستون چهل در چهل بر روی شالوده به ارتفاع شصت سانتی‌متری، حـدود ۲۵۰ تـن بار مرده قائم ضریبدار، می‌تواند تحمل کند.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

درآمدی بر محیط برش پانچ

به تصویر زیر توجه شود:

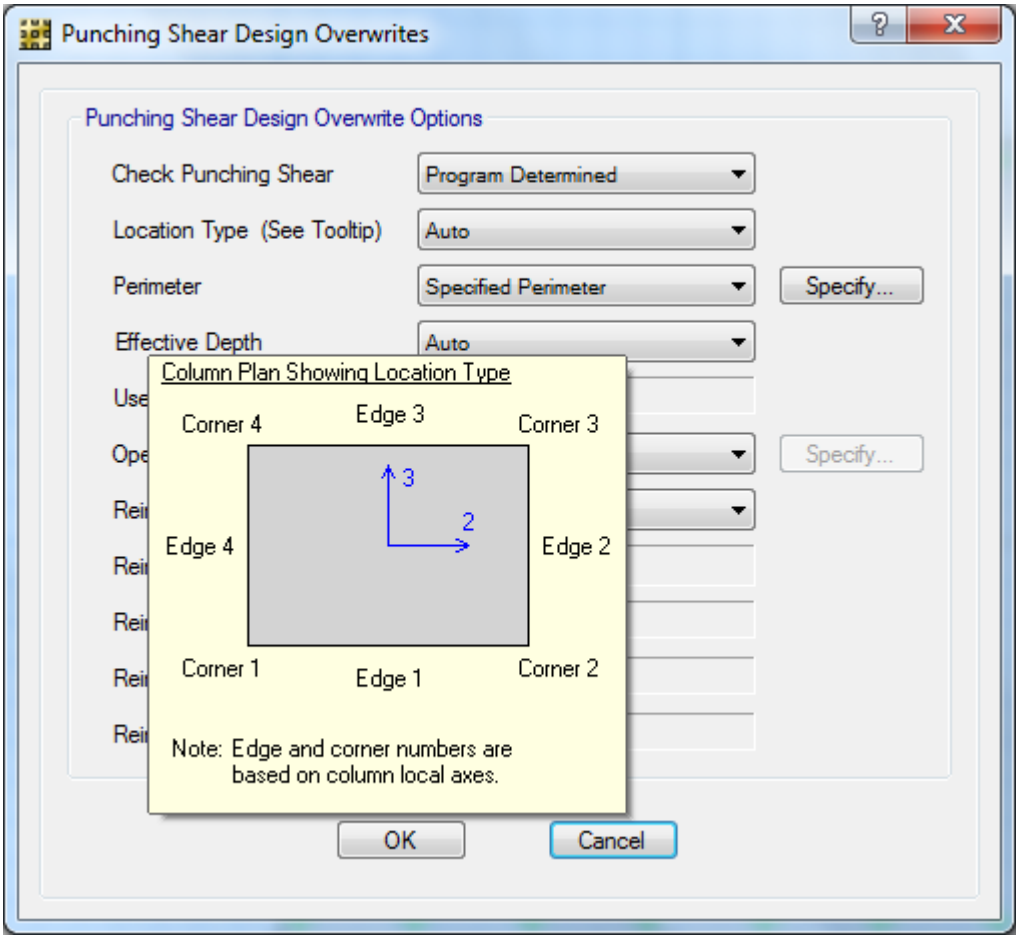


می‌شود در این قسمت محیط را به خوبی وارد کرد.

-

و همچنین این تصویر:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



به نظر من، اگر بگذاریم به دست $SAFE$ خیلی از اوقات غلط پولوت درمی‌آورد!

باید خودمان دست به کار شویم. و محیط برش پانچ را به او معرفی کنیم.

- - - - -

۳۴) کنترل برش پانچ ـ دیوار برشی

برنامه به روش خودش و کتاب آقای مستوفی‌نژاد نیز به روش خودش مشخصات مقاطع را حساب می‌کنند. البته واضح است که در نهایت جواب‌ها یکی است.

یعنی نباید گفت که چرا برای مقاطع مستطیلی $I_{23} = 0$ است. چون که ماجرایش فرق می‌کند با ممان اینرسی بیان شده در کتاب. در نرم‌افزار، یک رابطهٔ کلی وجود دارد برای خمش دومحوره که قابل فهم است.

در کتاب دکتر مستوفی‌نژاد، روابطی به صورت ساده‌شده در جدول آمده است که ماجرایش با ماجرای روش حل نرم‌افزار کاملاً فرق می‌کند. (صفحه ۳۹۵ جلد دوم طراحی بتن)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

چند یادآوری

تنش برشی بیشینه (v_{u1}) و کمینه در یک جهتی که عمود باشد چنین است: (مستوفی‌نژاد، جلد دوم، صفحه ۳۹۱)

$$v_{u1} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v M_u c}{J_c}$$

و

$$v_{u2} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v M_u c'}{J_c}$$

این رابطه بیان کننده «انتقال قسمتی از لنگر نامتعادل که با عملکرد برشی منتقل می‌شود» می‌باشد.

-

تنش مجاز برای برش منگنه‌ای به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$v_P = min \begin{cases} 0.265\phi(2 + \frac{4}{\beta_c})\sqrt{f_c'} \\ 0.265\phi(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0})\sqrt{f_c'} \\ 1.06\phi\sqrt{f_c'} \end{cases} \quad ; [kgf - cm]$$

-

برای اطلاع بیشتر به کتاب دکتر مستوفی‌نژاد، جلد دوم، صفحه ۵۴۷ مراجعه شود. (یکی از اعداد در کتاب آقای مستوفی‌نژاد نادرست تایپ شده. رابطهٔ صحیح چنین است. ($ACI - 08$)

$$v_P = min \begin{cases} \frac{\phi}{6}(1 + \frac{2}{\beta_c})\lambda\sqrt{f_c'} \\ \frac{\phi}{12}(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0})\lambda\sqrt{f_c'} \\ \frac{\phi\lambda\sqrt{f_c'}}{3} \end{cases} \quad ; \quad [N - mm]$$

و $\phi = 0.75$،

تصویر زیر از آیین‌نامه بتن آمریکا، سال ۲۰۰۸، می‌باشد که واحد آن $Metric - SI$ یا همان نیوتن، میلی‌متر است.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

11.11.2.1 — For nonprestressed slabs and footings, V_c shall be the smallest of (a), (b), and (c):

(a) $$V_c = 0.17\left(1+\frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}\,b_o d \qquad (11\text{-}31)$$

where β is the ratio of long side to short side of the column, concentrated load or reaction area;

(b) $$V_c = 0.083\left(\frac{\alpha_s d}{b_o}+2\right)\lambda\sqrt{f'_c}\,b_o d \qquad (11\text{-}32)$$

where α_s is 40 for interior columns, 30 for edge columns, 20 for corner columns; and

(c) $$V_c = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}\,b_o d \qquad (11\text{-}33)$$

R11.11.2.1 — For square columns, the shear stress due to ultimate loads in slabs subjected to bending in two directions is limited to $0.33\lambda\sqrt{f'_c}$. However, tests[11.61] have indicated that the value of $0.33\lambda\sqrt{f'_c}$ is unconservative when the ratio β of the lengths of the long and short sides of a rectangular column or loaded area is larger than 2.0. In such cases, the actual shear stress on the critical section at punching shear failure varies from a maximum of about $0.33\lambda\sqrt{f'_c}$ around the corners of the column or loaded area, down to $0.17\lambda\sqrt{f'_c}$ or less along the long sides between the two end sections. Other tests[11.62] indicate that v_c decreases as the ratio b_o/d increases. Equations (11-31) and (11-32) were developed to account for these two effects. The words "interior," "edge," and "corner columns" in 11.11.2.1(b) refer to critical sections with four, three, and two sides, respectively.

For shapes other than rectangular, β is taken to be the ratio of the longest overall dimension of the effective loaded area to the largest overall perpendicular dimension of the effective loaded area, as illustrated for an L-shaped reaction area in Fig. R11.11.2. The effective loaded area is that area totally enclosing the actual loaded area, for which the perimeter is a minimum.

واحد تصویر بالا، نیوتن ـ میلی‌متر است.

تصویر زیر از اسناد و مدارک نرم‌افزار $SAFE$ برگرفته شده است:

$$v_c = \min\begin{cases}\phi\left(2+\dfrac{4}{\beta_c}\right)\lambda\sqrt{f'_c}\\ \phi\left(2+\dfrac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}\\ \phi 4\lambda\sqrt{f'_c}\end{cases} \qquad \text{(ACI 11.11.2.1)}$$

where, β_c is the ratio of the maximum to the minimum dimensions of the critical section, b_o is the perimeter of the critical section, and α_s is a scale factor based on the location of the critical section.

$$\alpha_s = \begin{cases}40 & \text{for interior columns,}\\ 30 & \text{for edge columns, and}\\ 20 & \text{for corner columns.}\end{cases} \qquad \text{(ACI 11.11.2.1)}$$

A limit is imposed on the value of $\sqrt{f'_c}$ as:

$$\sqrt{f'_c} \le 100 \qquad \text{(ACI 11.1.2)}$$

واحد روابط تصویر بالا «**پوند، اینچ، ثانیه**» است.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

برای تبدیل واحدها، به فایل آموزشی مربوطه مراجعه شود.

-

انتقال قسمتی از لنگر نامتعادل که با عملکرد برشی منتقل می‌شود:

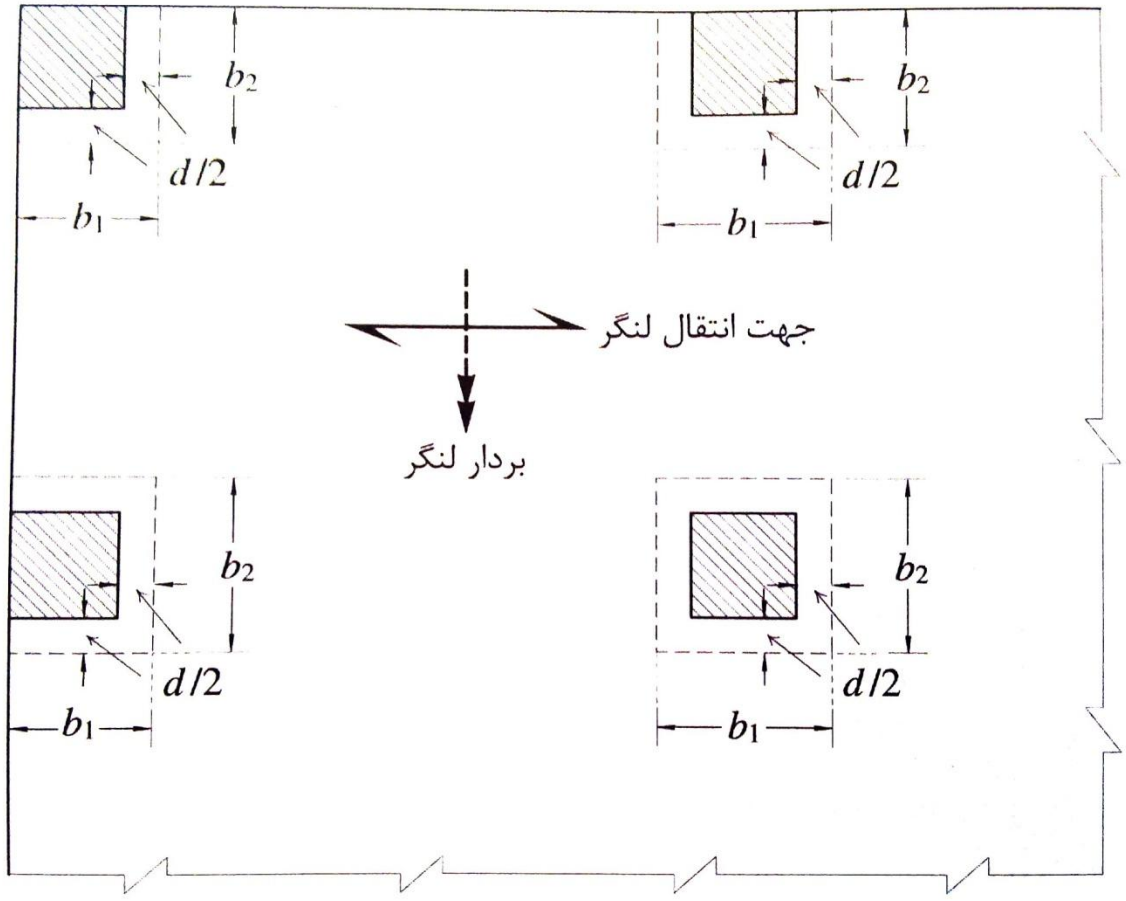
(مراجعه شود به کتاب دکتر مستوفی‌نژاد، جلد دوم، صفحه ۳۹۱)

$$\gamma_v = 1 - \gamma_f$$

که

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + (\frac{2}{3})\sqrt{b_1/b_2}}$$

در این رابطه b_1 بعد مقطع بحرانی برش منگنه‌ای در جهت دهانه‌ای است که لنگرها برای آن محاسبه شده‌اند؛ و b_2 بعد مقطع بحرانی برش منگنه‌ای در جهت عمود بر b_1 است.



