❋دیوار برشی در ETABS❋

انتخاب مکان مناسب جهت قرارگیری دیوارهای برشی:

1-قرارگیری دیوار برشی در دهانه‌های بلند نسبت به دهانه‌های کوتاه ارجح است.

2-قرارگیری دیوار برشی در دهانه‌های متوالی ارجح است.

3-طرز انتخاب محل‌های دیوار برشی بهتر است به گونه‌ای باشد که سازه منظم باشد و بین مرکز جرم و سختی فاصله نیافتد.

4-بهتر است تعداد دهانه‌های دیوار برشی از طبقات بالا به پایین به تدریج اضافه شود.

5-بهتر است دیوارهای برشی بین ستون‌ها قرار گیرند هر چند منعی برای این موضوع وجود ندارد.

تقریب و برآورد اولیه طول مورد نیاز برای دیوار برشی:

تقریب و برآورد اولیه طول لازم برای دیوار در سیستم‌های دوگانه باعث می‌شود که قاب‌های ساختمان برای 25% و دیوارهای برشی برای 75% باربری جانبی طرح شوند. بطوریکه محاسبه کردن اولیه طول لازم برای دیوار برشی، طراح را به سوی یک طرح بهینه هدایت خواهد کرد. طول مورد نیاز برای دیوار برشی در هر جهت با استفاده از رابطه تقریبی زیر بدست می‌آید:

$$L_w \geq \frac{1.05\,V}{(0.318\sqrt{f'c}+0.002\,\alpha\,fy)tw}$$

در رابطه بالا: V برش پایه در هر راستای **X** و **Y** ساختمان، **fy** تنش تسلیم آرماتورهای افقی دیوار، **f´c** مقاومت فشاری مشخصه بتن، **tw** ضخامت دیوار است که معمولاً برابر 25 سانتی‌متر قرار می‌دهیم و **α** نسبت آرماتور افقی پیش بینی شده در تراز پایین دیوار نسبت به آرماتور حداقل آیین نامه می‌باشند. مقدار آرماتور افقی دیوار برشی در یک ساختمان متعارف در طبقه پایین، چیزی در حدود 2 تا 3 برابر مقدار حداقل آیین نامه‌ای(آرماتور حداقل آیین‌نامه برابر 0.0025) می‌باشد.

مقدار طولی که از رابطه بالا برای دیوار بدست می‌آید، می‌بایست مقدار آن به سمت بالا گرد شود و در هر جهت X و Y بطور جداگانه تامین شود. به‌طور مثال اگر مقدار lw برابر 6.3 متر بدست آمد، بایستی مقدار 7 متر دیوار برشی در هر امتداد X و Y جانمایی شود. چنانچه به دلیل ضوابط معماری نتوانستید این مقدار از دیوار برشی را در یک یا هر دو جهت تامین نمایید؛ نگران نباشید که ساختمان شما قادر به تحمل برش حاصل از بار جانبی نیست، بلکه سهم دیوار برشی ساختمان شما از برش پایه کمتر شده و سهم قاب‌ها بیشتر می‌گردد و در نتیجه مقاطع قاب‌ها بزرگتر بدست می‌آیند. یعنی سهم قاب‌های ساختمان شما در باربری جانبی بیشتر از % 25 و سهم دیوارها کمتر از % 75 خواهد شد.

تعیین ضخامت دیوار:

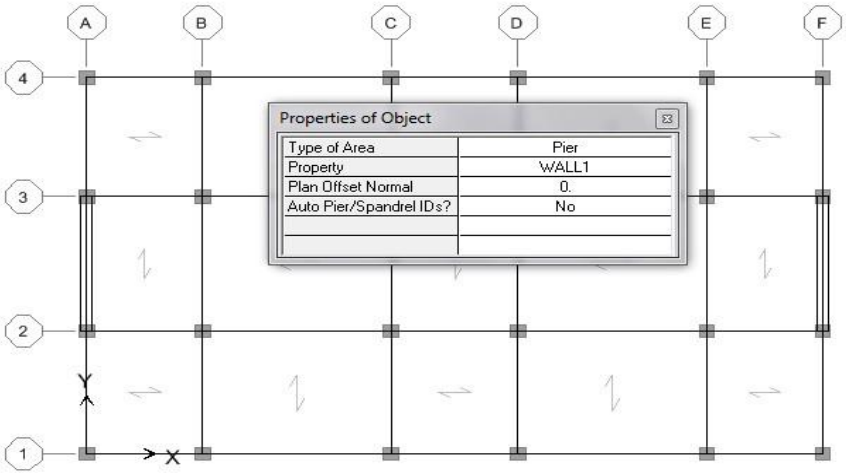
۹-۲۰-۴-۳-۱-۱- در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

الف ـ ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر اختیار شود.

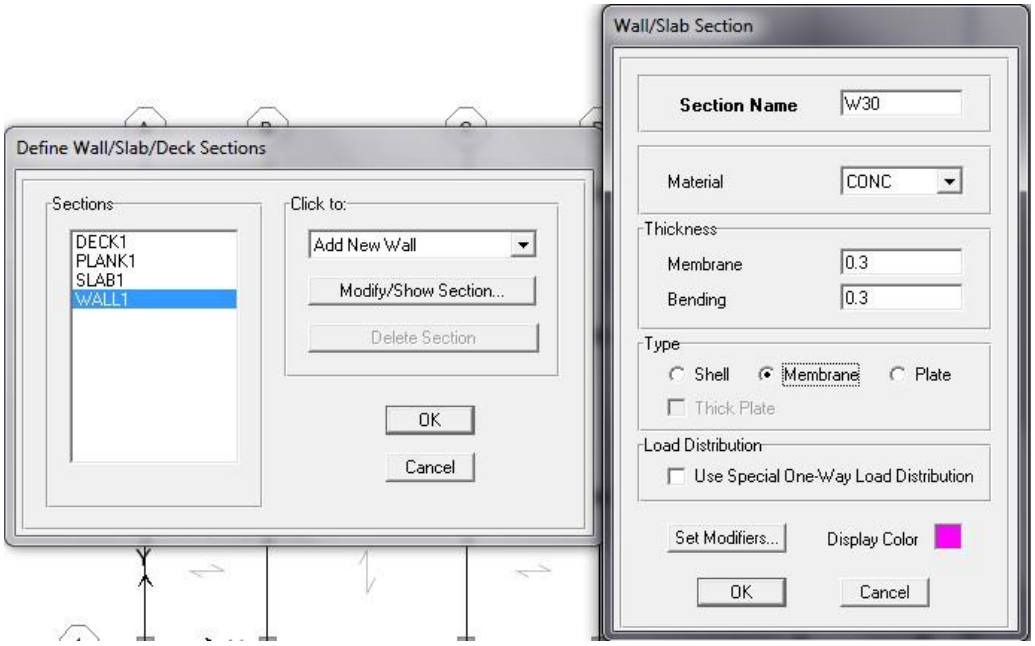
ب ـ در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۰-٤-۳-۳ به کار گرفته می‌شود، عرض عضوی مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

مراحل در ETABS:

1- ترسیم دیوارهای برشی: **Draw > Draw Area Objects > Create Walls in Region or at Clicks (plan)**



2-معرفی مقاطع دیوارهای برشی: **Define > Wall/Slab/Sections**



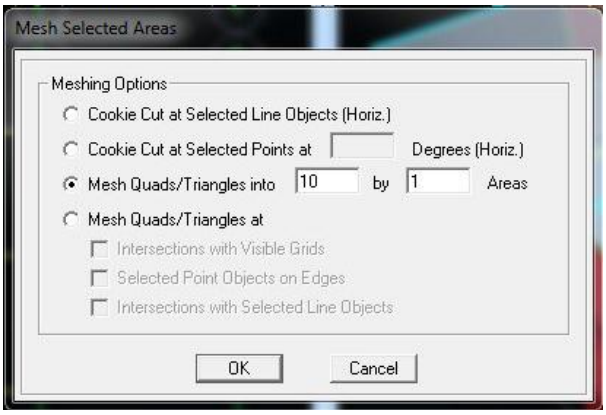
3-اختصاص مقاطع دیوار برشی:

Select > by Area Object Type ⟶ WALL

Assign > Shell/Area > Wall/Slab/Deck Section ⟶ W30

4-مش‌بندی دیوارهای برشی: برای مش‌بندی مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

- ✓ ابتدا تمامی دیوارها را انتخاب می‌کنیم. سپس دستور Edit > Mesh Areas را اجرا می‌کنیم.
- ✓ در پنجره باز شده جهت مش‌بندی طولی و ارتفاعی دیوار می‌بایست گزینه سوم، گزینه Mesh Quads/Triangles into را انتخاب کنیم.
- ✓ با انتخاب گزینه سوم دو جعبه مقابل آن فعال می‌شود که جعبه اول تعداد مش‌بندی در جهت طولی می‌باشد که هر چقدر تعداد المان‌ها بیشتر شود دقت محاسبات بیشتر خواهد شد. معمولاً عرض المان‌ها نباید بیشتر از 0.5 متر شود. در جعبه دوم تعداد مش‌بندی در ارتفاع دیوار می‌باشد که در صورت عدم وجود بازشو و انتخاب حالت دیوار از نوع Membrane باید در ارتفاع از عدد 1 استفاده کنیم و سپس بر روی دکمه OK کلیک می‌نمائیم.



نکته: بعد از مش‌بندی دیوارها یک سری نقاط در تراز فونداسیون ایجاد می‌شوند که این نقاط باید همانند بقیه نقاط در این تراز با مراجعه به قسمت Assign > Joint/Point > Restraints (Supports) مقید شوند. تکیه‌گاهی که اینجا تعریف می‌شود به صورت گیردار کامل باید تعریف شود (تعریف این تکیه‌گاه به صورت مفصلی هم معمولاً در نتایج نرم‌افزار باعث تغییر قابل ملاحظه نسبت به حالت قبل نخواهد شد).

5-نام‌گذاری دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

برای طراحی دیوارهای برشی باید آنها را نام‌گذاری کرد (این نام‌گذاری تاثیری در محاسبات ندارد فقط امکان خروجی و طراحی دیوارهای برشی به وجود می‌آید). ستون‌های اطراف دیوار برشی نیز با دیوارها باید نام‌گذاری شوند که می‌بایست برای هر دیوار سطحی و ستون‌های خطی اطراف آن یک نام برای آنها تعریف کنیم. برای این کار مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

ابتدا ستون‌های دیوار برشی را انتخاب کرده (اجزای مرزی): Assign > Frame/Line > Pier Labels ⟶ P1

سپس دیوار برشی را انتخاب کرده: Assign > Shell/Area > Pier Labels ⟶ P1

برای سایر دیوارها و ستون‌های متصل به دیوارها همانند روش قبل عمل می‌کنیم فقط در قسمت انتخاب Pier باید یک نامگذاری جدید برای دیوارها و ستون‌ها را ایجاد کنیم.