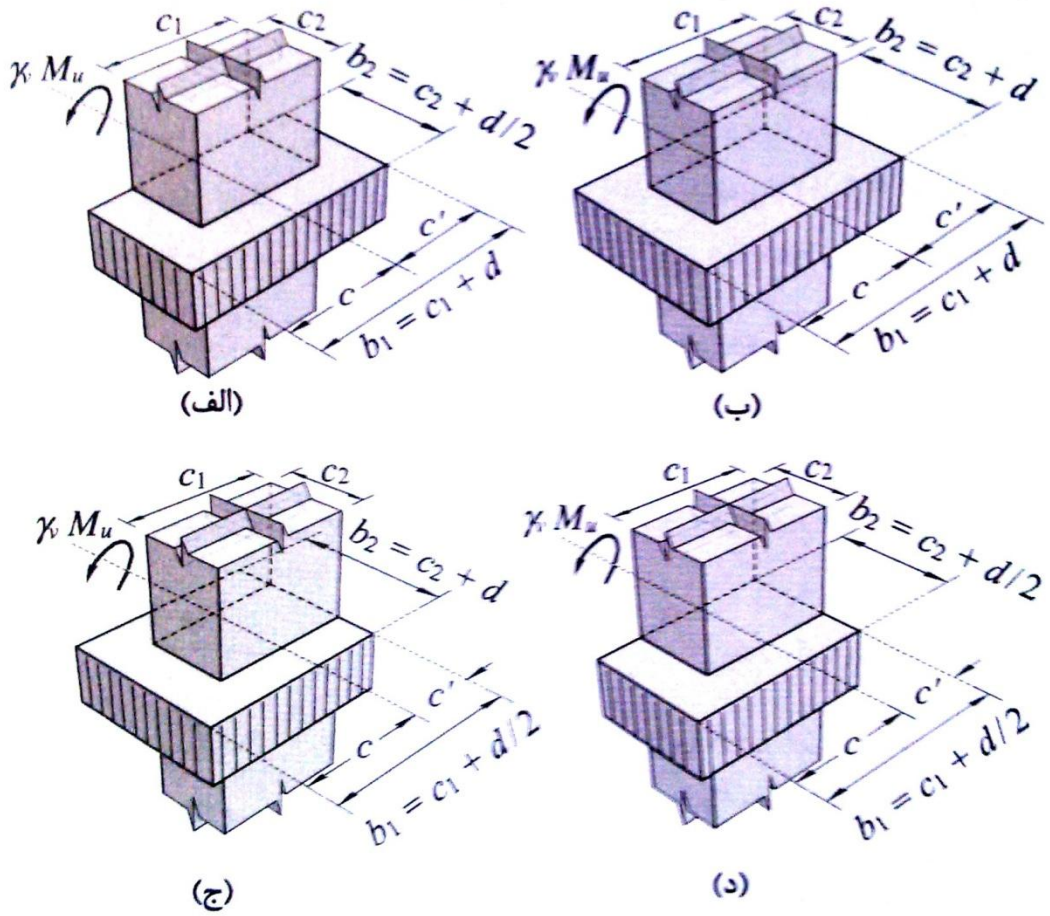
-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

جدول ۸-۱۴ *مشخصات مقطع بحرانی برش جهت محاسبات تنش برشی در پیرامون ستون‌های با مقطع مستطیلی*

وضعیت ستون	خصوصیات مقطع بحرانی برش دو طرفه
ستون کناری (حالت الف)*	$c=\frac{b_1}{2}$; $c'=\frac{b_1}{2}$; $A_c=(b_1+2b_2)d$ $\frac{J_c}{c}=\frac{1}{6}\left[b_1 d\,(b_1+6b_2)\right]$; $\frac{J_c}{c'}=\frac{1}{6}\left[b_1 d\,(b_1+6b_2)+d^3\right]$
ستون میانی (حالت ب)*	$c=\frac{b_1}{2}$; $c'=\frac{b_1}{2}$; $A_c=2(b_1+b_2)d$ $\frac{J_c}{c}=\frac{1}{3}\left[b_1 d\,(b_1+3b_2)+d^3\right]$; $\frac{J_c}{c'}=\frac{1}{3}\left[b_1 d\,(b_1+3b_2)+d^3\right]$
ستون کناری (حالت ج)*	$c=\frac{b_1^{\,2}}{2b_1+b_2}$; $c'=\frac{b_1(b_1+b_2)}{2b_1+b_2}$; $A_c=(2b_1+b_2)d$ $\frac{J_c}{c}=\frac{1}{6b_1}\left[2b_1^{\,2}d\,(b_1+2b_2)+d^3(2b_1+b_2)\right]$ $\frac{J_c}{c'}=\frac{1}{6(b_1+b_2)}\left[2b_1^{\,2}d\,(b_1+2b_2)+d^3(2b_1+b_2)\right]$
ستون گوشه (حالت د)*	$c=\frac{b_1^{\,2}}{2(b_1+b_2)}$; $c'=\frac{b_1(b_1+2b_2)}{2(b_1+b_2)}$; $A_c=(b_1+b_2)d$ $\frac{J_c}{c}=\frac{1}{6b_1}\left[d\,(b_1+4b_2)+d^3(b_1+b_2)\right]$ $\frac{J_c}{c'}=\frac{1}{6(b_1+2b_2)}\left[b_1^{\,2}d\,(b_1+4b_2)+d^3(b_1+b_2)\right]$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



شکل ۱۴-۳۶ نمایش خصوصیات مقطع بحرانی برش جهت محاسبات تنش برشی در پیرامون ستون‌های با مقطع مستطیلی

-

طریقه کنترل برش منگنه‌ای

برنامهٔ $SAFE$ در حال حاضر قابلیت کنترل برش منگنه‌ای زیر دیوارهای برشی را ندارد. امکان معادل‌سازی دیوارهای برشی با ستون وجود دارد. در این صورت برنامه برش منگنه‌ای زیر دیوارهای برشی را کنترل خواهد کرد. (باجی، پروژه‌ها، صفحه ۶۷۸)

کنترل دستی (محاسبه دستی) برش منگنه‌ای دیوار برشی (یا همان ستون) کار سختی نیست. و با یک نصف صفحه محاسبات به راحتی می‌توان به جواب رسید.

ضمناً، بین نتایج نرم‌افزار و محاسبات دستی، هیچ تفاوتی وجود نخواهد داشت و به هر دو روش می‌توان برش پانچ را کنترل کرد و نتایج یکسان خواهند بود.

-

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

۳۵) میلگردهای طولی و عرضی

-

میلگردهای طولی بر اساس لنگر خمشی نوارهای طراحی بدست می‌آیند.

میلگرد برشی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. (باجی، صفحه ۱۲۸)

-

دستور

$$Display > Show\ Slab\ Design\ \ (Shift + F9)$$

-

- یک جهت یا هر دو جهت

مثلاً در یک پی نواری؛ بین دو ستون را در نظر می‌گیریم. در این وسط فقط لنگر طولی داریم. دیگر عرضی نداریم! (البته آرماتور حداقل در هر دو جهت باید قرار داد که مسلم است.)

اما در زیر یک ستون، یا زیر دیوار برشی، در هر دو سمت لنگر داریم. در نتیجه در هر دو سمت بایستی به لنگر توجه کرد. مثلاً زیر یک ستون منفرد، در هر دو جهت لنگر داریم.

-

هنگام تماشای میلگردهای نوارهای طراحی، سمت چپ و پایین برنامه، اطلاعات مفیدی می‌دهد.

-

مبحث نهم (۱۳۸۸)

۹-۱۷-۵-۱ در پی‌های منفرد، گسترده و باسکولی (به جز تیرهای رابط) نسبت آرماتور به کار رفته در ناحیه کششی نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در بندهای ۹-۱۷-۸-۱ الی ۹-۱۷-۸-۴ باشد. (همان ۰/۰۰۲ خودمان!) در مورد تیرهای رابط پی‌های باسکولی حداقل آرماتور باید بر اساس بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ اختیار شود.

-

مبحث نهم (۱۳۸۸)

۹-۱۷-۵-۲ در پی‌های نواری مقدار نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ اختیار شود، مگر آنکه آرماتور به‌کار رفته به‌اندازه یک‌سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین‌شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی‌تواند کمتر از ۰/۰۰۱۵ اختیار گردد. (چنین چیزی اصلاً در ACI نیست.)

-

- محدودیت فولادهای طولی در پی‌ها (کتاب دکتر مستوفی‌نژاد، ج ۲، ص ۵۵۲)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

آیین‌نامه‌ها حداقل فولاد خمشی در پی‌ها و دال‌های سازه‌ای را به حداقل فولاد افت و حرارت محدود می‌کنند. $ACI318$ نسبت سطح مقطع فولاد افت و حرارت به سطح مقطع کل بتن را (برابر با 0.002 برای میلگردهای آجدار با تنش تسلیم $300\ MPa$ و $350\ MPa$) ، و (برابر با 0.0018 برای میلگردهای آجدار با تنش تسلیم $420\ MPa$) تعیین می‌کند. حداکثر فاصلهٔ میلگردهای خمشی در دال‌ها و پی‌ها به $\min\{3h, 500mm\}$ محدود می‌شود؛ که h ضخامت دال یا پی است.

لازم به ذکر است که اگر در یک راستای مشخص از دال یا پی لنگر خمشی وجود نداشته باشد، سطح مجموع میلگردهای بالا و پایین تعبیه شده در آن راستا نباید کمتر از فولاد افت و حرارت باشد؛ در این حالت حداکثر فاصلهٔ میلگردهای افت و حرارت به $\min\{5h, 500mm\}$ محدود می‌شود.

(اگر خوب بند بالا را خوانده باشی، به نظر من چیزی نیست که فروگذار شده باشد!)

-

آیین‌نامه ایران

حداقل قطر آرماتور در شالوده‌ها $10\ mm$

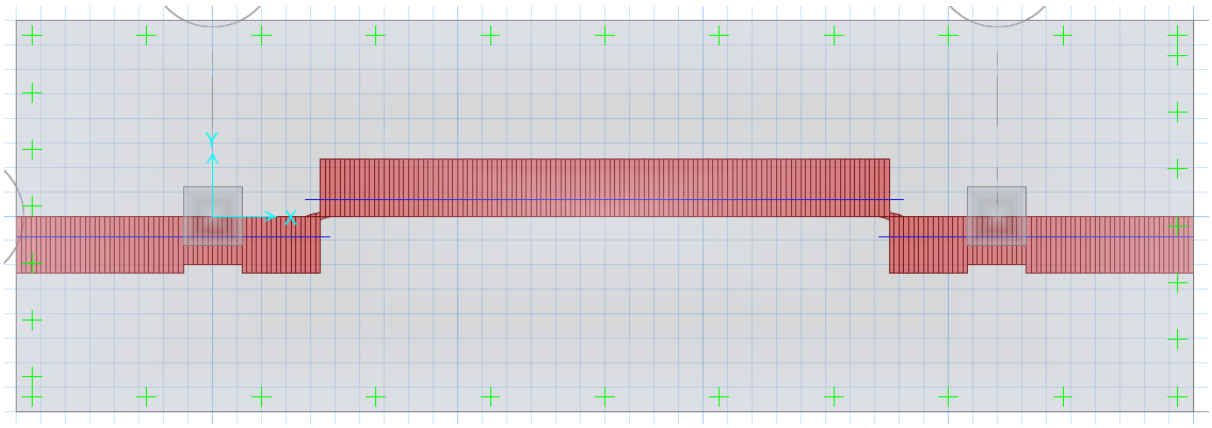
فاصله محور تا محور میلگردها در شالوده‌ها به حداقل $100\ mm$ و حداکثر $350\ mm$ محدود می‌شود.

-

نکته مهم در مورد برنامه

هر سمتی که از یک مقدار کوچک، نه صفر، لنگر بیشتری داشته باشد، برنامه میلگرد حداقل را برای او قرار می‌دهد. علت این مقدار کوچک، بازمی‌گردد به «حداکثر بعد مش‌بندی». با ریز شدن مش‌بندی این مسئله اهمیت ش بسیار کم می‌شود.

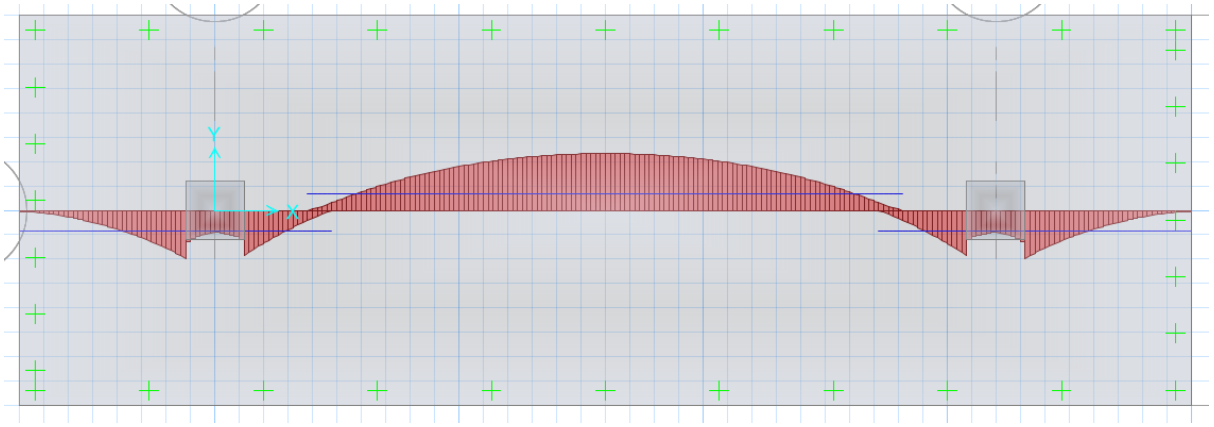
به تصویر زیر نگاه کنیم:



تمام خطوط افقی میلگرد حداقل است. و آن خط‌های آبی‌رنگ در واقع نیاز به میلگرد را نشان می‌دهد. (بدون در نظر گرفتن طول مهاری در بتن.)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

اگر بخواهیم که میلگرد حداقل خمشی را رعایت نکند، شکل چنین است:



-

نگاهی به اسناد برنامه:

2.6.1.3 Minimum and Maximum Slab Reinforcement

The minimum flexural tension reinforcement required for each direction of a slab is given by the following limits (ACI 7.12.2):

$$A_{s,\min} = 0.0020\ bh \text{ for } f_y = 40 \text{ ksi or } 50 \text{ ksi} \qquad \text{(ACI 7.12.2.1(a))}$$

$$A_{s,\min} = 0.0018\ bh \text{ for } f_y = 60 \text{ ksi} \qquad \text{(ACI 7.12.2.1(b))}$$

$$A_{s,\min} = \frac{0.0018 \times 60000}{f_y} bh \text{ for } f_y > 60 \text{ ksi} \qquad \text{(ACI 7.12.2.1(c))}$$

به نظر من برنامه از ضریب 0.002 برای میلگردهای معرفی شده ما استفاده می‌کند. کار خوبی هم می‌کند!

-

- حداقل میلگرد حرارت و جمع‌شدگی

نکته مهم: برنامه تنها در یک سمت (پایین یا بالای شالوده) میلگرد حداقل را قرار می‌دهد. (در هر مقطع، در سمتی که لنگر خمشی بیشتری دارد.)

به پیوست رجوع شود.

-

نکته:

در پی‌ها میلگرد حداقل خمشی، آنطوری که در تیرها داشتیم و محاسباتی بود، مطرح نیست.

-

یکی دیگر از منابع خوب:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

جزوه ۴۰۰ صفحه‌ای آقای دکتر محمدرضا جعفری. (سایت ایران‌سازه.)

-

- توضیح در مورد رعایت کردن میلگرد حداقل

وقتی می‌گوییم میلگرد حداقل، یعنی اگر از این حد آرماتور کمتر شد، میلگرد حداقل را می‌گذاریم.

در مورد پی نواری، آمریکا که گویا چیزی نگفته. اما مبحث نهم، مطالبی گفته.

می‌دانیم که در پی نواری تقریباً همیشه در یک مقطع هم لنگر مثبت داریم، هم منفی. مخصوصاً اگر قاب خمشی باشد که این امر مسلم است.

مرحله اول

مقادیر

$0.0011\ bh =$
$0.0015\ bh =$
$0.0019\ bh =$
$0.0025\ bh =$

را محاسبه می‌کنیم.

تا اونجایی که بیش از ۰/۰۰۲۵ هست که هیچ! خودش را می‌گذاریم.

بین ۰/۰۰۲۵ و ۰/۰۰۱۹ را مقدار ۰/۰۰۲۵ می‌گذاریم.

بین ۰/۰۰۱۹ و ۰/۰۰۱۱ مقدار 1.3 برابر آرماتور محاسباتی باید قرار گیرد.

کمتر از ۰/۰۰۱۱ مقدار ۰/۰۰۱۵ باید قرار بگیرد.

-

این شکل میلگردگذاری کار سختی است. در نتیجه ساده‌سازی می‌کنیم:

i. دو مقدار ۰/۰۰۱۵ و ۰/۰۰۲۵ را محاسبه می‌کنیم.
ii. همه جا را، هم در بالا، هم در پایین، مقداری ۰/۰۰۱۵ میلگرد سراسری قرار می‌دهیم.
iii. از مقطعی که نیاز به ۰/۰۰۱۵ دارد تا مقطعی که نیاز به ۰/۰۰۲۵ دارد، مقدار ۰/۰۰۲۵ قرار می‌دهیم.

در این صورت؛

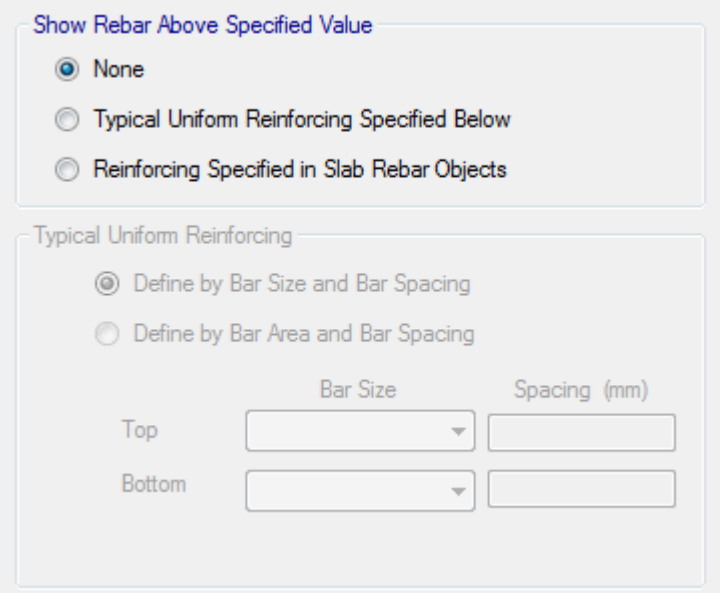
مقدار کمی میلگرد (از ۰/۰۰۱۱ تا ۰/۰۰۱۵) کمتر از مبحث نه قرار خواهد گرفت.

مقدار کمی میلگرد (از ۰/۰۰۱۵ تا ۰/۰۰۱۹) بیشتر از مبحث نه قرار خواهد گرفت.

-

- توضیحی در مورد میلگردگذاری عمومی (سراسری)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

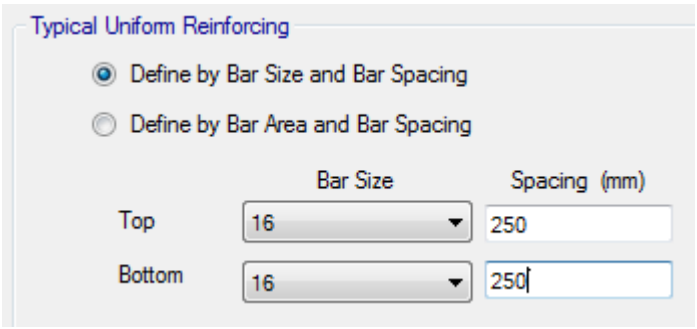


گزینهٔ اول‌ش که $none$ است و هیچ!

گزینهٔ سوم بر اساس میلگردهایی است که مستقیماً رسم شده. که حداقل در پی‌ها آنچنان کاربردی ندارد.

اما گزینه دوم:

وقتی این قسمت را علامت دار می کنیم، قسمت زیر آشکار می‌شود:



هدف این است که دریابیم برنامه چطور این میلگردها را قرار می‌دهد.

با مثالی ساده همه چیز مشخص می‌شود.

پی با مقطع مستطیل به عرض $1000\ mm$ و ارتفاع پی هرچقدر می‌خواهد باشد.

از برنامه می‌خواهیم هر $190\ mm$ میلگرد 16 را برای ما قرار دهد.

برنامه می‌آید:

$$\frac{1000}{190} = 5.26$$

و این عدد را در مساحت میلگرد 16 ضرب می‌کند:

$$5.26 \times 201mm^2 = 1057mm^2$$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

و این مقدار مساحت میلگرد را در پی به عنوان میلگرد عمومی فرض می‌کند.

نتیجه اینکه:

برنامه نمی‌آید جزء صحیح بگیرد.

بنابراین:

اگر بخواهیم در پی به عرض یک متر 5 میلگرد 16 به صورت عمومی قرار دهیم، باید فاصلهٔ میلگردها را $200\ mm$ وارد کنیم. و این یعنی؛ نبایستی پوشش بتن را از دو سمت کم کنیم!

-

- حداقل فولاد برشی (یادآوری رابطه)

در همه اعضای خمشی بتن‌آرمه که در آن‌ها $V_u > V_c/2$ باشد، حداقل فولاد برشی از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = 0.35\frac{b_w}{f_y}\ (mm^2/mm) \quad ; \quad [N\ , mm]$$

این رابطه برای مبحث نهم است.

مقدار حاصل از ACI عددی نزدیک به همین رابطه می‌شود.

-

- - - - -

۳۶) مرور نتایج خروجی – نیرو ها

-

مرور نتایج خروجی ـ $Deformed\ shaped$

مرور نتایج خروجی – $Show\ slab\ forces$

مرور نتایج خروجی – $Show\ beam\ forces$

مرور نتایج خروجی – $Show\ strip\ forces$

می‌توان پوش را گرفت و به صورت دستی طراحی خمشی و برشی را کنترل کرد.

-

می توان از $Show\ \ Tables$ استفاده کرد.

و می‌توان از نتایج پرینت هم گرفت.

-

پس از طراحی، با کلیلک راست بر روی «نوار طراحی» اطلاعات خوبی نمایش داده می‌شود.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

- - - - -

۳۷) رسم خروجی‌های طراحی

-

خروجی‌های میلگرد را می‌توانی به روش‌های مختلف بدست آورد و نقشه را رسم نمود.

خود برنامه نیز توان ترسیم نقشه پی را دارد.

-

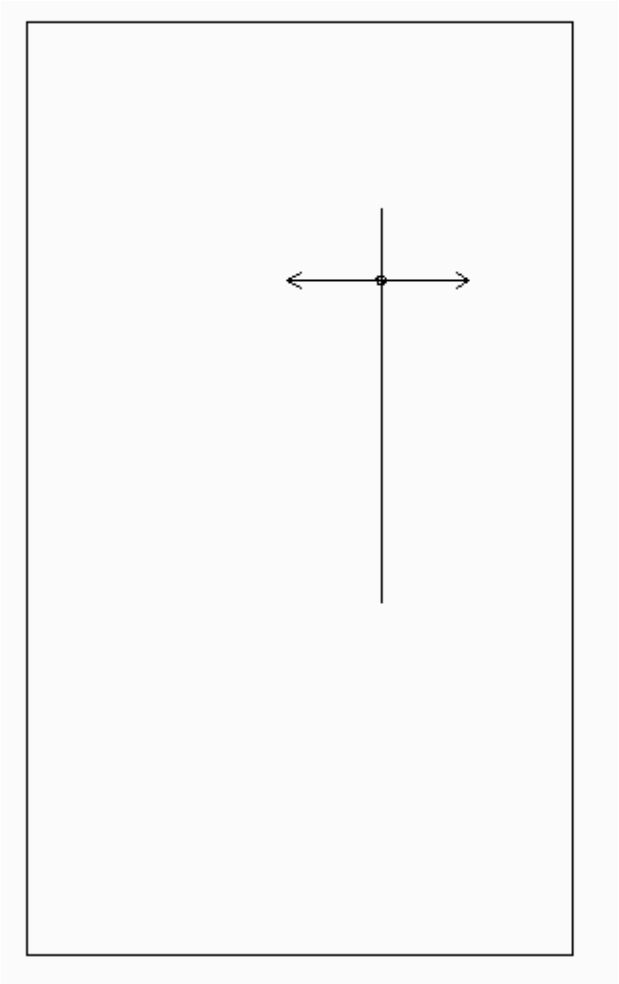
تحقیق شود؟؟؟

برنامه چطور نقشه خروجی می‌دهد. (دکمه $Shift + F5$)

-

نکته

در خواندن نقشه یا رسم آن، اینطور است که:



این فلش یعنی:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

از این سر فلش تا آن سر فلش باید آن میلگردی که بر او عمـود هسـت و دایـره هـم دارد، بایـد قـرار بگیرد. نه اینکه جهت فلش، جهت قرارگیری میلگرد باشد!

در رسم دیوار برشی نیز مشابه این داریم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

۳) پیوست

- - - - -

۱) تأثیر «ضریب بستر خاک» بر فشار خاک، نشست و میلگرد

-

(متن قدیمی!)

-

هر چه خاک زیر شالوده دارای ضریب بستر بیشتر باشد، نشست کمتر است و میزان برش هم کم تـر. (مثل ضریب الاستیسیته عمل می‌کنه.)

من یک پی منفرد مربع دو متر و چهل در دو متر و چهل مدل کردم. بعد برش را دیدم. هر چه میزان ضریب بستر خاک را بیشتر می کردم و درنتیجه نشست کم می شد، میزان برش در بر ستون و در همه جـا کمتر می شد. راست می گوید. علت اش را هم این می دانم که اگر میزان انعطاف‌پذیری خاک کم باشد نیرو در کل سطح پی پخش می شود و اگر نباشد تنها در زیر ستون به خاک منتقل می‌شود!

نکته اینکه: در زمین‌های سست، ضخامت پی را بهتر است بیشتر بگیریم.

-

فرض کنید خاک زیر شالوده صلب باشد. دیگر انحنایی نخواهیم داشت و کرنش و در نتیجه تنشـی در پایین شالوده نخواهیم داشت. البته ممکن است که در بالای شالوده مقداری جمع شود.

در نتیجه جای تعجب ندارد، هنگامی که خاک سخت‌تر معرفی می‌شود، خمش در، تقریبا، زیر سـتون کمتر می شود.

نبایستی ضریب بستر خاک را زیاد گرفت. چون خمش کم شده و میلگرد کم!

نبایستی ضریب بستر خاک را کم گرفت. چون انحنا زیاد و خمش زیاد و میلگرد زیاد!

-

بین 1.5 تا 2.5 می‌تواند بازی کند. چون اطلاعات خاک ندارم، اظهار نظر نمی‌کنم.

-

مثال عددی:

یک پی منفرد دو و چهل در دو و چهل، مثال کتاب را رفتم. بیست تا فی دوازده لازم داشت.