نکته: تیرهای متصل به دیوار برشی بهتر است که طراحی نشوند. به این خاطر به این تیرها مقطعی اختصاص نمی‌دهیم. برای این منظور ابتدا تمامی تیرهای متصل به دیوار برشی را انتخاب کرده و دستور Assign > Frame/Line > Frame Section را اجرا می‌کنیم و گزینه NONE را انتخاب می‌کنیم و بر روی گزینه OK کلیک می‌نمائیم.

6-بررسی ترک خوردگی یا عدم ترک خوردگی دیوارهای برشی:

برای این مرحله ابتدا می‌بایست سازه را تحلیل کرده باشیم

برای دیوارهای ترک‌خورده جهت آنالیز و طراحی سازه از ضریب 0.35 و برای دیوارهای ترک‌نخورده از ضریب 0.7 استفاده می‌شود. برای بررسی ترک‌خوردگی دیوارها باید در ترکیب بارهای بحرانی (ترکیب بارهایی که در آنها بیشترین تنش کششی در دیوار به وجود می‌آید) مقدار تنشهای کششی ماکزیمم را مشاهده کرده و با تنش کششی ترک خوردگی بتن (که از رابطه 9-14-3 مبحث نهم بر حسب واحد نیوتن بر میلی‌متر مربع به دست می‌آید) مقایسه نمود.

$$fr = 0.6 \times \sqrt{fc} \qquad (\text{رابطه } 9-14-3)$$

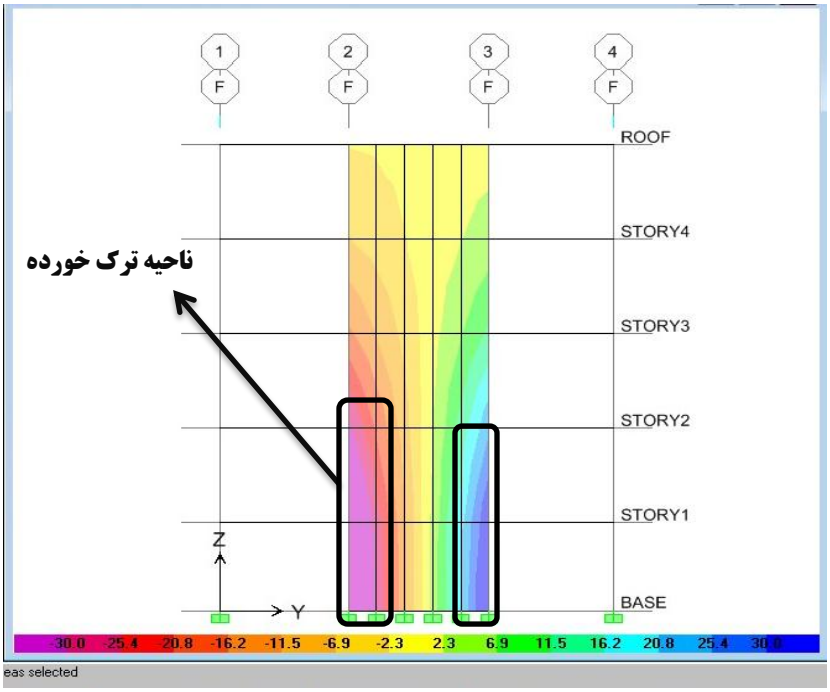
در صورتی که مقدار تنش موجود از تنش ترک‌خوردگی مذکور کمتر باشد دیوار ترک نخورده و در غیر این صورت دیوار ترک خورده است. ترکیب بارهایی که طبق آنها این کنترل انجام می‌شود همان ترکیب بارهای طراحی سازه است. انتخاب ترکیب بار باید به گونه‌ای انجام شود که کمترین بار فشاری در دیوارها ایجاد شود. به همین جهت بهتر است که از ترکیب بارهایی استفاده کنیم که شامل بار زنده نباشند و همچنین ضریب بار مرده آنها حداقل باشد. از بین این ترکیب بارها باید ترکیب باری انتخاب شود که شامل حالت بار زلزله به موازات راستای دیوار مورد نظر باشد. یعنی اگر دیوار در راستای محور X باشد باید ترکیب باری که شامل زلزله جهت X است و یا زلزله جهت X در آن ضریب بزرگتری دارد استفاده شود.

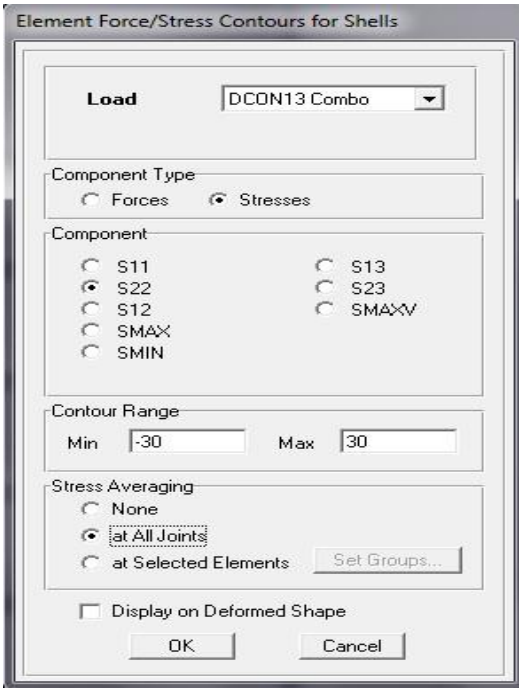
برای مشاهده تنش‌ها در دیوار تحت هر یک از این ترکیب بارها هم باید به منوی:

دستور Display > Show Member Forces/Stress Diagram > Shell Stresses/ Forces اجرا کرده و در پنجره ظاهر شده ترکیب بار مورد نظر را انتخاب کرده و در ناحیه Component Type گزینه Stresses را فعال کرده و گزینه S22 که نشان دهنده تنش قائم دیوار است باید انتخاب گردد. برای اینکه بتوان به راحتی نواحی کششی که دارای تنش بیش از مقدار تنش ترک خوردگی بتن هستند را تشخیص داد، بهتر است که در قسمت Contour Range برای مقادیر Min و Max به ترتیب همان تنش ترک‌خوردگی مثبت و منفی را انتخاب می‌کنیم. در قسمت Stress Averaging هم بهتر است گزینه at All Joints انتخاب شود.

از دستور گفته شده ترکیب بارهای مختلف را انتخاب کرده و تنش‌های موجود را با مقدار تنش مجاز که از رابطه زیر بدست می‌آوریم مقایسه می‌کنیم:

مثال: f_c=25 Mpa or N/mm^2 ==> f_r= 0.6*$\sqrt{25}$ = 3 N/mm^2 = 30 kg/cm^2





همان‌طور که در شکل بالا پیداست دیوار در طبقه اول، دوم و سوم در گوشه خود دچار ترک‌خوردگی شده است که می‌بایست ضریب ترک‌خوردگی را به دیوارها و ستون‌های آنها وارد کنیم.

7-اعمال ضرائب ترک‌خوردگی به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

بعد از مشخص شدن تکلیف ترک‌خوردگی یا عدم ترک‌خوردگی دیوارها باید قفل برنامه را باز کرده و به مرحله قبل از آنالیز سازه برگردیم و این ضرایب را به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آنها که جزیی از سیستم دیوار برشی می‌باشند اعمال نماییم. برای اعمال ضرایب ترک‌خوردگی به دیوارها بعد از انتخاب آنها باید به منوی Assign > Shell/Area > Shell Stiffness Modifiers و برای ستون‌های متصل به آنها به منوی Assign > Frame/Line > Frame Property Modifiers مراجعه می‌کنیم.

برای دیوارها: در پنجره جدید باز شده برای اعمال ضرائب ترک‌خوردگی یا عدم ترک‌خوردگی دیوارها در حالت استفاده حالت Membrane مقدار زیر را وارد می‌کنیم:

دیوار ترک خورده = **Membrane f22 Modifier = 0.35**

دیوار ترک نخورده = **Membrane f22 Modifier = 0.7**

برای ستون‌های متصل به دیوار: در این حالت علاوه بر ممان اینرسی باید مساحت نیز در ضریب اصلاح ضرب شود. این به دلیل نقش مهم مساحت ستون در محاسبه ممان اینرسی کل دیوار است. برای ضریب اصلاح ممان اینرسی هم، حول محوری این ضریب را اعمال کنیم که در محاسبه ممان اینرسی دیوار موثر است. پس باید این اصلاح را حول محوری که عمود بر صفحه دیوار است اعمال کنیم. چون قبلاً یک ضریب 0.7 از طریق منوی Define برای ستون‌ها اعمال کرده‌ایم برای ضریب ترک‌خوردگی ممان اینرسی اگر دیوار ترک نخورده باشد دیگر لازم به اعمال ضریب دوم نیست. اما اگر دیوار ترک‌خورده باشد باید یک ضریب 0.5 را اعمال کنیم که تا در ضریب 0.7 قبل ضرب شده و عدد 0.35 که مورد نظر است نتیجه شود. به این ترتیب خواهیم داشت:

ستون متصل به دیوار ترک نخورده :

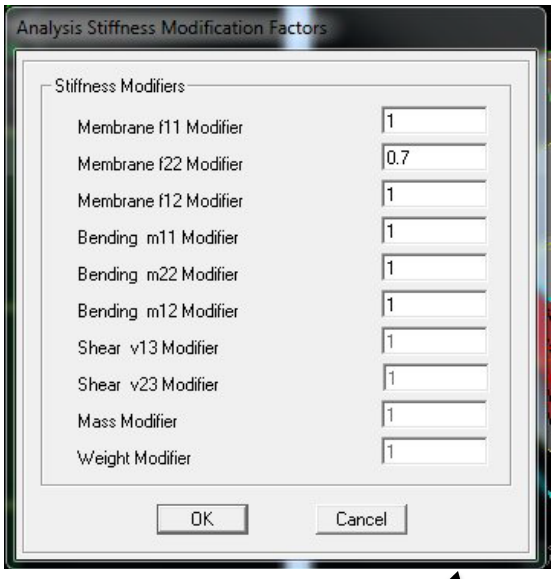
Cross - Section (axial) Area = 0.7

ستون متصل به دیوار ترک خورده :

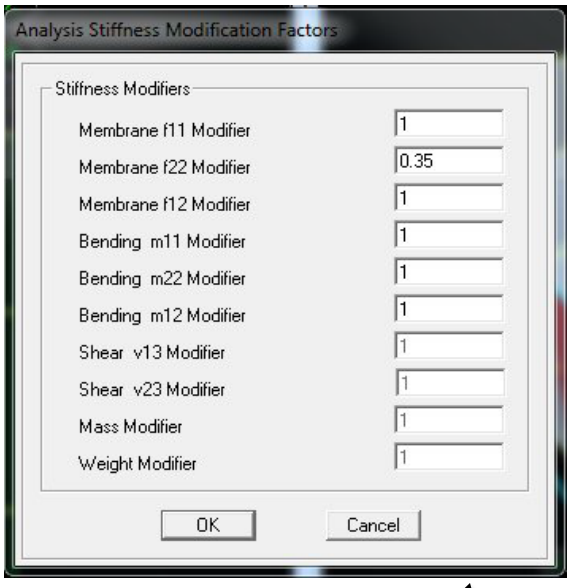
Cross - Section (axial) Area = 0.35

Moment of Inertia about 2 axis = 0.5(اگر محور ۲ ستون عمود بر صفحه دیوار باشد)

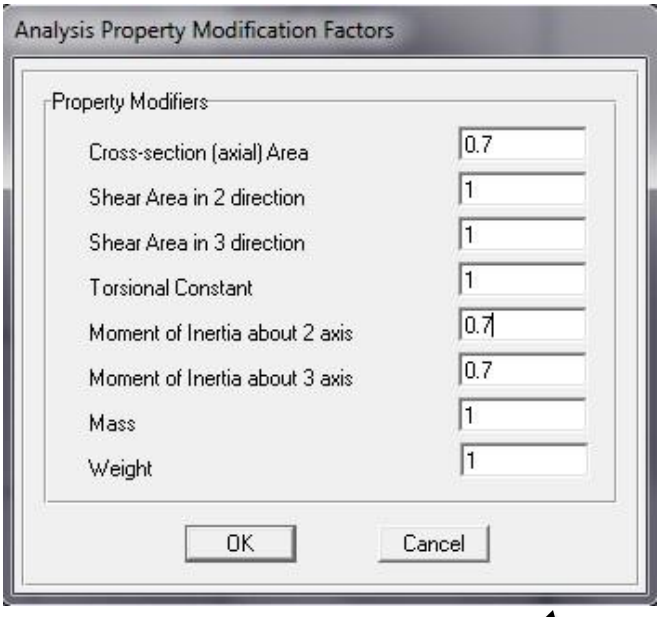
Moment of Inertia about 3 axis = 0.5(اگر محور ۳ ستون عمود بر صفحه دیوار باشد)



مشخصات دیوار ترک‌نخورده

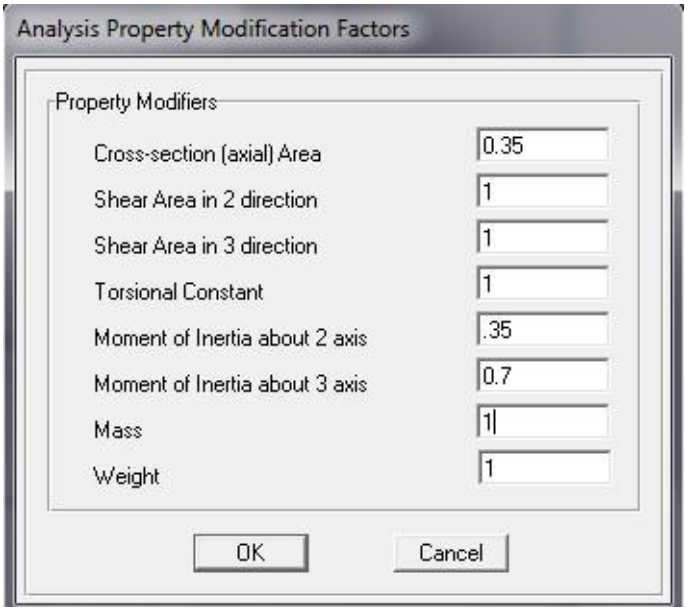


مشخصات دیوار ترک‌خورده



مشخصات ستون متصل به دیوار

برشی ترک‌نخورده



مشخصات ستون متصل به دیوار

برشی ترک‌خورده

8-تنظیمات طراحی دیوار برشی:

دستور Options > Preferences > Shear Wall Design را اجرا کرده و با توجه به نوع آیین‌نامه تنظیمات زیر را انجام می‌دهیم:

1) آیین نامه ACI 318-99 : مطابق بند 9-20-4-3-2-1 مبحث نهم در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ قسمت نباید از 0.0025 سطح دیوار کمتر باشد. مطابق بند 9-20-4-3-2-2 مبحث نهم هم حداکثر این مقدار 0.04 است. بر این اساس باید در قسمت Edge Design PT-Max و Edge Design PC-Max (به ترتیب معرف حداکثر درصد فولاد کششی و فشاری المانهای مرزی یا به عبارتی میلگردهای انتهایی که در ستون‌های اطراف دیوار قرار می‌گیرند) عدد 0.04 را وارد کنیم و در قسمت Section Design lP-Min (معرف حداقل درصد میلگرد قائم دیوار می‌باشد) عدد 0.0025 را وارد نماییم. در قسمت مربوط به Section Design lP-Max (معرف حداکثر درصد میلگرد قائم دیوار می‌باشد) می‌توان عدد 0.04 را وارد نمود؛ اما جهت جلوگیری از تراکم آرماتور و رعایت محدودیت‌های اجرایی و محل وصله بهتر است همان پیش فرض برنامه یعنی عدد 0.02 را قبول نماییم. در قسمت Rebar Units واحد cm^2 و در قسمت Rebar/Length Units واحد cm^2/m را انتخاب می‌نمائیم.

2-آیین نامه ACI 318-05: تمام تنظیمات آن مشابه آیین نامه ACI 318-99 می‌باشد ولی در قسمت System Cd باید مقدار 0.7R را وارد نمایید.

Design Code	ACI 318-99
Rebar Units	cm^2
Rebar/Length Units	cm^2/m
Phi (Bending-Tension)	0.9
Phi (Compression)	0.7
Phi (Shear)	0.85
Phi (Shear Seismic)	0.6
Pmax Factor	0.8
Number of Curves	24
Number of Points	11
Edge Design PT-Max	0.04
Edge Design PC-Max	0.04
Section Design IP-Max	0.02
Section Design IP-Min	0.0025
Utilization Factor Limit	0.95

Design Code	ACI 318-05/IBC 2003
Rebar Units	cm^2
Rebar/Length Units	cm^2/m
Importance Factor	1.
System Cd	5.6
Phi (Tension Controlled)	0.9
Phi (Compression Controlled)	0.65
Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
Phi (Shear Seismic)	0.6
Pmax Factor	0.8
Number of Curves	24
Number of Points	11
Edge Design PT-Max	0.04
Edge Design PC-Max	0.04
Section Design IP-Max	0.02
Section Design IP-Min	0.0025
Utilization Factor Limit	0.95

9- تنظیمات قبل از طراحی دیوارهای برشی:

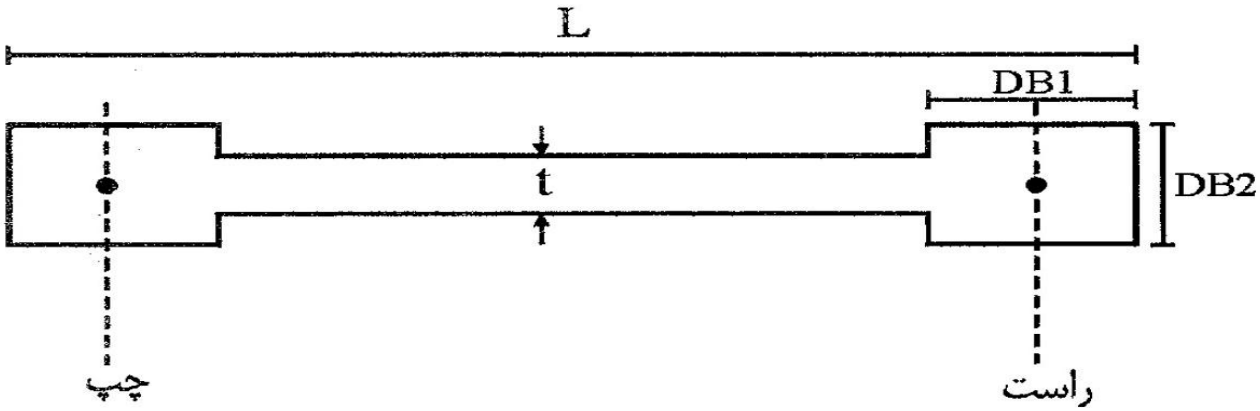
برای طراحی دیوارهای برشی در برنامه سه روش مختلف تعریف شده است که می‌توان به یکی از این سه روش برای طراحی دیوارها استفاده کنیم. این سه روش عبارت‌اند از:

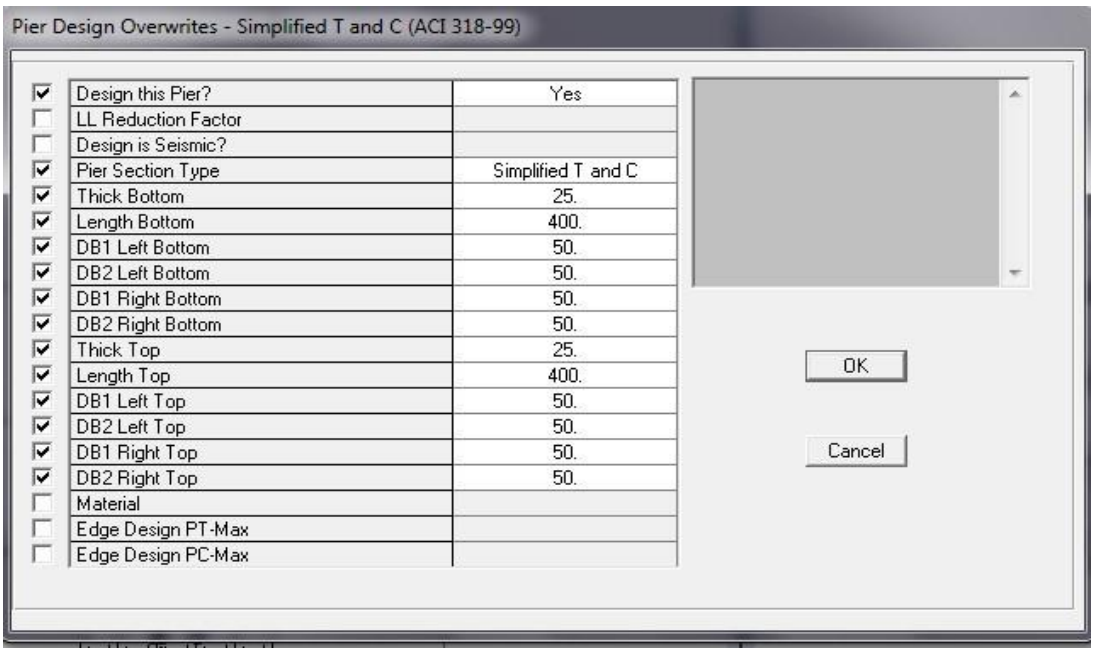
- **Simplified T and C:** روش تبدیل لنگر و نیروی محوری دیوار به دو ستون روی المان‌های لبه‌ای کناری، این روش به روش المان مرزی موسوم است. چناچه از این روش استفاده کنیم برنامه دو As برای المان‌های لبه‌ای ارائه می‌دهد و برای آرماتورهای طولی و عرضی در دیوار می‌توانیم از آرماتور حداقل استفاده کنیم.