ضریب بستر خاک را مقدار اندکی کم کردم. دیدم که نرم اینبار نوزده تا فی دوازده می‌خواهد.

سپس ضریب بستر خاک را بسیار کم دادم، باز هم نوزده تا فی دوازده می‌خواست!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

نتیجه:

این امر نشان می دهد که این حدود ضریب بستر خاک بحرانی ترین حالت است. البته برای خمش. و بر روی تنش واقعی زیر پی تأثیر می‌گذارد. و باید ضریب بستر خاک واقعی باشد.

آنگاه آمدم و ضریب بستر خاک را بالا دادم، یعنی خاک به سمت صلب رفت و جلوی انحنا شالوده را گرفت و خمش کم شد و شد ده تا فی دوازده.

این امر یعنی که برای خمش پی خیلی خوب شد (برای شالوده های روی پی سخت).

در نهایت:

-

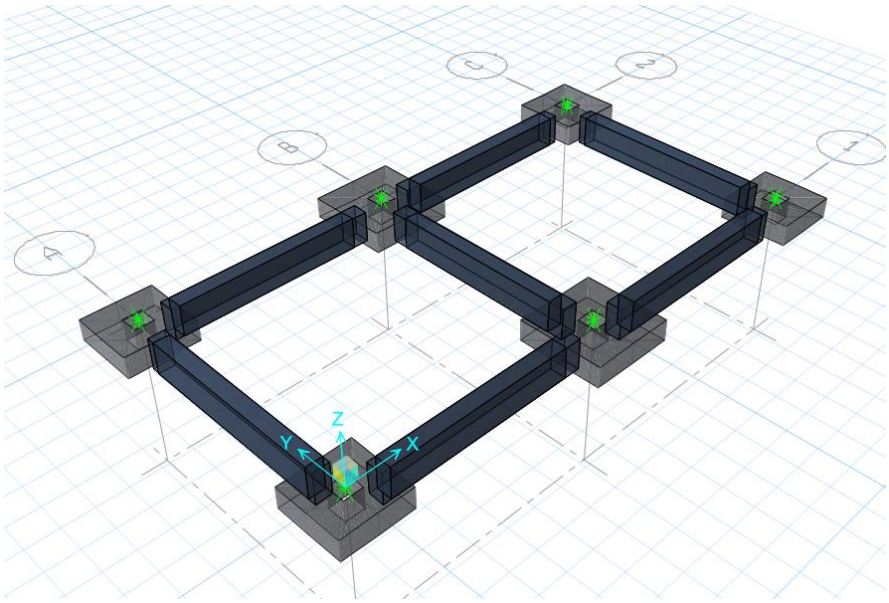
- - - - -

۲) مروری بر پی‌های منفرد مرتبط با شناژ

-

اول اینکه تا آنجا که ممکن است، حتی برای ساختمان‌های یک طبقه، حتی یک انباری، از این نوع پی استفاده نکنیم!

-



-

کلاف‌های رابط بین پی‌های مجاور

بر اساس مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان، کلاف‌های رابط باید برای نیروی کششی معادل ده درصد بزرگ‌ترین نیروی محوری نهایی وارد به ستون‌های طرفین خود طراحی شوند. ابعاد کلاف رابط باید متناسب با ابعاد شالوده و حداقل ۳۰۰ میلی‌متر اختیار شود؛ به طوری که سطح فوقانی آن با پی یکسان

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

باشد. تعداد میلگردهای طولی کلاف‌ها باید حداقل ۴ عدد، و قطر آن‌ها حداقل ۱۴ میلی‌متر باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر، و با فواصل حداکثر ۲۵۰ میلی‌متر مهار شوند. میلگردهای طولی کلاف‌ها باید در شالوده‌های میانی ممتد باشند، و در شالوده‌های کناری در بر ستون مهار شوند. (سازه‌های بتن‌آرمه؛ مستوفی‌نژاد، جلد دوم، صفحه ۵۶۰)

-

- - - - -

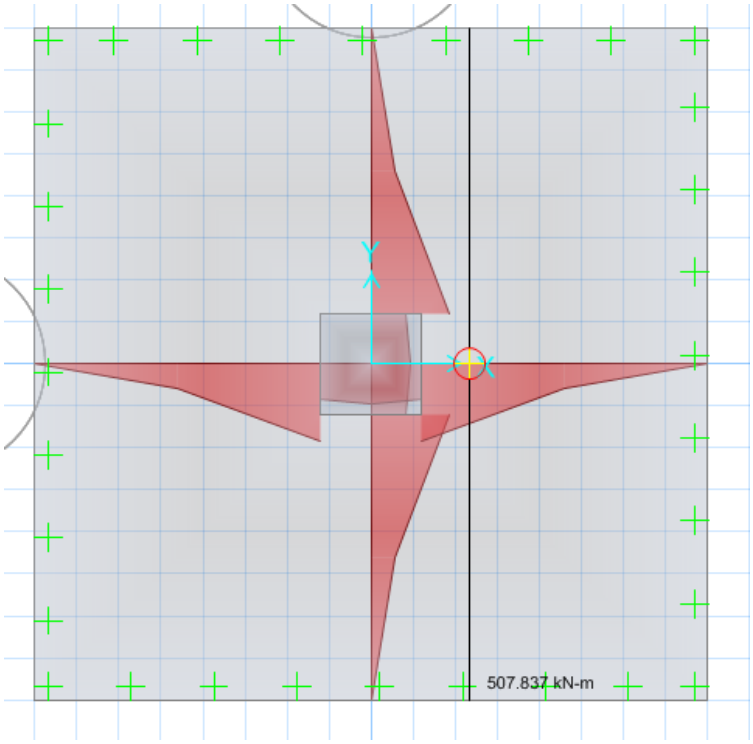
۳) قرارداد علامت در برنامه

-

قبل از شروع؛ می‌دانیم که با زدن دکمه 1z می‌توان از کنار نیز به پی نگاه کرد.

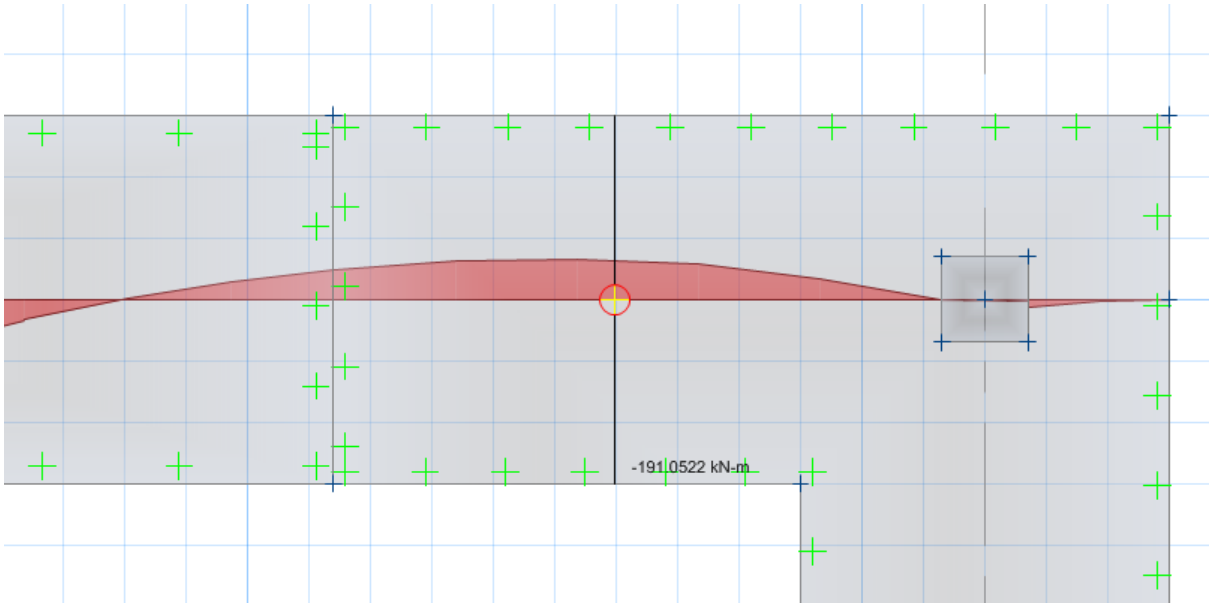
-

به این تصویر نگاه کنیم.



و همچنین به این عکس:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



با بررسی تصاویر بالا به این نتایج می‌رسیم:

در برنامه $SAFE$ ، بالا، آسمان است! $(+y)$

در برنامه $SAFE$ ، لنگر مثبت یعنی که پایین در کشش باشد. (طبق قرارداد بالا.)

در برنامه $SAFE$، لنگر مثبت در حالت پیش‌فرض در سمت کشش رسم می‌شود.

از بالا که نگاه می‌کنیم، پایین و راست، یعنی زیر پی، بالا و چپ یعنی روی پی.

-

در منوی $Option$ یک گزینه هست به نام $Moment\ Diagrams\ on\ Tension\ Side$.

در حالت معمولی این تیک زده است.

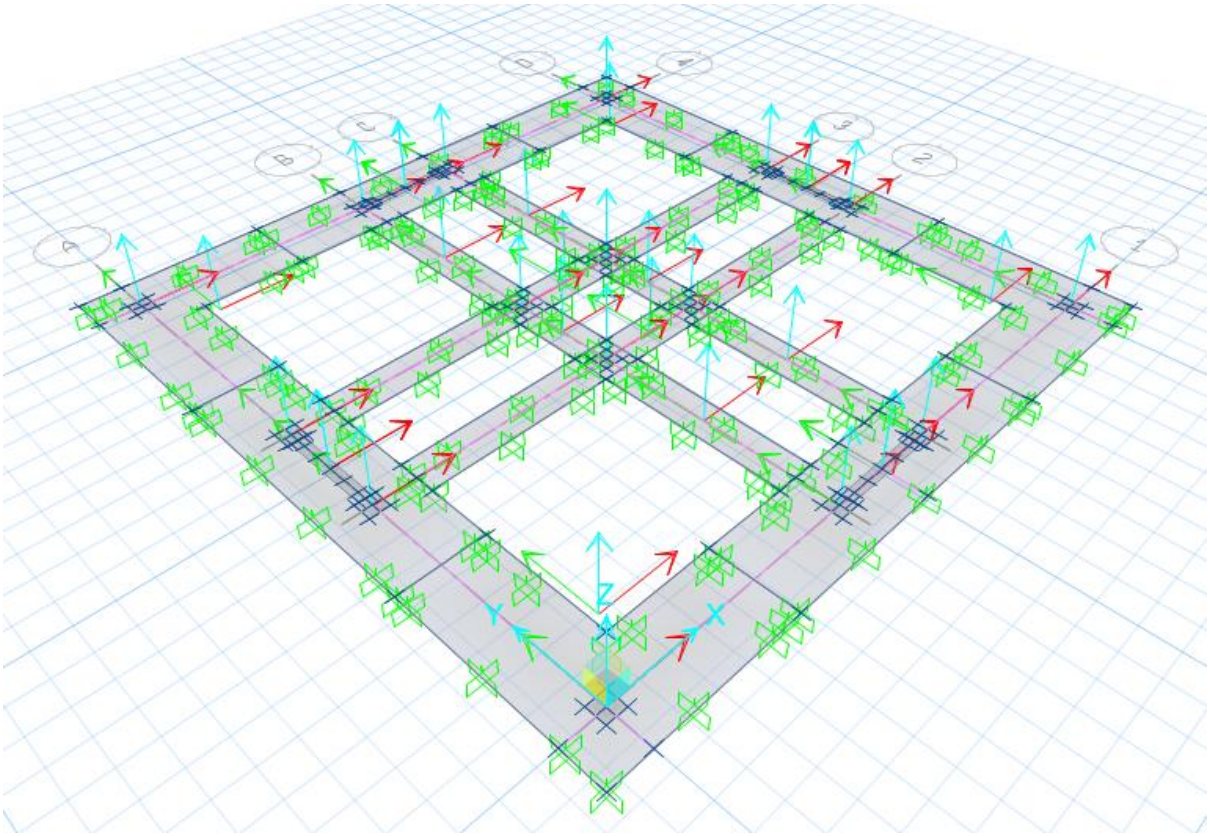
-

وقتی می‌خواهیم نیرو «نوار طراحی» را نگاه کنیم، می‌زنیم Max، یعنی نیروی داخلی مثبت (برای لنگر یعنی پایین در کشش) و Min هم یعنی نیروی داخلی منفی. (منظور کم و بیش نیست. منظور علامت است!)

-

و نگاهی به این تصویر بیاندازیم، بد نیست!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



یادمان هست که برنامه‌های CSI همه پرسپولیسی هستند! (یعنی قرمز محور یک و اصلی است.)

در نتیجه تنش $S11$ می‌تواند همان تنشی باشد که ما بیشتر دنبال آن هستیم.