- **Uniform Reinforcing**: روش میلگرد گذاری یکنواخت، که در این روش دور تا درو دیوار از یک میلگرد یکنواخت استفاده می‌شود.
- **General Reinforcing**: این روش به روش طراحی عمومی شناخته می‌شود. در این روش، مقطع دیوار به طور کامل در برنامه SD ساخته شده و سپس مقطع ساخته شده به دیوارها اختصاص داده می‌شود. برنامه بر اساس مقطع نسبت داده شده طراحی را انجام می‌دهد. این روش برای هر نوع دیوار با هر نوع شکلی قابل استفاده است.

1-9 روش طراحی ساده (Simplified T and C):

- ✓ دستور Select > by Pier Ids را اجرا کرده و همه نوع دیوارها را انتخاب می‌کنیم.
- ✓ دستور Design > SWD > Assign Pire Section for Checking > simplified c and t Section را اجرا کرده تا برای طراحی دیوارها از روش طراحی المان لبه‌ای استفاده شود.
- ✓ دوباره دستور Select > by Pier Ids را اجرا کرده و همه نوع دیوارها را انتخاب می‌کنیم.
- ✓ دستور Design > Shear Wall Design > View/Revise Overwrites را اجرا کرده و تنظیمات آن را مطابق شکل زیر انجام می‌دهیم:

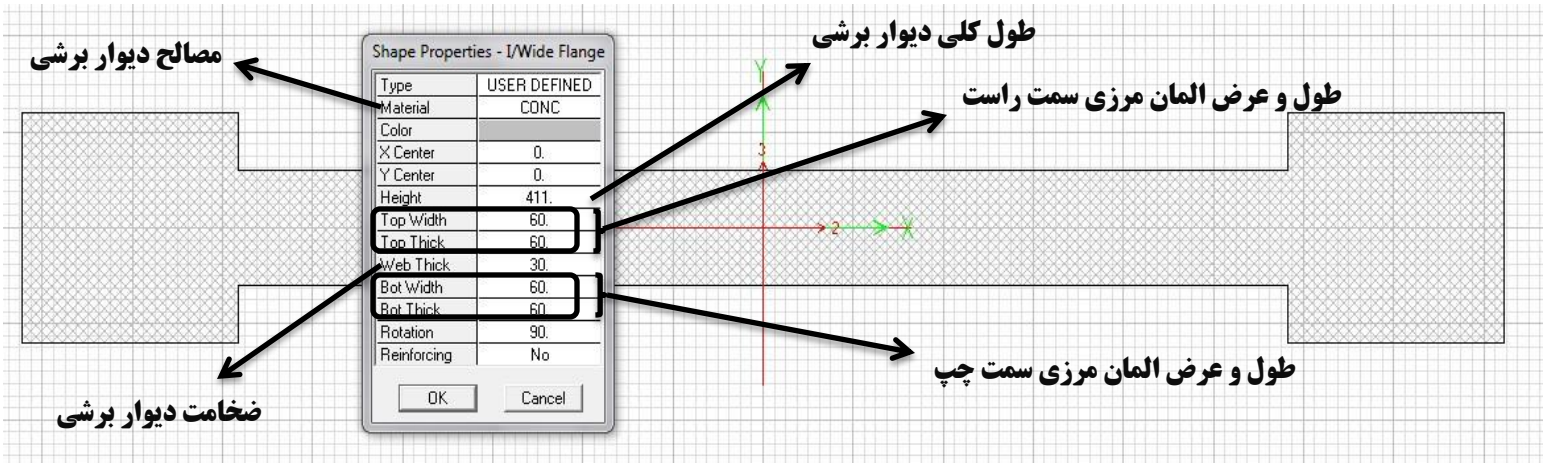




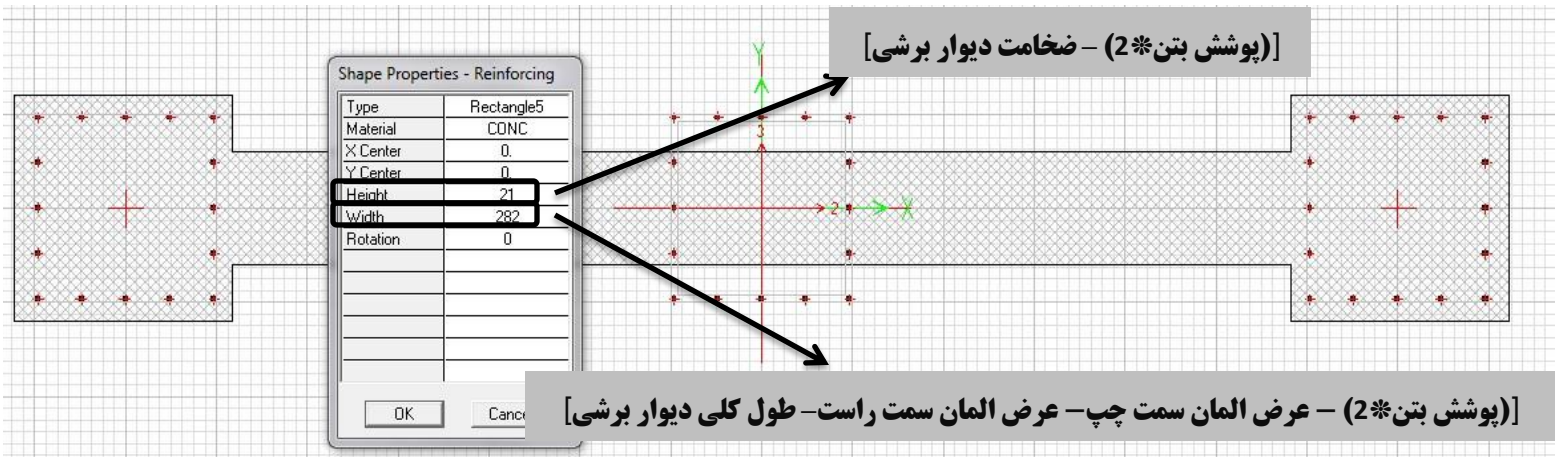
2-9 روش طراحی عمومی (General Reinforcing):

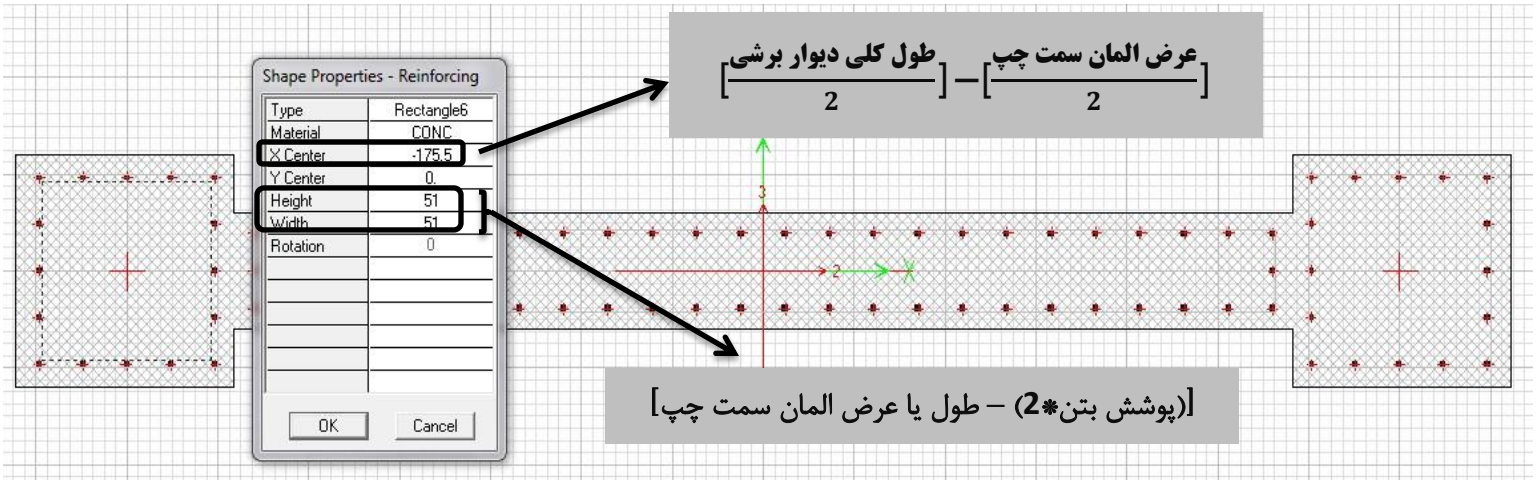
روش استفاده از برنامه SD بسیار دقیق است. در این روش مقطع دیوار در برنامه SD ساخته شده و پس از اختصاص مقاطع به دیوارها، کفایت مقاطع دیوارها بررسی می‌شود. مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

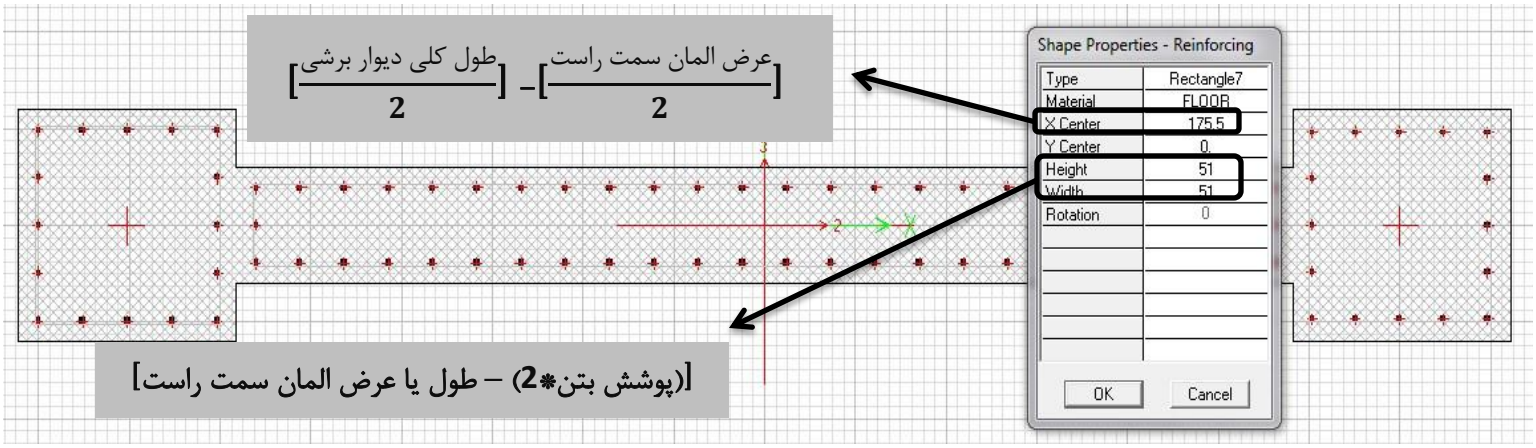
- ✓ دستور Design > Shear Wall Design > Define Pier Sections for Checking را اجرا کرده و در جعبه ظاهر شده روی دکمه Add Pire Section کلیک نمائید.
- ✓ در جعبه ویرایش Section Name نام دیوار مثلاً W1 را وارد کرده و از کشوی Base Material مصالح مورد نظر را انتخاب کرده و دکمه Section Designer را کلیک نمائید.
- ✓ پنجره برنامه Section Designer ظاهر می‌شود. دستور Draw > Draw Structural Shape > I/Wide Flange را اجرا کرده و در مبدا مختصات کلیک نمائید و از حالت ترسیم خارج شوید. سپس روی مقطع I ایجاد شده کلیک راست کنید و مشخصات مقطع را وارد نمائید:



- ✓ دستور Draw > Draw Reinforcing Shape > Rectangular Pattern را اجرا کرده و در سه موقیت (یکی مبدا مختصات، یکی سمت راست و یکی سمت چپ) کلیک نمائید. روی هر یک از میلگردهای ایجاد شده کلیک راست کرده و مشخصات آنها را وارد نمائید:

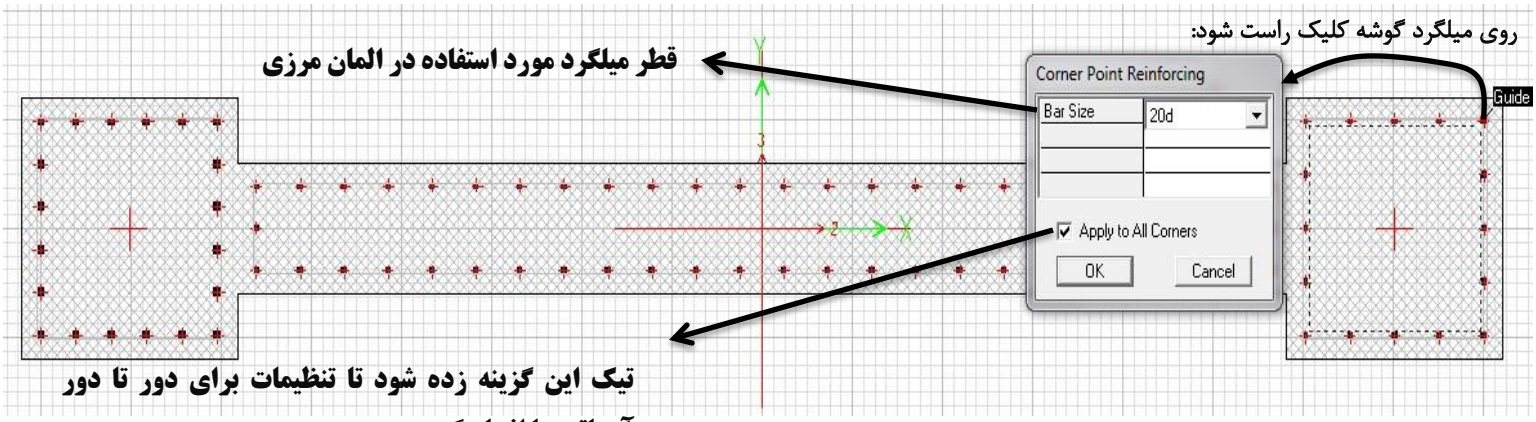


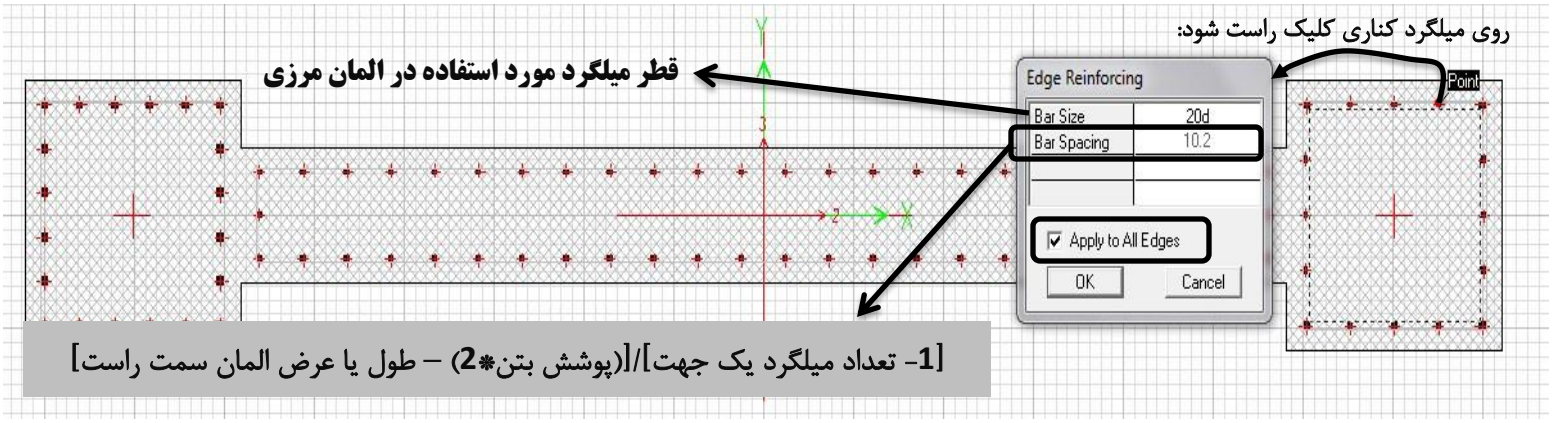


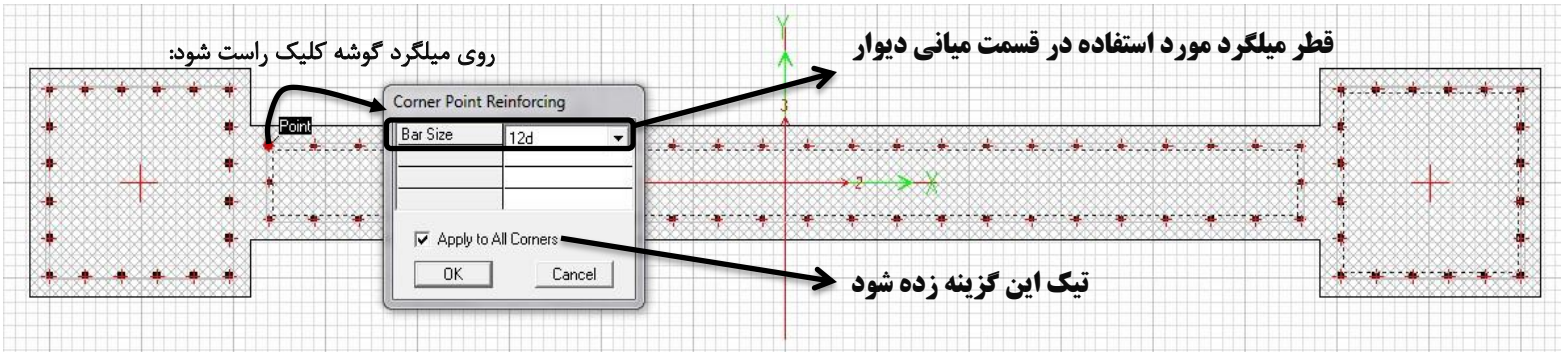


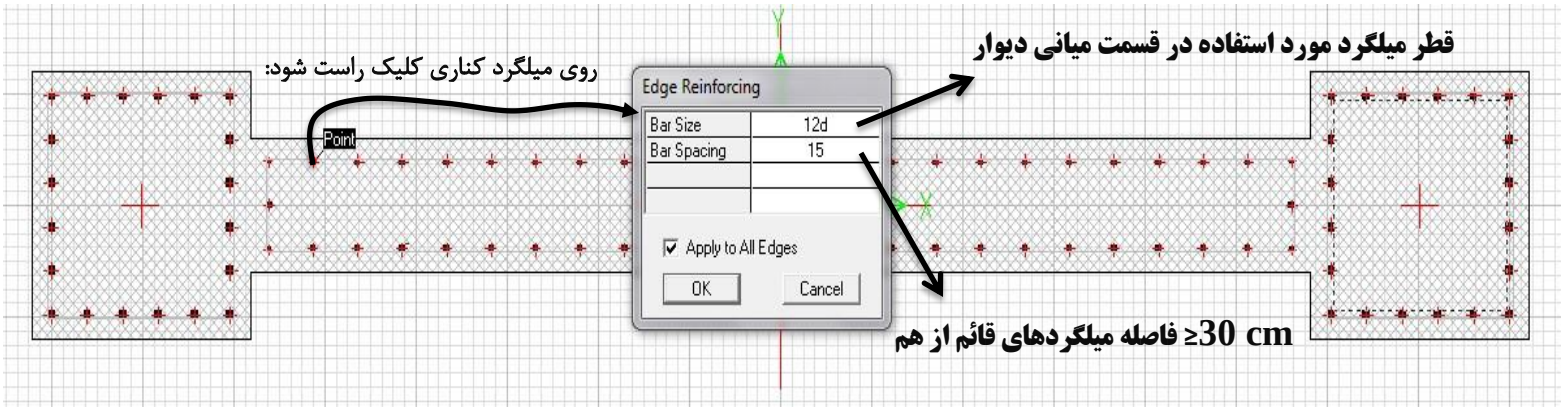
نکته: ⟵ **در برنامه SD، پوشش بتن از روی میلگرد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین ابعاد آرایش مستطیلی میلگردها برابر [(پوشش بتن*2) – طول یا عرض المان] خواهند بود. بعد میلگردگذاری اندازه بیرون تا بیرون آرایش میلگردگذاری است.**

- ✓ روی آرایش میلگردهای سمت چپ و راست و وسط مقطع کلیک راست کرده و مشخصات آنها را مطابق شکل‌های زیر وارد می‌کنیم:

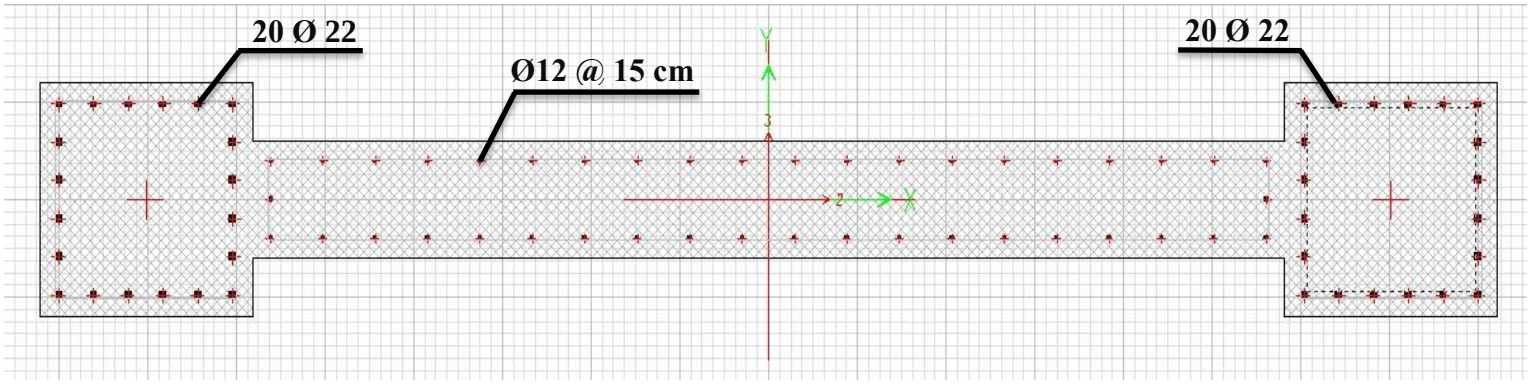








✓ با کلیک روی دکمه Done مقاطع ساخته خواهند شد:

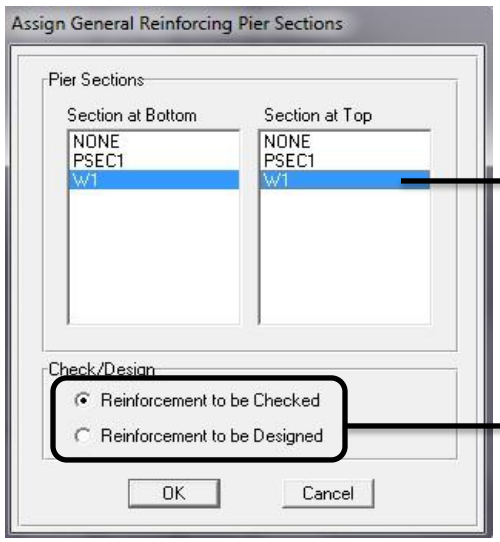


✓ سپس روی دکمه OK کلیک می‌کنیم تا دیوار W1 به برنامه تعریف گردد.