-

- - - - -

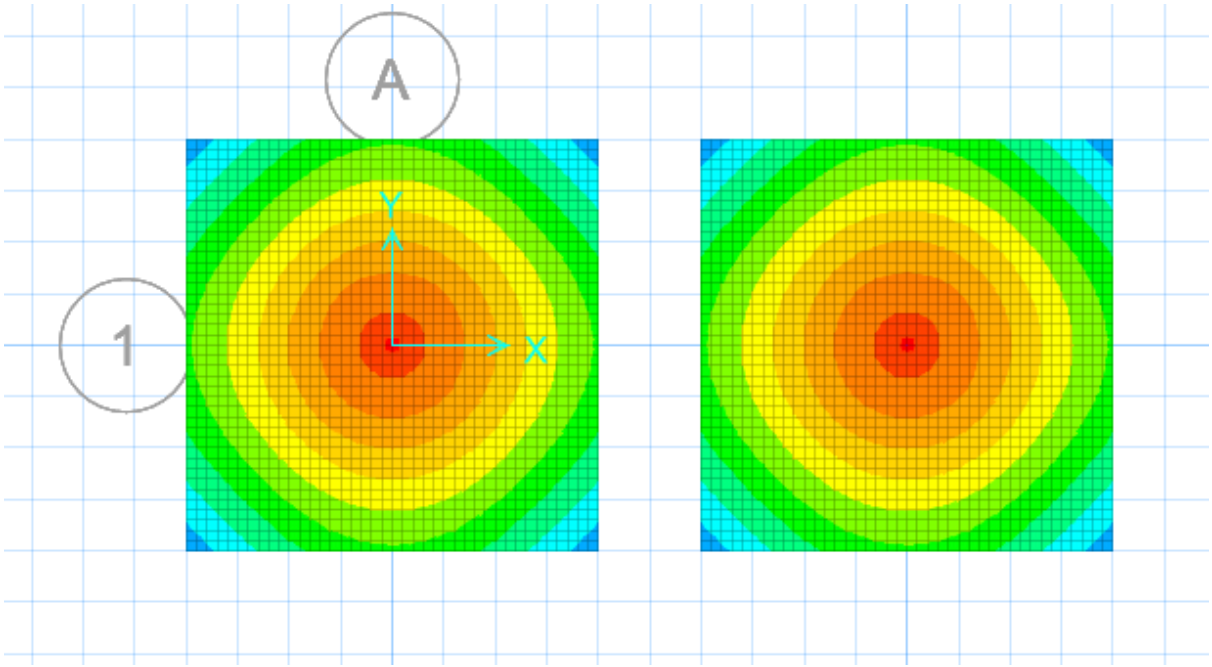
Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

۴) نوار طراحی چطور کار می‌کند

-

برای اینکه ببینیم نوار طراحی چطور کار می‌کند و در طراحی چطور به ما کمک می‌کنـد، بایسـتی بـا مثال آموخت:



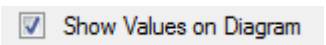
باید توجه کرد که برای تحقیق این مسئله حتماً نیاز است که مش‌بندی المان سطح بسیار ریـز باشـد. در این نمونه حداکثر بعد جزء محدود برابر ۱۰ سانتی‌متر معرفی شده است.

-

یک یادآوری کوچک!

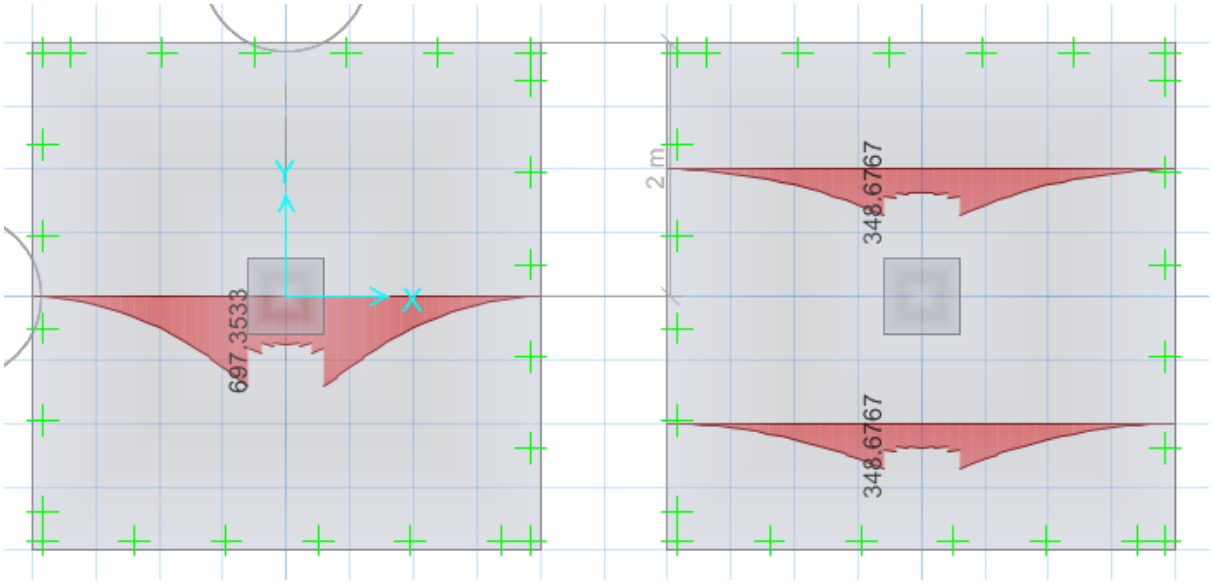
یک مقطع داریم، که مقطع یک لنگری دارد. و طراحی فولاد یعنی اینکه ببینـیم چقـدر میلگـرد لازم داریم که زحمت کشش مقطع را بر دوش بکشد.

-

با استفاده از دستور و گزینهٔ 

شکل زیر را تولید می‌کنیم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



در نمونه سمت چپ، یک نوار طراحی داریم که از وسط رد شده. در نمونه سمت راست؛ دو نوار طراحی داریم که با هر کدام نصف عرض پی را پوشش می‌دهند.

با دقت در اعداد، به دلپذیری مشاهده می‌شود که جمع حداکثر لنگرهای سمت راست برابر لنگر بیشینهٔ سمت چپ است.

-

نتیجه اینکه:

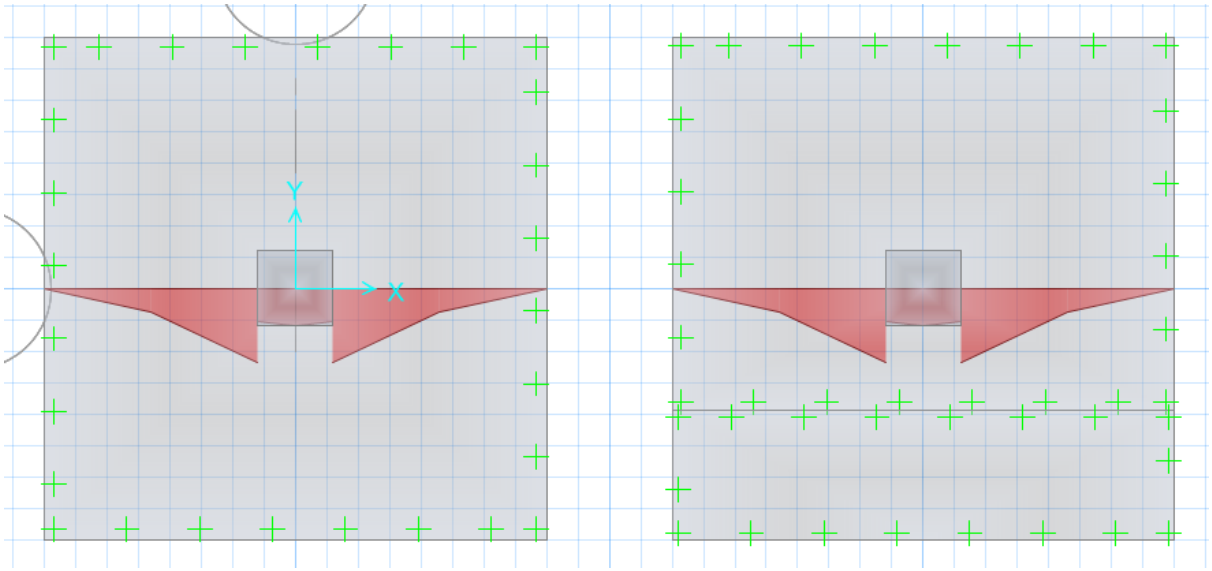
در پی نیروی داخلی داریم. نوار طراحی می‌آید و جمع می‌کند نیروهای داخلی را در عرضی که به آن معرفی کردیم.

باید توجه کرد که در توزیع میلگرد خمشی پایین پی، وسط‌ها لنگر بیشتر است. و گوشه‌ها لنگر کمتر. بنابراین بهتر است میلگردها در وسط متراکم‌تر از پهلوها باشد. به طور مثال، می‌توان همین پی منفرد را با یک نوار ستونی میانی و دو نوار کناری در پهلوها طراحی کرد تا دقت طراحی و در واقع دقت توزیع میلگرد افزایش یافت. این کار برای یک پی منفرد کوچک چندان لازم نیست، اما برای پی گسترده حتماً بایستی صورت بگیرد.

-

در مثال دیگری، دو پی مشابه را بررسی می‌کنیم که البته در نمونه سمت راستی، پی از دو قسمت تشکیل شده است. (در تصویر مشخص است.)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

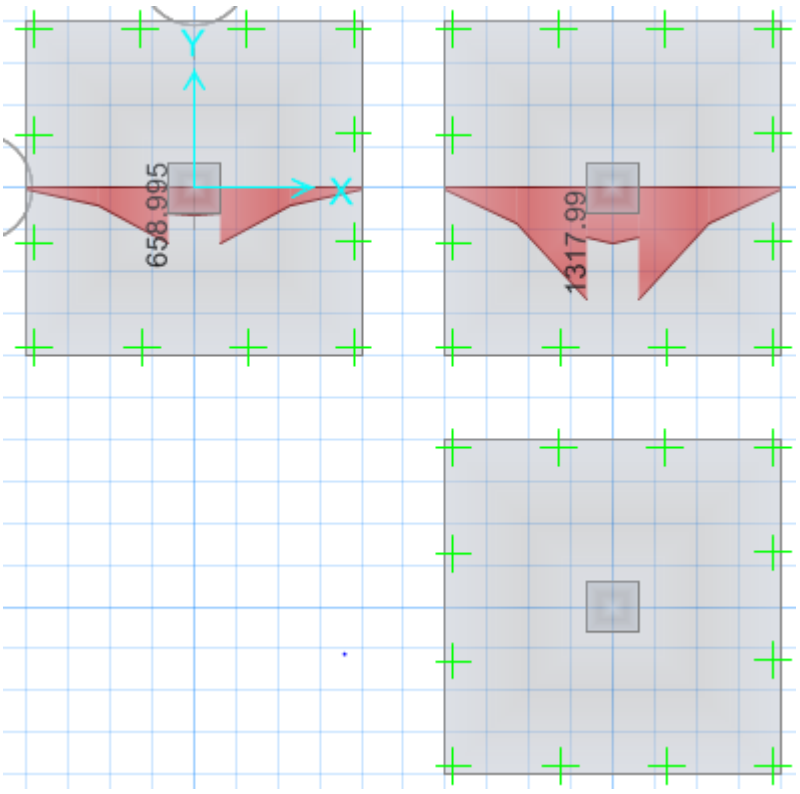


نتیجه:

نوار طراحی می‌فهمد که پی زیرش چیست و ضخامت ش را می‌فهمد. و برایش مهم نیست که پـی‌هـا یکی باشند یا خیر. کاری که «نوار طراحی» می‌کند، می‌آید و نیروی داخلی کل اجزاء محدود را در راسـتای مورد نظر جمع می‌کند.

-

مثال دیگر:



-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

توضیح اینکه:

دو پی سمت راست از هم جدا هستند. اما نوار طراحی سمت راستی هر دو را شامل می‌شود.

نتیجه:

اینکه نوار طراحی می‌آید و تمام لنگرهایی که در محدوده ی خودش است را جمع می‌زند. و حتی نیاز ندارد المان‌های سطحی به یکدیگر متصل باشند.

-

- - - - -

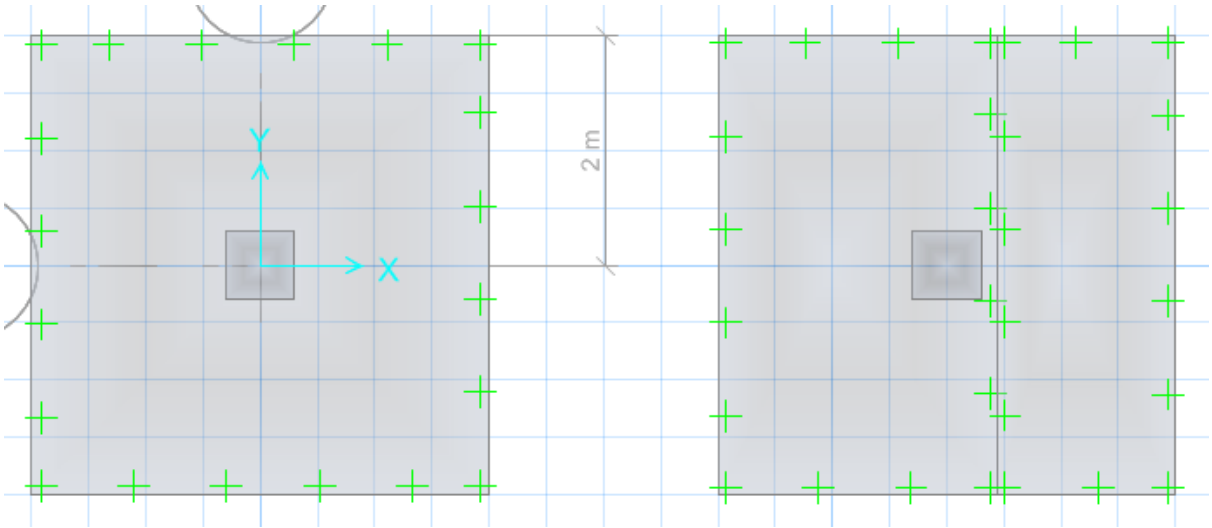
۵) تاثیر تغییر ضخامت پی بر لنگر آن

-

جایی پیش می‌آید که برای جواب دادن برش پانچ نیاز می‌شود که ضخامت در قسمت‌هایی افزایش یابد. و یا جایی پیش می‌آید که برای افزایش بازوی لنگر میلگردهای خمشی به کار رفته، لازم است آنجاها که لنگر خیلی زیاد است، عمق مقطع بیشتر از اطراف باشد. و یا طور دیگر بگوییم، جایی ضخامت پی بیش از حد زیاد است. برای اقتصادی‌تر شدن پی لازم می‌شود که ضخامت پی متغیر باشد.