چند نکته در مورد مدل کردن دیوارهای برشی:

- ❖ **دیوارها چه در جهت X باشند و چه در جهت Y در هر صورت باید به صورت افقی همانند روش بالا مدل شوند. دلیل آن این است که باید محور 3 در برنامه SD به دیوار عمود باشد چون‌که محورهای محلی در ETABS ،همیشه محور 3 عمود بر دیوار می‌باشد.**
- ❖ **طول دیوارها را باید برابر آکس به آکس محور مور نظر (که قرار است دیوار در آنجا قرار گیرد) به اضافه یک بعد ستون در نظر گرفت (برای ستون‌های دارای عرض مساوی در دو طرف).**
- ❖ **ستون‌ها را می‌توان در این روش جزء دیوار مدل کرد و آرماتورهای مورد نیاز المان لبه‌ای یا مرزی در این ستون‌ها قرار داد و از نتایج برنامه در مورد ستون‌ها صرف نظر کرد و این نتایج را در آخر برای ستون‌ها در نظر گرفت.**

✓ با استفاده از دستور Select > by Pier Ids دیوار مورد نظر (برای اختصاص مقطع) را انتخاب کرده و سپس با استفاده از دستور Design > SWD > Assign Pier Sections for Checking > General Reinforcing Pier Section مقطع مورد نظر را به دیوار اختصاص می‌دهیم:



مقطع اختصاص داده شده به دیوار

باید گزینه Reinforcement to be Checked انتخاب شود تا برنامه فقط دیوار مدل شده را مورد کنترل قرار دهد نه طراحی.

10-انتخاب ترکیب بار طراحی دیوارهای برشی:

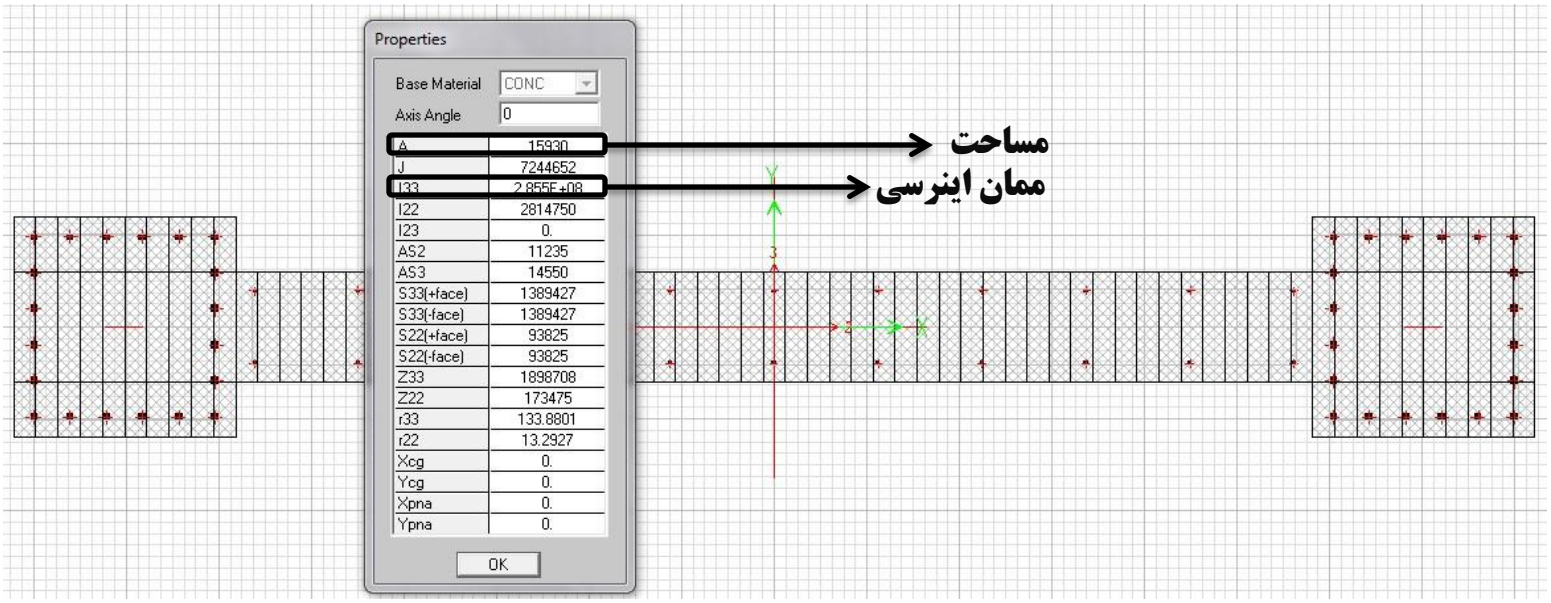
برای انتخاب ترکیب بارهای طراحی دیوارها به قسمت Design > Shear Wall Design > Select Design Combo مراجعت نموده و در قسمت List Of Combos ترکیب بارهای مورد نظر را انتخاب کرده و با زدن بر روی دکمه Add ترکیب بارهای مورد نظر به سمت راست (برای طراحی) منتقل می‌شوند. **(همان ترکیب بارهایی که برای طراحی سازه بتنی به نرم افزار معرفی نموده‌ایم).**

11-محاسبه طول المان لبه‌ای:

۹-۲۰-۴-۳-۳-۱- در کناره‌ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها که در آنها تنش فشاری بتن در دورترین تا فشاری مقطع تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از $0.2f_c$ بیشتر باشد باید اجزای لبه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-٤-۳-۳-۲ تا ۹-۲۰-٤-۳-۳-٤ پیش‌بینی می‌شود. مگر آنکه در تمام طول دیوار یا دیافراگم میلگردگذاری عرضی ویژه پیش‌بینی شده باشد. اجزای مرزی را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری بتن در آنها از $0.15f_c$ کمتر باشد قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش درمقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه می‌شود.

مطابق با بند آیین نامه در محل‌هایی که تنش فشاری از مقدار $0.2*f_c$ بیشتر شود باید از اجزا لبه‌ای استفاده نمود و در آن ناحیه از میلگردهای عرضی ویژه استفاده نمود. مراحل کار به صورت زیر می‌باشد:

- ✓ محاسبه مساحت و ممان اینرسی مقاطع. برای این کار دستور Design>SWD >Define Pier Sections for Checking را اجرا نموده و مقطع دیوار مورد نظر را انتخاب نموده و گزینه Modify/Show Pire Section را انتخاب می‌نمائیم و در جعبه ظاهر شده گزینه Section Designer کلیک می‌کنیم و سپس دستور Display > Show Section Properties را اجرا نموده و مساحت و ممان اینرسی مقطع نشان داده می‌شوند:



- ✓ می‌توان از ترکیب بار (1.05DL+1.275LL+1.4025E) در صورت استفاده از آیین‌نامه ACI 318-99 برا محاسبه تنش فشاری حداکثر استفاده نمود. دستور Display>Show Tables را اجرا کرده و به قسمت ANALYSIS RESULTS رفته و تیک گزینه Wall Output را زده و در قسمت Select Load Cases/Combos ترکیب باری را که بیشترین تنش فشاری را ایجاد می‌کند (همان ترکیب بار بالا) را انتخاب می‌کنیم و OK می‌نمائیم:

Pier Forces

Edit View

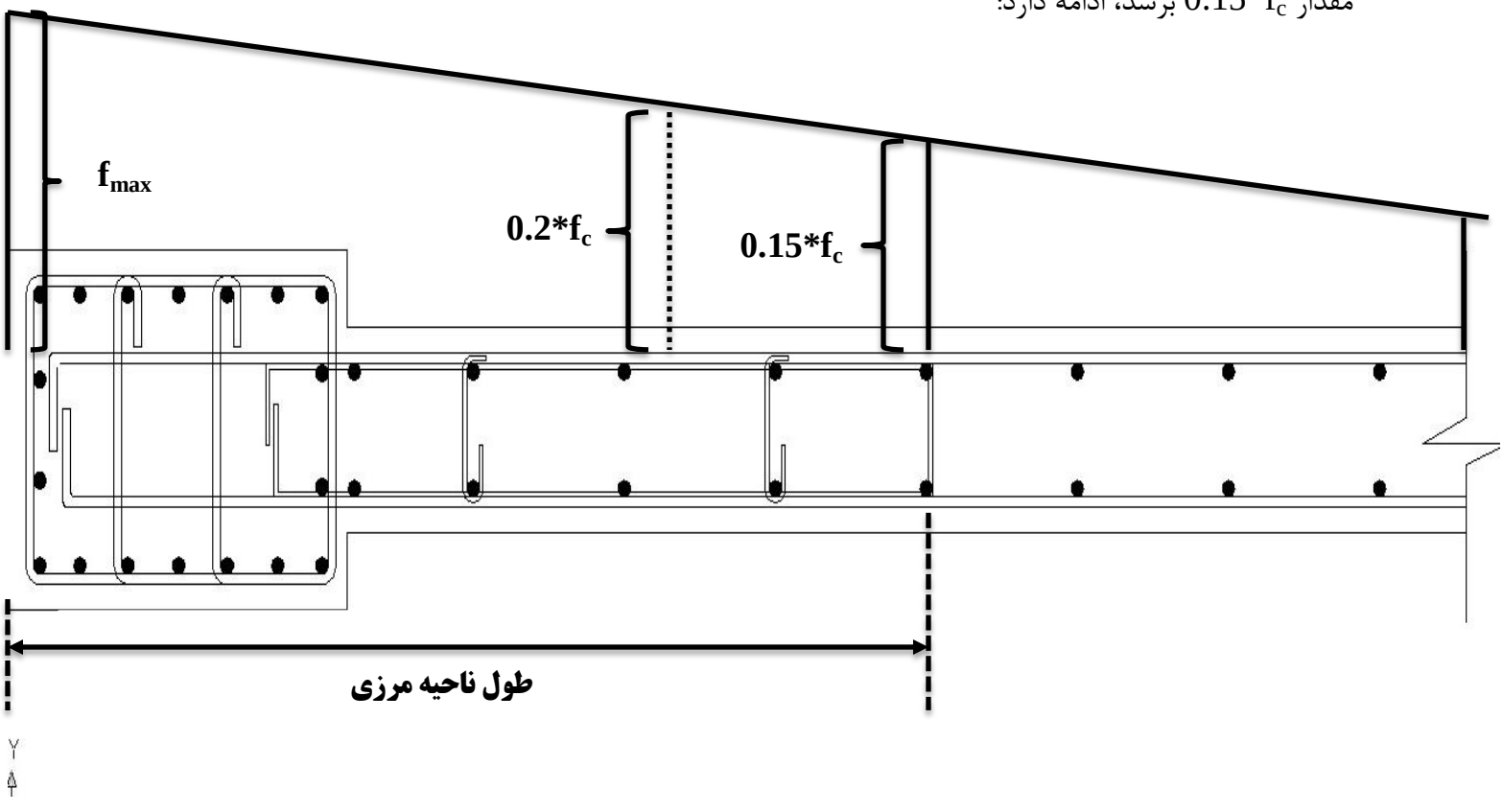
Pier Forces

	Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
▶	ROOF	P2	DCON5	Top	-18907.18	25228.93	-2581.29	215106.654	440750.837	-1563491.325
	ROOF	P2	DCON5	Bottom	-34404.18	25228.93	-2581.29	215106.654	-333637.425	6011662.985
	STORY4	P2	DCON5	Top	-61982.35	66795.67	-1635.02	140944.897	275773.557	4284597.923
	STORY4	P2	DCON5	Bottom	-77479.35	66795.67	-1635.02	140944.897	-214731.550	24340101.593
	STORY3	P2	DCON5	Top	-106160.13	90564.12	-2572.07	240068.438	438015.023	22279073.617
	STORY3	P2	DCON5	Bottom	-123453.30	90564.12	-2572.07	240068.438	-333605.428	49472588.89
	STORY2	P2	DCON5	Top	-151767.53	115133.48	-1712.95	141638.161	286330.543	47752781.92
	STORY2	P2	DCON5	Bottom	-169060.71	115133.48	-1712.95	141638.161	-227554.662	82317863.46
	STORY1	P2	DCON5	Top	-199105.06	115089.62	-1843.51	150229.956	353439.063	80670932.48
	STORY1	P2	DCON5	Bottom	-217294.32	115089.62	-1843.51	150229.956	-162744.583	112909775.26

نصف طول دیوار برشی در طبقه اول

تنش فشاری حداکثر در طبقه اول: $f_{max}=\frac{P}{A}+\frac{M*C}{I}=\frac{217294.32}{15930}+\frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08}=94.77\ kg/cm^2$

- ✓ مقایسه کردن تنش فشاری حداکثر با مقدار مجاز آیین نامه. اگر مقدار آن از مقدار $0.2*f_c$ کمتر باشد یعنی نیازی به اجزا لبه‌ای ندارد ولی اگر مقدار آن بیشتر از $0.2*f_c$ باشد، نیاز به اجزا لبه‌ای داشته و طول جزء لبه‌ای تا قسمتی که تنش به مقدار $0.15*f_c$ برسد، ادامه دارد:

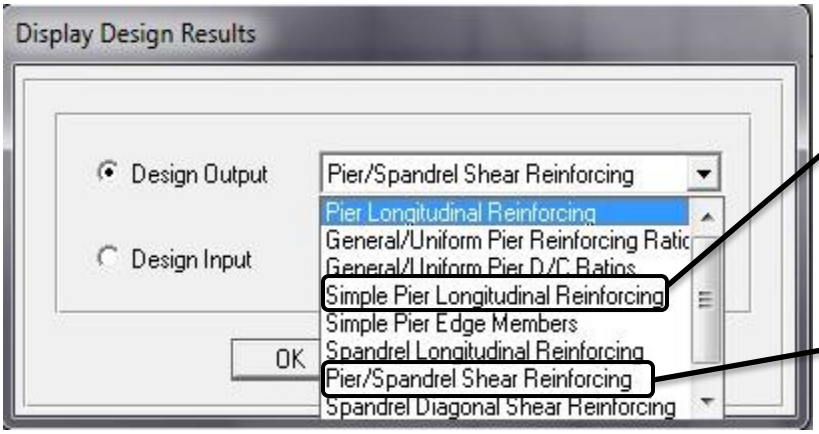


12-شروع به طراحی دیوارهای برشی:

برای طراحی و کنترل دیوارهای برشی از منوی Design بر روی گزینه Shear Wall Design رفته و دستور طراحی یعنی گزینه Start Design/Check of Structure را اجرا می‌کنیم.

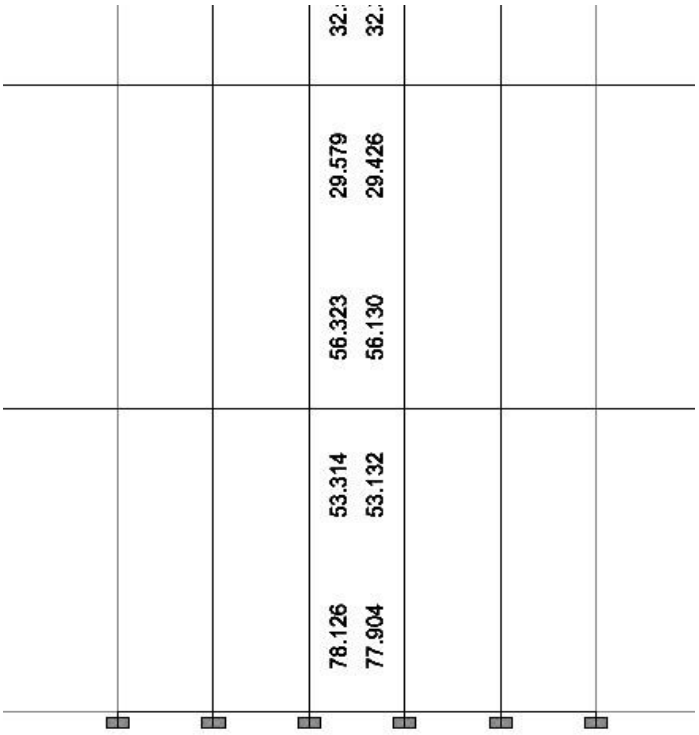
بعد از چند ثانیه عمل طراحی دیوارها به پایان می‌رسد. برای مشاهده نتایج باید به منوی Design>SWD>Display Design Info برویم:

الف) نتایج روش طراحی ساده (Simplified T and C): **Design>SWD>Display Design Info**

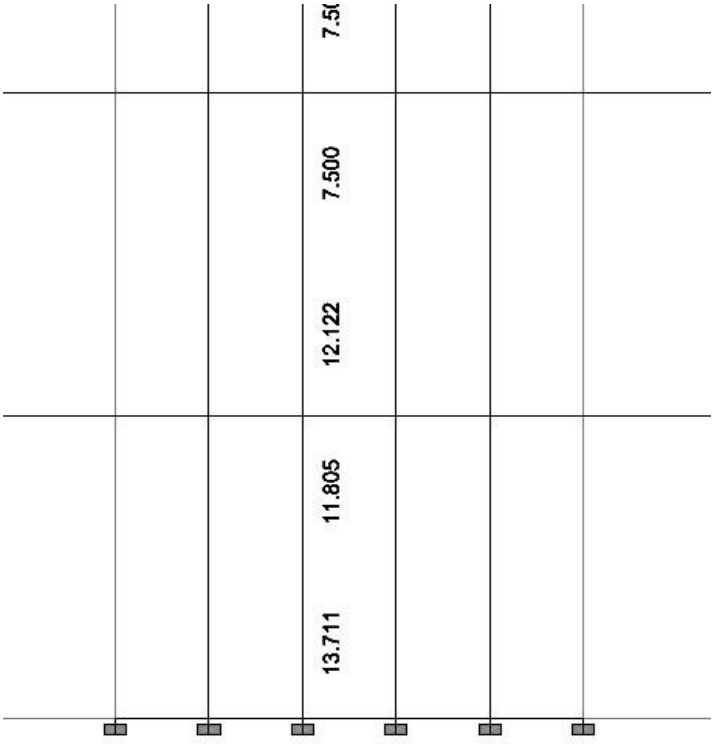


میلگرد طولی مورد نیاز در المان مرزی

میلگرد عرضی مورد نیاز در واحد طول
(A_V/S)



میلگرد طولی مورد نیاز در المان مرزی



میلگرد عرضی مورد نیاز در واحد طول
(A_V/S)

مثال: طراحی مقطع دیوار در طبقه اول؟

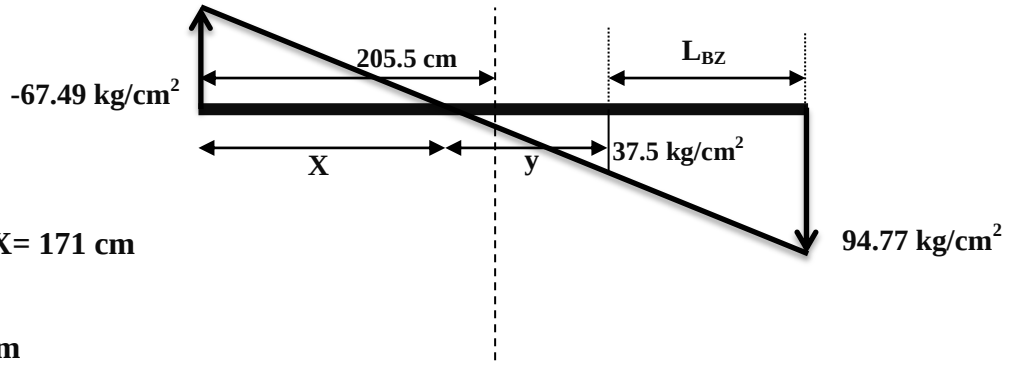
حداکثر مساحت میلگرد مورد نیاز در المان مرزی حدود $79\ cm^2$ است که معادل 21Ø22 است. قرار دادن 20Ø22 در مقطع، تقریباً جوابگوی میلگرد مورد نیاز است. میلگرد برشی $13.71\ cm^2/m$ معادل Ø12@15 cm است. همچنین میلگرد Ø12@30 cm تامین کننده حداقل 0.0025 نسبت میلگرد در دیوارها است و این میلگرد در جان مقطع دیوار قرار می‌گیرد.