-

دو پی را در نظر بگیریم:

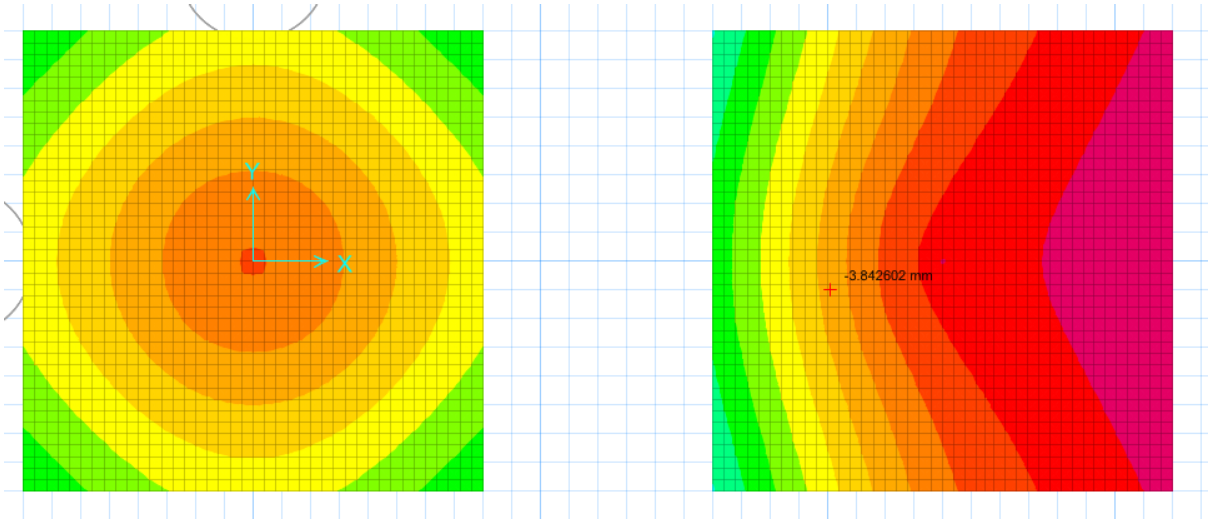


در نمونه سمت چپ؛ ضخامت پی ۵۰۰ میلی‌متر است. در نمونه سمت راست؛ دو ضخامت داریم: ضخامت قسمت چپ برابر ۵۰۰ میلی‌متر و ضخامت قسمت سمت راست برابر ۱۰۰۰ میلی‌متر است. (به شکل توجه شود.)

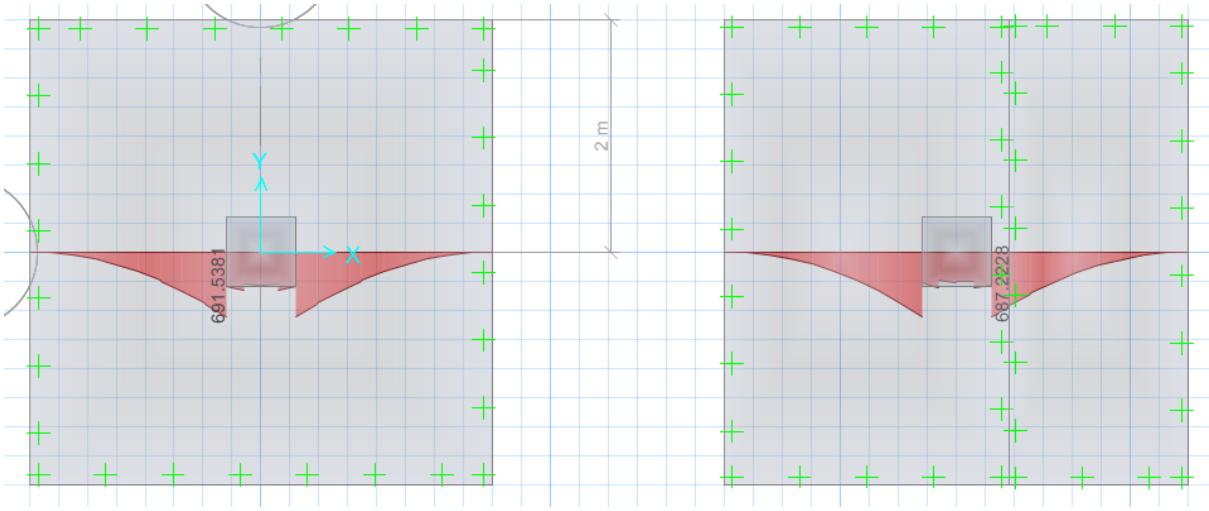
-

تغییرمکان قائم:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



می‌خواهیم ببینیم چه تأثیری بر لنگر «نوار طراحی» می‌گذارد.



می‌بینیم که تقریباً ناچیز!

نتیجه:

تغییر ضخامت پی تأثیر چندانی بر لنگر این پی نداشت. (در این مثال)

البته در پی‌های عمیق‌تر و عریض‌تر متصل به ستون و احیاناً دیوار برشی این تفاوت لنگر بیشتر به چشم می‌آید.

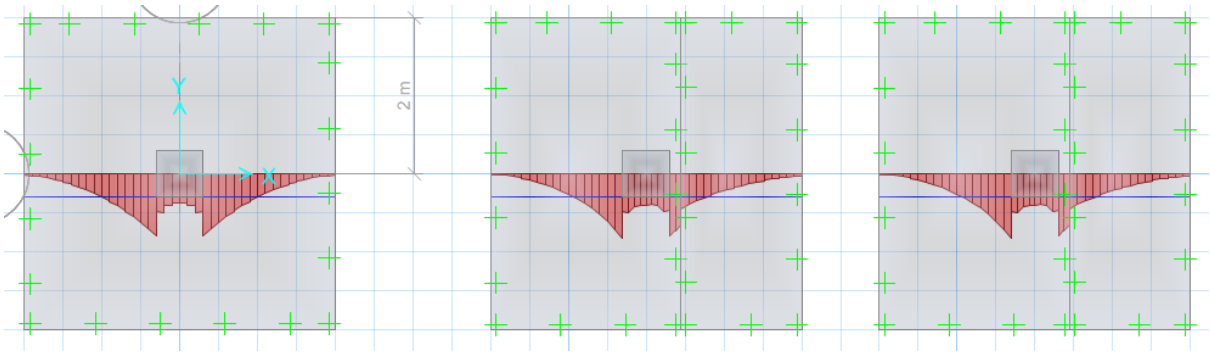
- - - - -

۶) تاثیر تغییر ضخامت پی بر «نوار طراحی»

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

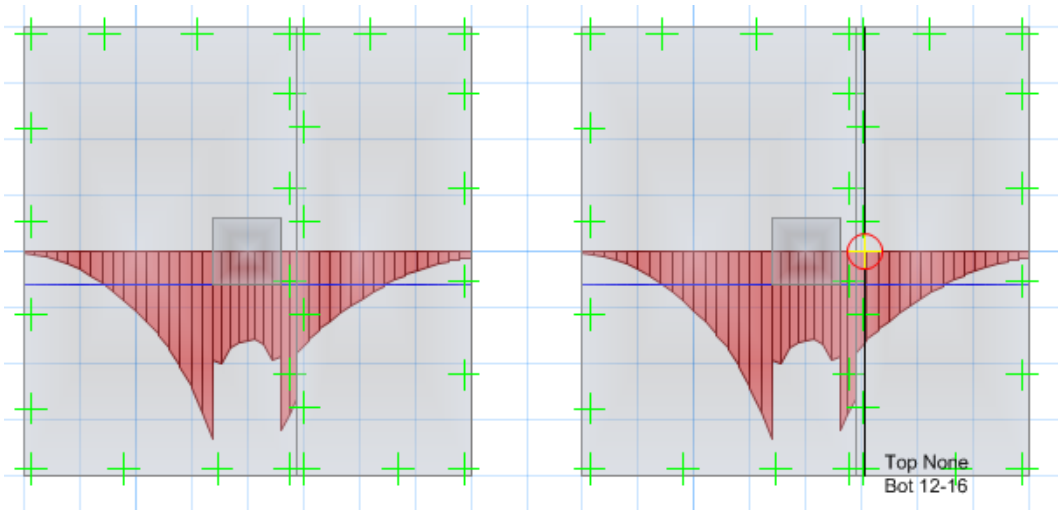
به سه نمونه پایین توجه شود:

در دو نمونه زیر ضخامت سمت راست پی دو برابر ضخامت سمت چپ است. (۱۰۰ و ۵۰)



توضیح در مورد نمونه‌ها:

نمونه چپ که معمولی است. نمونه وسط با راست هیچ فرقی نمی‌کنند، جز اینکه در نمونهٔ وسط از یک «نوار طراحی» استفاده شده است، در حالیکه در نمونه سمت راست، با تغییر ضخامت پی، «نوار طراحی» نیز فرق کرده. به بیان دیگر، در نمونه سمت راست، دو «نوار طراحی» به کار رفته است.



سپس به میلگردهای طراحی شده نگاه می‌کنیم، می‌بینیم برای حالتی که تغییر ضخامت در مسیر یک «نوار طراحی» حادث شده، در مقایسه با حالتی که برای هر ضخامت، یک «نوار طراحی» مجزا مدل شده است، هیچ تفاوتی در نیروی داخلی و در نتیجه در طراحی مشاهده نشد.

نکته

در این مثال با دو برابر شدن ضخامت پی، میزان میلگرد طراحی شده نیز به نیم نزدیک شد. که این امر از پیش نیز کاملاً قابل پیش‌بینی بود!

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

نتیجه اینکه:

با تغییر ضخامت پی، لازم نیست نوار طراحی دیگری مدل شود.

اما این نکته پا بر جاست که بهتر است با تغییر عرض پی «نوار طراحی» نوینی مدل گردد.

-

- - - - -

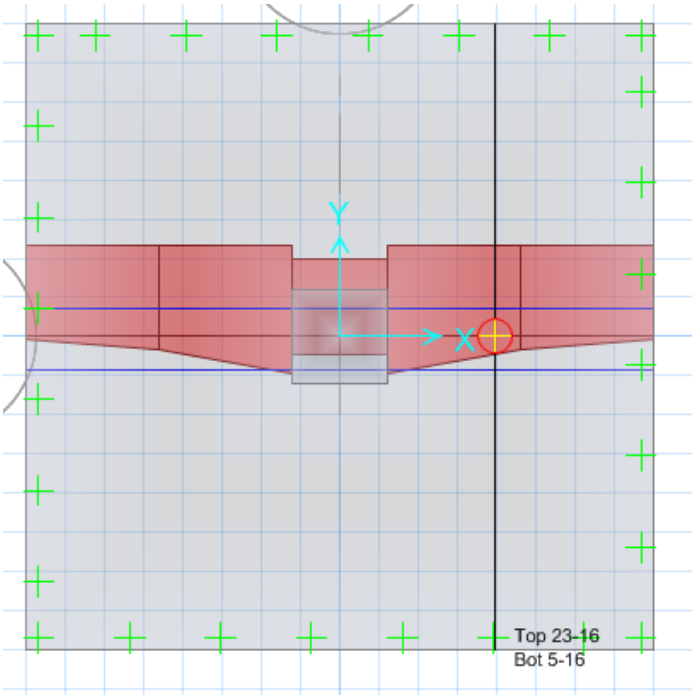
۷) مروری بر میلگرد حداقل حرارت و جمع‌شدگی

-

مثال: یک نمونه پی منفرد که خود برنامه می‌سازد را تولید می‌کنیم.

و بار مرده ۱۰۰۰ کیلونیوتن مرده از بالا و ۹۹۹ کیلونیوتن زنده از پایین به عنصرنقطه‌ای اختصاص می‌دهیم. پس از تحلیل، مشاهده می‌کنیم که برنامه $SAFE$ تنها در پایین شالوده میلگرد حداقل را قرار داده است.

اینبار بار زنده را که از پایین وارد می‌شد، برابر ۱۰۰۱ کیلونیوتن وارد می‌کنیم. پس از تحلیل مشاهده می‌کنیم که برنامه تنها در بالای شالوده میلگرد حداقل خمشی را قرار داده است.



نتیجه:

برنامه تنها در یک سمت میلگرد حداقل را قرار می‌دهد. (در سمتی که لنگر خمشی بیشتر است.)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

و در جهت دیگر، میلگرد محاسبه شده را قرار می‌دهد. که می‌تواند در قسمت‌هایی از میلگـرد حـداقل نیز بیشتر باشد.

-

تفسیر:

آیین‌نامه بیان کرده که میلگرد حداقل پی همان میلگرد افت و حرارت است.

در تیرها علت قرار دادن میلگرد حداقل خمشی بدین قرار بود:

به خاطر اینکه مبادا مقاومت نهایی مقطع از لنگر ترک‌خوردگی آن کمتر باشد و تیر بلافاصـله پـس از ترک‌خوردگی گسیخته شود، میلگرد حداقل خمشی در تیر قرار داده می‌شد. کـه در واقـع میلگردهـا نقـش کششی داشتند. (مستوفی‌نژاد، جلد اول، ص ۱۷۲)

(رجوع شود به مبحث نهم ۱۳۸۸ ـ صفحه ۲۹۲ الی ۲۹۳.)

-

- - - - -

۸) نمونه محاسبه دستی برش منگنه‌ای پی دیوار برشی

-

محاسبه برش منگنه‌ای دو مرحله دارد:

یک ـ استخراج نیروها از برنامه $ETABS$

دو ـ محاسبه دستی با استفاده از روابط طراحی.

-

طریقه استخراج نیرو از ETABS

نیروهای لازم جهت کنترل برش پانچ، یک نیروی محوری به همراه صفر، یـک و یـا دو لنگـر خمشـی می‌باشد.

هنگامی که تعدادی دیوار و یا ستون با همدیگر یـک $Pier$ تشـکیل مـی‌دهنـد، در هنگـام خروجـی می‌شود می‌شود به صورت کلی خروجی گرفت.

از میان ترکیب‌بارها، ترکیب‌بارهای رنگی بیشترین اثر را تولید می‌کنند:

$Number$	$Load\ Combination$
$K01$	$1.4DL$
$K02$	$1.2DL + 1.6LL$
$K03$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EX$
$K04$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EX$
$K05$	$0.9DL + 1.0EX$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

$K06$	$0.9DL - 1.0EX$
$K07$	$1.2DL + 1.0LL + 1.0EY$
$K08$	$1.2DL + 1.0LL - 1.0EY$
$K09$	$0.9DL + 1.0EY$
$K10:$	$0.9DL - 1.0EY$

علت این امر نیز مشخص است؛ چون در ترکیب‌بارهای رنگی بالا، هم بار ثقلی داریم، هم نیروی زلزله که تولید لنگرخمشی بیشتری می‌کند.

-

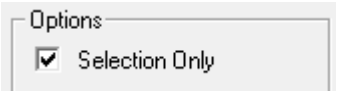
ابتدا در نرم‌افزار $ETABS$ یکی از المان‌های دیوار و یا ستون $PIER$ مورد نظر را انتخاب کرده و در قسمت:

$Display > Table \ldots$

در قسمت:

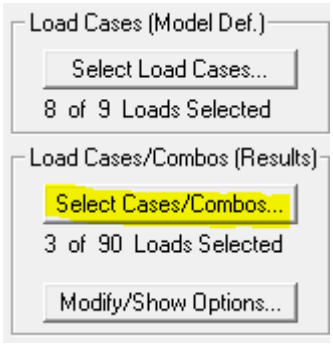
$Analysis > Wall\ Output > Wall\ Forces > Pier\ Forces$

و



و

در قسمت



سه بار $DEAD$ و $LIVE$ و (EX یا EY) انتخاب گردد.

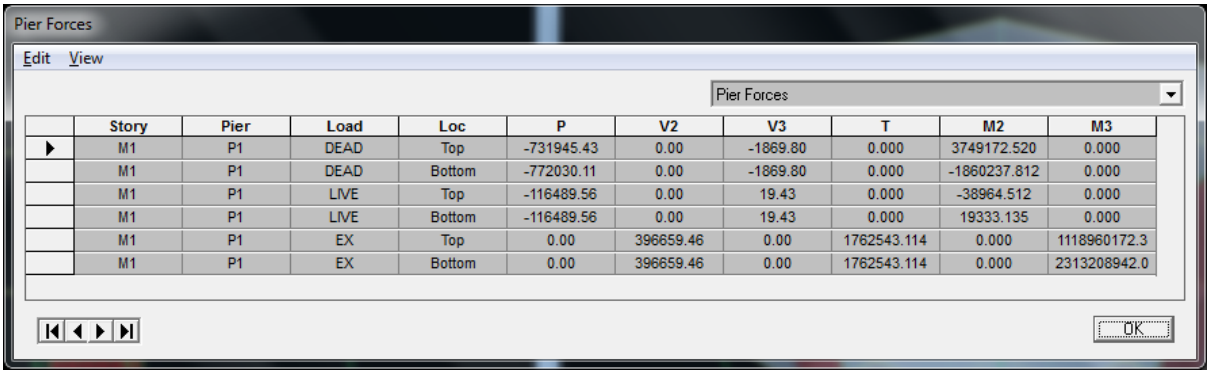
دقت:

جهت دیوار مورد نظر با جهتی که EX یا EY را انتخاب می‌کنیم باید یکسان باشد.

-

می‌توان چنین خروجی ای را بدست آورد:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
M1	P1	DEAD	Top	-731945.43	0.00	-1869.80	0.000	3749172.520	0.000
M1	P1	DEAD	Bottom	-772030.11	0.00	-1869.80	0.000	-1860237.812	0.000
M1	P1	LIVE	Top	-116489.56	0.00	19.43	0.000	-38964.512	0.000
M1	P1	LIVE	Bottom	-116489.56	0.00	19.43	0.000	19333.135	0.000
M1	P1	EX	Top	0.00	396659.46	0.00	1762543.114	0.000	1118960172.3
M1	P1	EX	Bottom	0.00	396659.46	0.00	1762543.114	0.000	2313208942.0

واحد عکس «نیوتن ـ میلی‌متر» است.

البته!

این با صرفنظر کردن از لنگر خارج از صفحه است. چه عالی می‌شود که سیستم مقاوم جـانبی جهـت عمود نیز شامل دیوار برشی باشد!

–

در نتیجه؛

دو سری ترکیب بار را کنترل می‌کنیم: (البته همه را باید کنترل کنیم!)

1	$1.2DL + 1.6LL$
2	$1.2DL + 1.0LL \pm 1.0EQ$

–

برای حالت اول: (مقادیر $bottom$ مورد نظر است.)

$$\mathbf{1.2DL} + \mathbf{1.6LL} = (1.2)(772030) + (1.6)(116489) = 1112818\ N$$

بدون در نظر گرفتن لنگر خمشی.

–

برای حالت دوم:

بار ثقلی را از قسمت:

$$\mathbf{1.2DL} + \mathbf{1.0LL} = (1.2)(772030) + (1.0)(116489) = 1042.9\ kN$$

و لنگر را از قسمت:

$$\mathbf{1.0EQ} = 2313208942\ N.mm = 2313.2\ kN.m$$

استخراج می‌شوند.

اینجا به بعدش مانند این است که یک ستون داریم با این چند ترکیب بار.

– – –

محاسبه دستی با استفاده از روابط طراحی

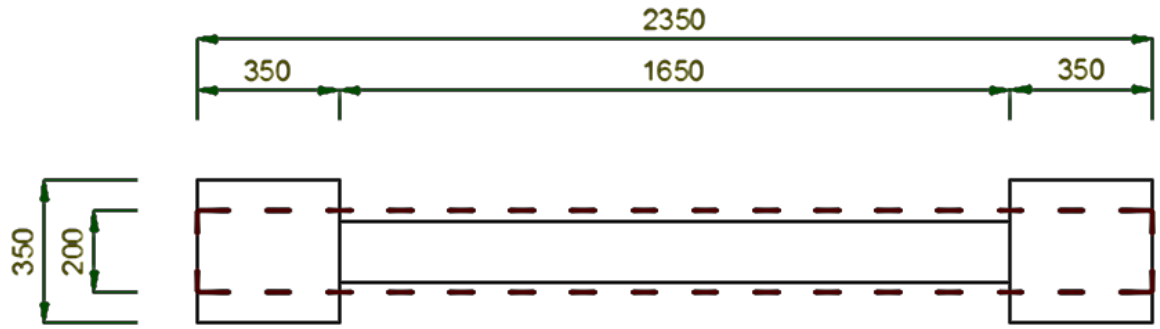
توضیح با شکل، به همراه مثال در کتاب باجی آورده شده است. (صفحه ۶۷۸)

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

نکته:

در اینجا دیوار برشی I شکل که شامل المان‌های مرزی نیز می‌شود را به صورت مستطیلی به طول کل دیوار برشی و به عرض «المان‌های لبه‌ای» در نظر می‌گیریم.



در مورد عرض مستطیل فرض شده (خط چین)، می‌توان در جهت اطمینان ضخامت جان را در نظر گرفت. اما شاید بهتر باشد با قضاوت مهندسی مقداری بزرگ تر را در نظر بگیریم. در شکل، ضخامت جان $150\ mm$ است. و ضخامت فرض شده $200\ mm$ می‌باشد.

-

روند کار:

تنش ناشی از نیروی برشی (نیروی محوری قائم + تنش برشی ناشی از آن قسمتی از لنگر نامتعادل که با عملکرد برشی انتقال پیدا می‌کند.) را بدست می‌آوریم.

آنگاه ظرفیت برشی بتن (تنش) را محاسبه می‌کنیم.

تقسیم می‌کنیم!

ابتدا تنش وارده را محاسبه می‌کنیم، سپس «تنش برشی ظرفیت بتن» را بدست خواهیم آورد.

-

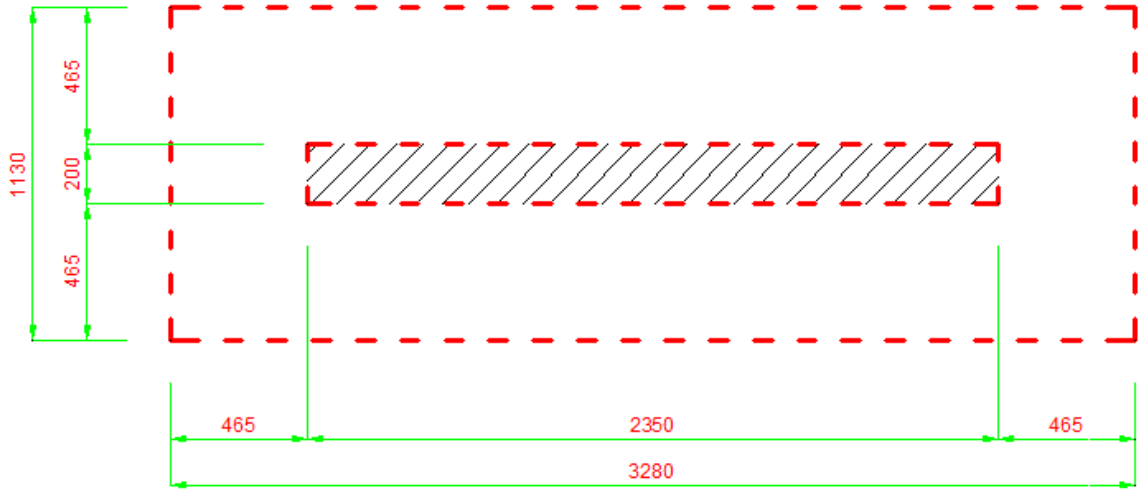
نکته: برش دو طرفه باید در فاصلهٔ $d/2$ از بر تکیه‌گاه کنترل شود.

-

شروع می‌کنیم به محاسبه:

به تصویر زیر نگاه کنیم.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



$$\frac{d}{2} = \frac{930}{2} = 465\ mm$$

بدست آوردن ابعاد مستطیل برش منگنه‌ای:

$$b_1 = 2350 + 2 \times \frac{930}{2} = 3280\ mm$$

$$b_2 = 200 + 2 \times \frac{930}{2} = 1130\ m$$

و «محیط برش منگنه‌ای» اینطور محاسبه می‌شود:

$$b_0 = 2(3280 + 1130) = 8820\ mm$$

و

$$A_c = b_0 d = 8820 \times 930 = 8202600\ mm^2$$

و

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + (\frac{2}{3})\sqrt{b_1/b_2}} = \frac{1}{1 + (\frac{2}{3})\sqrt{3280/1130}} = 0.468$$

درنتیجه:

$$\gamma_v = 1 - \gamma_f = 1 - 0.483 = 0.532$$

-

بر اساس روابط کتاب دکتر مستوفی‌نژاد: (جلد دوم، صفحه ۳۹۶)

$$\frac{J_c}{c} = \frac{1}{3}[b_1 d(b_1 + 3b_2) + d^3]$$

$$\frac{J_c}{c} = \frac{1}{3}[3280 \times 930(3280 + 3 \times 1130) + 930^3] = 70.502 \times 10^8\ mm^2$$

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

$$v_{u1} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v M_u c}{J_c}$$

که

$$v_{u1} = \frac{1042.9 \times 10^3}{8.20 \times 10^6} + \frac{0.532 \times 2313 \times 10^6}{70.502 \times 10^8} = 0.127 + 0.174 = 0.301\ MPa$$

- - -

واحد روابط زیر $[N - mm]$ است.

ضریب کاهش مقاومت برشی؛ $(\phi = 0.75)$

ستون میانی؛ $(\alpha_s = 40)$

بتن معمولی؛ $(\lambda = 1.0)$

نسبت طول به عرض مقطع مستطیلی ستون یا همان دیوار؛ $(\beta_c = 2350/200 = 11.75)$

$$v_P = min\begin{cases} \frac{\phi}{6}(1 + \frac{2}{\beta_c})\lambda\sqrt{f_c'} \\ \frac{\phi}{12}(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0})\lambda\sqrt{f_c'} \\ \frac{\phi\lambda\sqrt{f_c'}}{3} \end{cases} = min\begin{cases} \frac{0.75}{6}(1 + \frac{2}{11.75})(1.0)\sqrt{21} \\ \frac{0.75}{12}(2 + \frac{40 \times 930}{9120})(1.0)\sqrt{21} \\ \frac{(0.75)(1.0)\sqrt{21}}{3} \end{cases} \quad ; \quad [MPa]$$

در نتیجه «تنش برشی ظرفیت» برابر است با:

$$v_P = min\begin{cases} 0.670 \\ 1.74 \\ 1.145 \end{cases} = 0.67\ MPa$$

-

$$Critical\ Ratio = \frac{v_{P\ max}}{v_P} = \frac{0.30}{0.67} = 0.44$$

-

می‌شود برنامهٔ «برش پانچ» را در $Excel$ نوشت و از آن استفاده کرد. و دیگران نوشته‌اند. با این حال بهتر است با دست کنترل شود. (چون گاهی دیوار برشی گوشه است و یا U یا T شکل است که لازم است با قضاوت مهندسی حالت‌های شکست و خرابی را حدس زد و از تنش‌های بحرانی فاصله گرفت.)

-

مقایسه نتایج دستی با SAFE

می‌توان با استفاده از برنامه SAFE نیز برش پانچ را کنترل کرد.

-

نکتهٔ جالب و مفید در مدل سازی رایانه‌ای

سوال:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

تحلیل دستی ممکن است ده درصد نسبت تنش را بیشتر نشان دهد. چرا؟

جواب:

در عمل، قسمتی از بار ستون‌ها را، مساحت داخلی محدودهٔ برش منگنه‌ای تحمل می‌کند و در عمل، قسمتی از بار اعمال شده، در برش منگنه‌ای شرکت نداشته و مستقیماً در زیر ستون به زمین منتقل می‌شود.

مثلاً در مورد همین مثال، اگر از انتقال بار از سطح زیر محدوده برش پانچ صرفنظر نکنیم، نسبت تنش برشی پانچ، 0.34 خواهد بود که ۱۰ درصد کمتر است. از اینرو، این شکل محاسبه «برش پانچ» در جهت اطمینان خواهد بود.

در مثال‌های بسیار عالی کتاب دکتر مستوفی‌نژاد، این اثر کاهش نیروی برشی اعمال شده است.

-

نکته در مدل‌سازی رایانه‌ای:

در نتیجه اگر بخواهیم نتایج دستی را با نرم‌افزار بدست آوریم، لازم است پی زیر دیوار ابعادی برای ده متر در ده متر داشته باشد.

-

نتایج همین مثال بالا، به وسیله نرم‌افزار:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

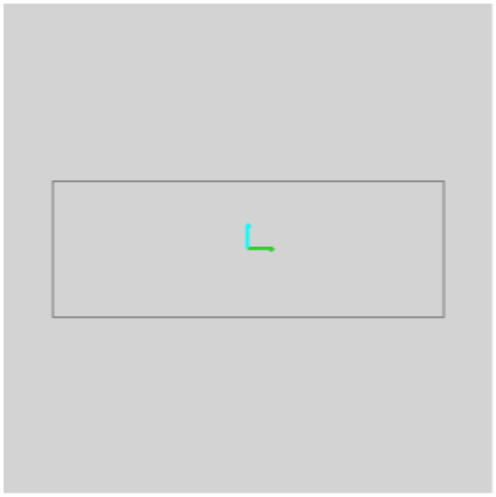
ACI 318-08 Punching Shear Check & Design

Geometric Properties

Combination = c101
Point Label = 2
Column Shape = Rectangular
Column Location = Interior
Global X-Coordinate = 5.5 m
Global Y-Coordinate = 0 m

Load Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 930 mm
Eff. Punching Perimeter = 8820 mm
Cover = 68 mm
Conc. Comp. Strength = 21 N/mm2
Reinforcement Ratio = 0.0000
Section Inertia I22 = 2.323E+12 mm4
Section Inertia I33 = 1.156E+13 mm4
Section Inertia I23 = 0 mm4
Shear Force = -1003.986 kN
Moment Mu2 = -0.0183 kN-m
Moment Mu3= 1225.8603 kN-m
Max Design Shear Stress = 0.29628 N/mm2
Conc. Shear Stress Capacity = 0.667921 N/mm2
Punching Shear Ratio = 0.44



Column Punching Perimeter

با دقت در تنش برشی بیشینه و ظرفیت برشی بتن و نسبت تنش به این نتیجه می‌رسیم که نتایج محاسبات دستی با رایانه‌ای یکسان است.

-

- - - - -

۹) انتقال داده از SAP به $SAFE$

-

این مطلب قدیمی است. و ممکن است ناقص باشد.

نویسنده (حامد۲۶) این مطلب را تأیید نمی‌کند!

-

چه می‌خواهیم بکنیم؟

می‌دانیم که $SAP2000$ نتایج تحلیل را مثل بچهٔ آدم به $SAFE$ انتقال نمی‌دهد! مثلاً آنجا که دهانهٔ مهاربندی داریم، فقط بار گرهٔ پایین ستون را انتقال می‌دهد و عکس‌العمل مهاربند را بی‌خیال می‌شود. در نتیجه: می‌خواهیم با کلک رشتی فایل قابل فهم برای $SAFE$ را ایجادکنیم. روال به این ترتیب است: در ابتدا از SAP خروجی می‌گیریم، سپس دستکاریش می‌کنیم، و همین دیگه!

مراحل در جلوتر مفصل توضیح داده شده است.

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

-

چند نکته:

در این کار به نرم‌افزار $Excel$ نیاز می‌باشد.

یادت باشد که داریم از SAP به $SAFE$ انتقال می‌دهیم. نه از $ETABS$ به $SAFE$. که اگر با $ETABS$ بود کار راحت‌تر بود.

-

مراحل

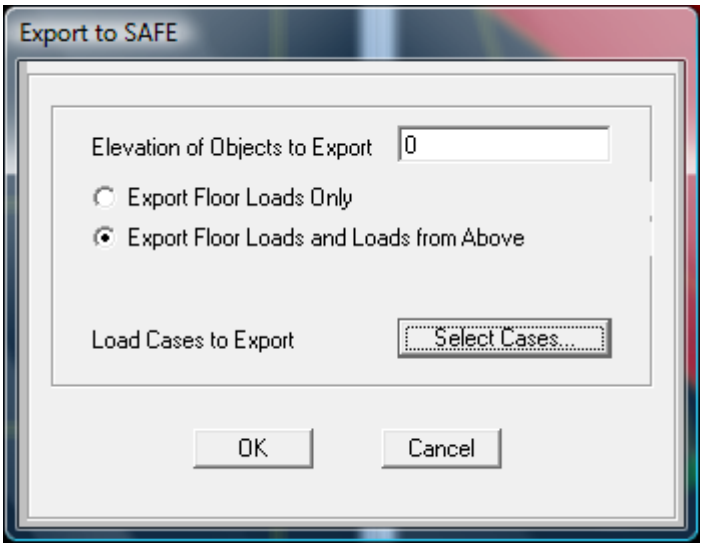
نرم‌افزار SAP را باز می‌کنیم.

سازه را تحلیل می‌کنیم.

خروجی می‌گیریم. از این مسیر می‌رویم:

$$File > Export > SAFE.F2K$$

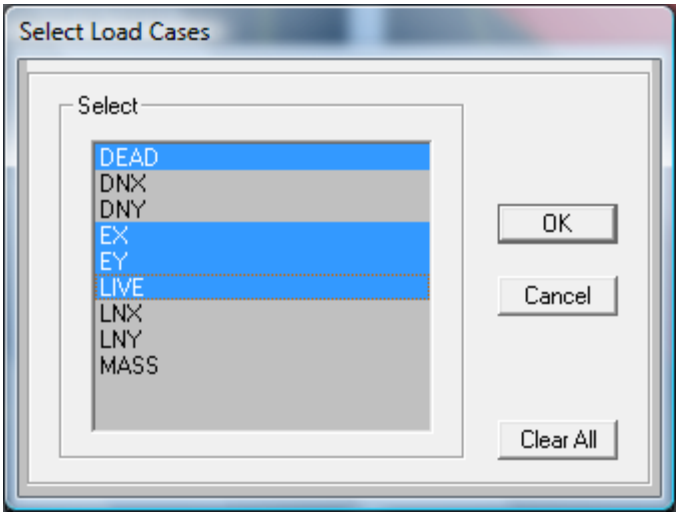
تراز را صفر معرفی می‌کنیم.



بارهای زیر را تیک می‌زنیم.

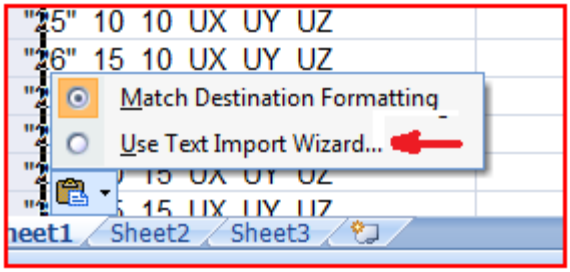
$$Dead, Live, EX, EY$$

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com



فایل تولید شده را باز می‌کنیم. با استفاده از نرم‌افزار $Notepad$.

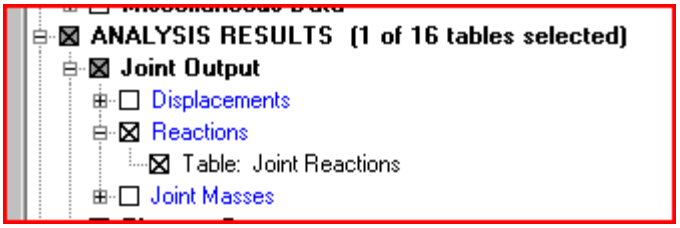
همه را کپی می‌کنیم داخل $Excel$. (دکمهٔ مربعی که پایین چیزهای $paste$ شده آمده است را می‌زنیم و عبارت $Use\ Text\ Import\ Wizard\ ...$ را می‌زنیم. بعد دکمهٔ tab را می‌زنیم و در منتهای امر که اعداد خانه‌خانه می‌شوند.)



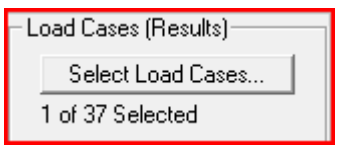
در نرم‌افزار SAP به آدرس زیر می‌رویم:

$Display > Show\ Tables\ ...$

اینجوری!



و البته، در قسمت:



فقط یک نوع بار را انتخاب می‌کنیم. یکی از این‌ها را:

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

$Dead, Live, EX, EY$

کار سختی نیست. کوه رو که نمی‌خواییم بذاریم رو دوشمون که !! یا اینکه ماه رو بیاریم تو خونه... .

و اینکه، دکمهٔ OK را می‌زنیم.

در قسمت:

$File > Export\ All\ Tables\ ... > To\ Excel\ ...$

-

قبل از هر چیز بگم که اینجا باید یه مقدار آدم یه چیزایی بلد باشه. البته نه خیلی آ. یه موقع نباید ترسید. بذار بریم جلو.

-

تا اینجا دو تا فایل $Excel$ داریم.

باید نیروهای عکس‌العمل سازه را آورد و در فایل خروجی گرفته شده ریخت. همین.

باید ستون‌های مربوط هر کدام را کپی کرد و در فایل خروجی گرفته شده چسباند. همین.چ

مثلاً اینها همان است:

$F1 = FX$
$F2 = FY$
$F3 = FG$

برای بار مرده یه بار. برای زنده هم یه بار. و هر کدام برای خودش.

-

یک کار دیگر هم باید بکنیم. نام بارها را تغییر دهیم.

مثلاً نوشته:

$Dead_Above$

و زیادی نوشته!

باید جایگزین کنیم.

کنترل H را می‌زنیم. این برای $Replace$ است.

در یک کادر $Above_$ را می‌نویسیم. حتی آندرلای را. حواس‌ها جمع. بعد، در جعبه‌ای که باید چیز مورد نظر ما جایگزین شود، هیچ چیز نمی‌نویسیم، باید خالی باشد. این یعنی که در واقع آن عبارت را از سراسر متن پاک می‌کند.

دکمهٔ $Replace\ All$ را می‌زنیم.

-

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

و یک کار کوچک دیگر. یه چیزی حدود هفت‌هشت خط را باید پاک کنیم. خطوط تکراری را. چون از اول $Dead$ داشتیم و حالا یکی دیگر هم اضافه شد، تکراری‌ها را پاک می‌کنیم که خدای نکرده گیر ندهد. آفرین!

همین.

-

در انتها:

تمام داده‌های $Excel$ را انتخاب می‌کنیم و در همان فایل $.f2k$ می‌چسبانیم و $save$ می‌کنیم.

-

نرم‌افزار $SAFE$ را باز می‌کنیم و مسیر زیر را می‌رویم:

$File > Import > SAFE.F2K\ File \ldots$

و همین دیگه.

-

- - - - -

Hamed2400@gmail.com www.hamed2400.blogfa.com

- - - - -

۴) منابع و مراجع

-

	عنوان	نویسنده / مترجم	انتشارات
۱	آموزش سریع و کاربردی نرم‌افزار $SAFE$	محمدعلی برخورداری و جواد هاشمی	متفکران
۲	سازه‌های بتن‌آرمه، جلد دوم	داود مستوفی‌نژاد	ارکان دانش
۳	نرم افزار $SAFE$ 12.3.0	شرکت CSI	دانشگاه برکلی
۴	محاسبات پروژه های ساختمانی با استفاده از $ETABS$ و $SAFE$ با استفاده از $SAFE12$ ـ چاپ سیزدهم	حسن باجی	نشر علم عمران ۱۳۹۱

-

- - - - -

پایان.

- - - - -

حامد احمدی (حامد۲۶)

www.hamed2400.blogfa.com

hamed2400@gmail.com

همراه: 0939 707 4350

- - - - -

خدایا شکرت!