محاسبه طول المان لبه‌ای: **مساحت و ممان اینرسی مقطع دیوار در طبقه اول به ترتیب برابر $A=15930\ cm^2$ و $I=2.86E+08 cm^4$ می‌باشد و دستور Display>Show Tables را اجرا کرده و به قسمت ANALYSIS RESULTS رفته و با انتخاب ترکیب بارهایی که بیشترین تنش فشاری را روی مقطع مورد نظر ایجاد می‌کنند، مقدار حداکثر نیروی فشاری و لنگر خمشی در طبقه اول را بدست می‌آوریم($P=217294.32\ kg$, $M= 112909775.26\ kg.cm$). سپس تنش فشاری حداکثر را محاسبه نموده و با مقدار آیین نامه‌ای $0.2*f_c$ بررسی می‌کنیم:**

$$f_{max}= \frac{P}{A} + \frac{M*C}{I} = \frac{217294.32}{15930} + \frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08} = 94.77\ kg/cm^2 < 0.2*f_c=0.2*250=50\ kg/cm^2 \quad N.G$$

$$f_{min}= \frac{P}{A} - \frac{M*C}{I} = \frac{217294.32}{15930} - \frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08} = -67.49\ kg/cm^2$$

چون مقدار تنش فشاری حداکثر از مقدار $0.2*f_c$ بیشتر است بنابراین می‌بایست از المان مرزی استفاده نمود. طول المان مرزی از بر خارجی ستون تا مقطعی که تنش فشاری برابر $0.15*f_c=0.15*250=37.5\ kg/cm^2$ شود،می‌باشد.



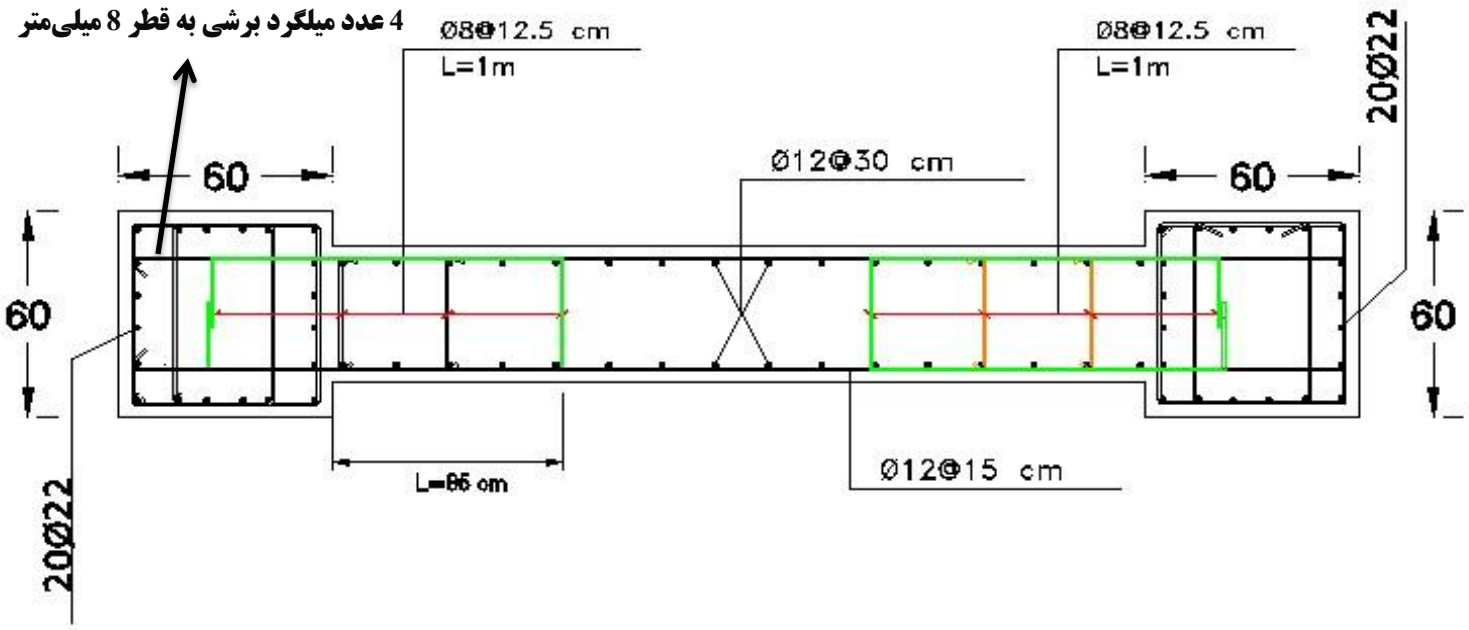
$$\frac{67.49}{94.77} = \frac{X}{(411-X)} \Rightarrow X= 171\ cm$$

$$\frac{y}{x} = \frac{37.5}{67.49} \Rightarrow y= 95\ cm$$

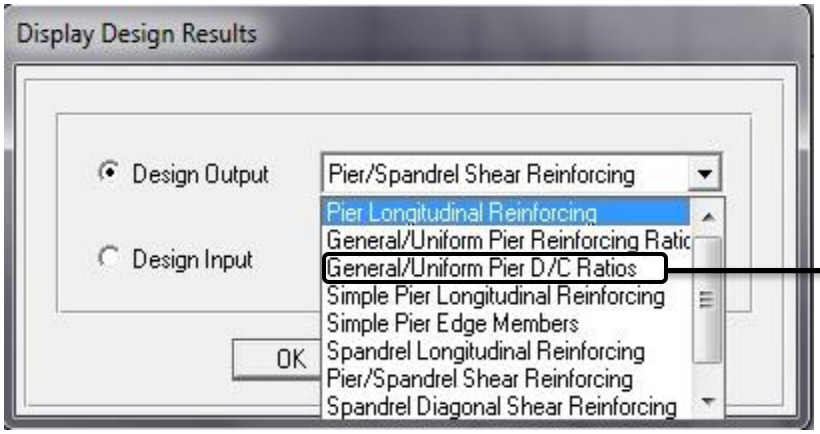
$$L_{BZ}= 411-(x+y) = 411-(171+95)= 145\ cm$$

طول ناحیه لبه‌ای برای خاموت‌گذاری ویژه از بر داخلی ستون = L_{BZ} – بعد ستون = 145-60= 85 cm

طبق آیین نامه در ناحیه ویژه قطر خاموت‌ها حداقل 8 سانتی متر و فاصله خاموت‌ها از هم برابر کوچکترین مقدار { یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون (1/4 * 60=15 cm) ، هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی (8*2.2=17.6 cm) ، 12.5 سانتی‌متر} می‌باشد. در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتورگذاری ویژه اجرا شود. میلگرد برشی $13.71\ cm^2/m$ می‌باشد بنابراین از خاموت‌های **Ø8@12.5 cm** در تمام طول ستون و در طول ناحیه لبه‌ای (85 cm) استفاده می‌کنیم:



ب) نتایج روش طراحی عمومی **(General Reinforcing)**: **Design>SWD>Display Design Info**



نسبت تنش های موجود به مجاز

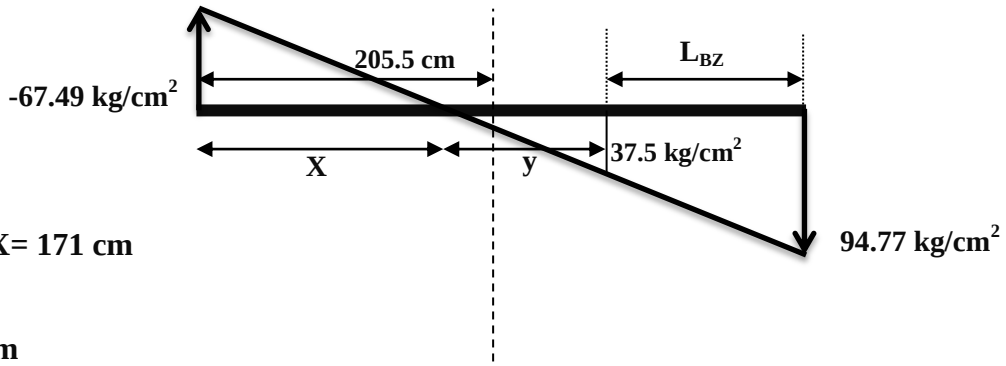
مثال: با توجه به نمونه طراحی به روش ساده مشاهده می‌شود که در هر یک از ستون‌ها به 21Ø22 میلگرد نیاز است. اما چون ما در این مثال از تعداد 20Ø22 میلگرد در المان مرزی استفاده نمودیم (مقطع ساخته شده در SD)، نسبت تنش در این دیوار کمی از 1 بیشتر گشت که اگر میلگردهای قسمت میانی دیوار را از Ø12@30 cm به Ø12@15 cm تغییر دهیم این نسبت کمتر از 1 می‌شود.

محاسبه طول المان لبه‌ای: مساحت و ممان اینرسی مقطع دیوار در طبقه اول به ترتیب برابر $A=15930\ cm^2$ و $I=2.86E+08cm^4$ می‌باشد و دستور **Display>Show Tables** را اجرا کرده و به قسمت **ANALYSIS RESULTS** رفته و با انتخاب ترکیب بارهایی که بیشترین تنش فشاری را روی مقطع مورد نظر ایجاد می‌کنند، مقدار حداکثر نیروی فشاری و لنگر خمشی در طبقه اول را بدست می‌آوریم($P=217294.32\ kg$, $M=112909775.26\ kg.cm$). سپس تنش فشاری حداکثر را محاسبه نموده و با مقدار آیین نامه‌ای $0.2*f_c$ بررسی می‌کنیم:

$$f_{max}=\frac{P}{A}+\frac{M*C}{I}=\frac{217294.32}{15930}+\frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08}=94.77\ kg/cm^2 < 0.2*f_c=0.2*250=50\ kg/cm^2\ \ N.G$$

$$f_{min}=\frac{P}{A}-\frac{M*C}{I}=\frac{217294.32}{15930}-\frac{112909775.26*205.5}{2.86E+08}=-67.49\ kg/cm^2$$

چون مقدار تنش فشاری حداکثر از مقدار $0.2*f_c$ بیشتر است بنابراین می‌بایست از المان مرزی استفاده نمود. طول المان مرزی از بر خارجی ستون تا مقطعی که تنش فشاری برابر $0.15*f_c=0.15*250=37.5\ kg/cm^2$ شود،می‌باشد.



$$\frac{67.49}{94.77}=\frac{X}{(411-X)} \Rightarrow X=171\ cm$$

$$\frac{y}{x}=\frac{37.5}{67.49} \Rightarrow y=95\ cm$$

L_{BZ}= 411-(x+y) = 411-(171+95)= 145 cm

طول ناحیه لبه‌ای برای خاموت‌گذاری ویژه از بر داخلی ستون = L_{BZ} – بعد ستون = 145-60= 85 cm

طبق آیین نامه در ناحیه ویژه قطر خاموت‌ها حداقل 8 سانتی متر و فاصله خاموت‌ها از هم برابر کوچکترین مقدار { یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون (1/4 * 60=15 cm) ، هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی (8*2.2=17.6 cm) ، 12.5 سانتی‌متر} می‌باشد. در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتورگذاری ویژه اجرا شود. میلگرد برشی 13.71 cm^2/m می‌باشد بنابراین از خاموت‌های **Ø8@12.5 cm** در تمام طول ستون و در طول ناحیه لبه‌ای (85 cm) استفاده می‌کنیم: