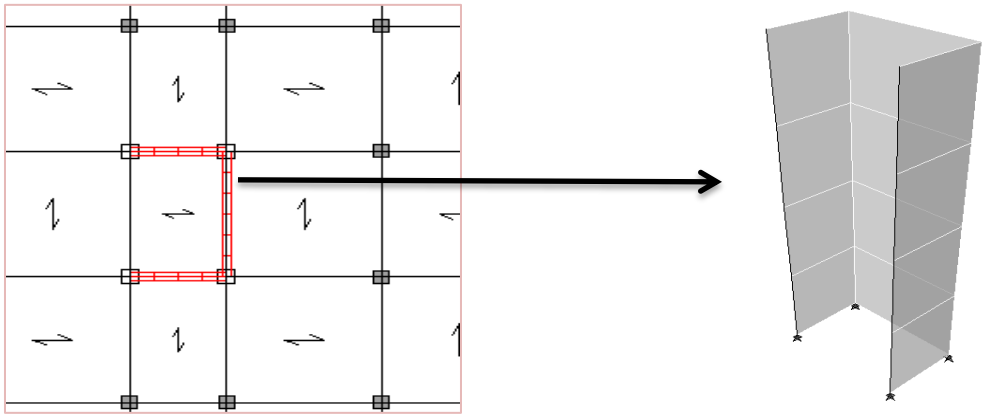
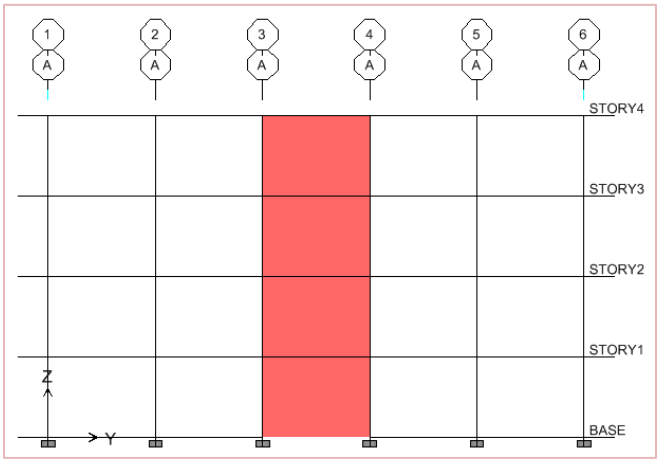
❋طراحی دیوارهای برشی U شکل و بازشودار در ETABS❋

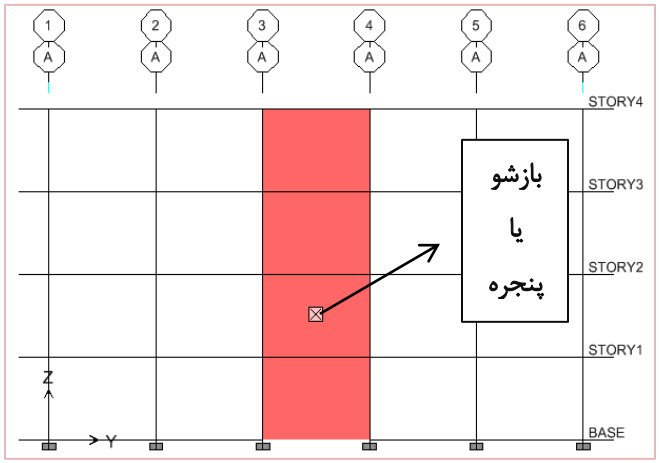
ترسیم دیوار برشی: **Draw > Draw Area Objects > Create Walls in Region or at Clicks (plan)**

برای ترسیم **دیوار برشی U شکل** با استفاده از دستور بالا در موقعیت دیوار برشی ترسیم می‌کنیم:

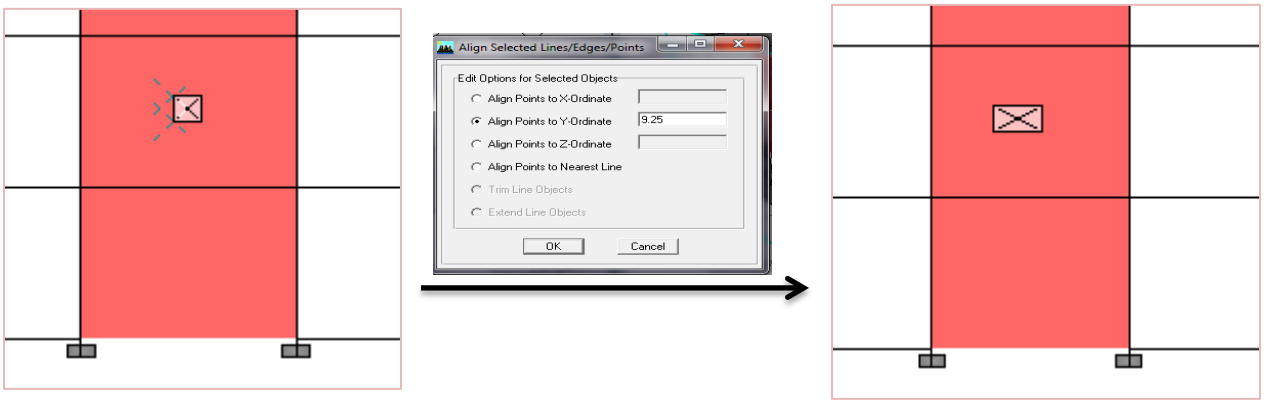


برای ترسیم **دیوارهای بازشودار** ابتدا با استفاده از دستور بالا، دیوار برشی ترسیم می‌کنیم. سپس با کلیک روی آیکون یا با استفاده از دستور **Draw > Draw Area Objects > Draw Windows** در طبقه مورد نظر بازشو ایجاد می‌کنیم:

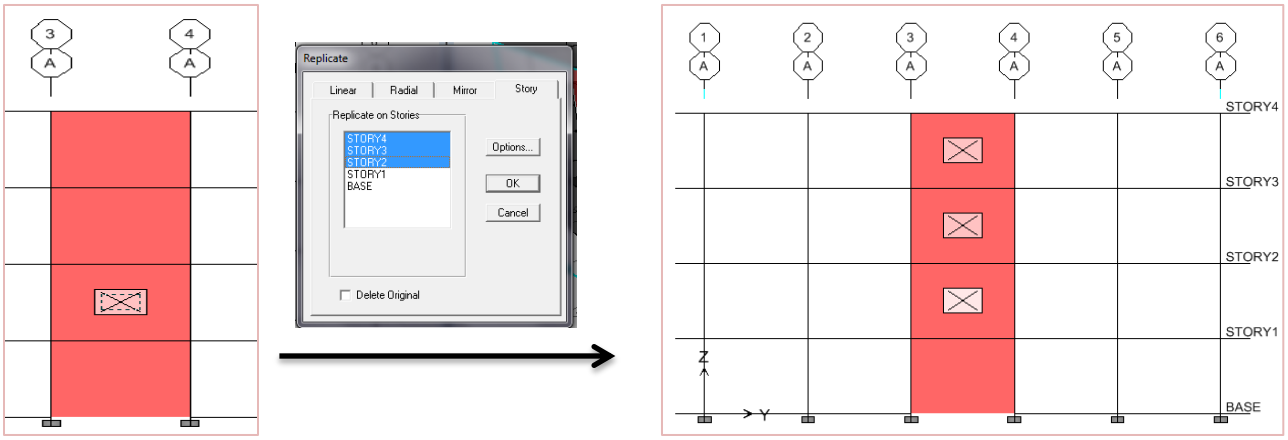




گره‌های گوشه بازشو را انتخاب می‌کنیم و با استفاده از دستور **Edit > Align Points/Lines/Edges** موقعیت‌های گره‌های بازشو را وارد می‌کنیم:

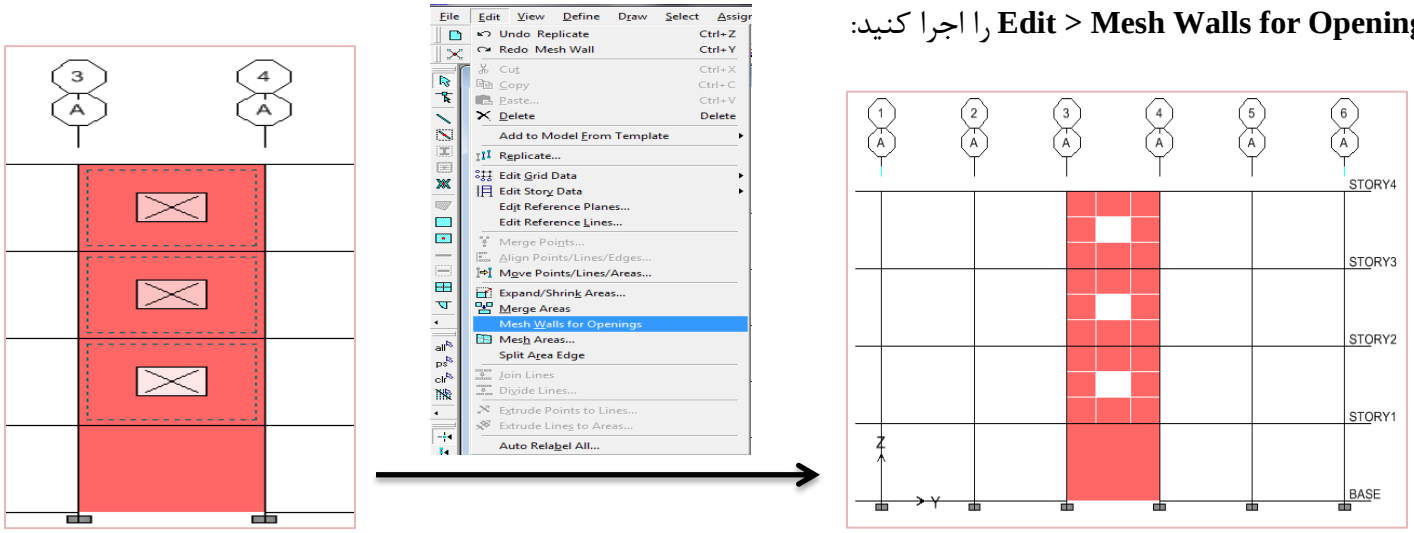


بعد از ترسیم بازشو و درست کردن موقعیت گره‌های آن، می‌توان بازشو مورد نظر را انتخاب نمود و دستور **Edit > Replicate** را اجرا کرد و در جعبه باز شده برگه **Story** را فعال نمود و طبقاتی را که قصد ایجاد بازشو داریم را انتخاب کنیم:

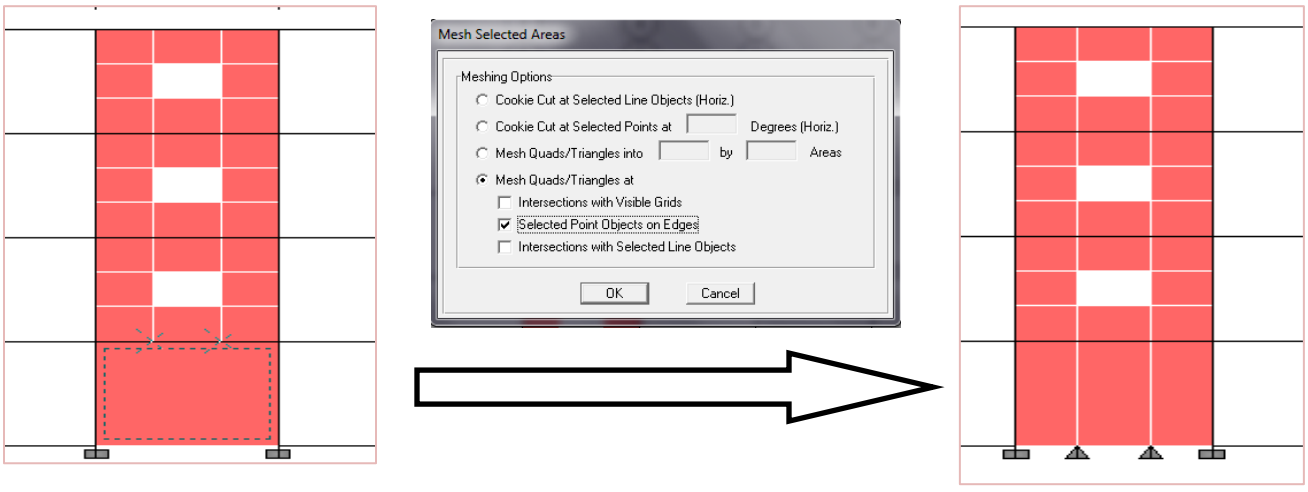


تقسیم‌بندی دیوارهای بازشودار:

برای تقسیم‌بندی دیوارهای برشی بازشودار با توجه به بازشوهای درون آنها، ابتدا دیوارهای طبقات را انتخاب نموده و سپس دستور **Edit > Mesh Walls for Openings** را اجرا کنید:



مثلاً اگر مانند دیوار شکل بالا در طبقه‌ای دیوار بدون بازشو داشته باشیم می‌بایست دیوار بدون بازشو و دو گره مربوط به تقسیم دیوار بازشودار در طبقه بالای آن را انتخاب نمود و دستور **Edit > Mesh Areas** را اجرا نموده و در جعبه ظاهر شده مانند شکل زیر گزینه **Mesh Quads/Triangles at** را فعال کرده و گزینه **Selected Point Objects on Edges** را انتخاب کنید:

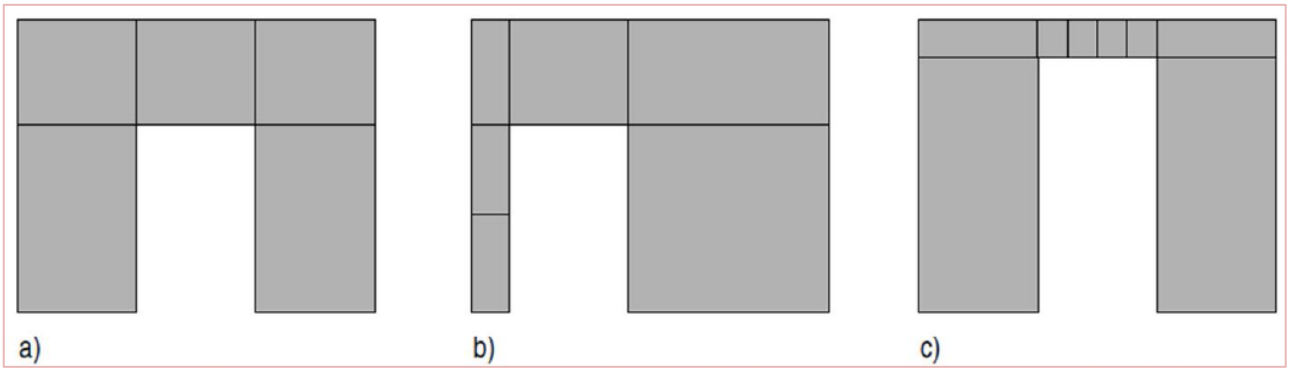


چند نکته مهم در رابطه با تقسیم‌بندی دیوارهای بازشودار:

1- اگر بازشو در وسط دیوار قرار دارد (تقارن برقرار باشد) به طوریکه هیچ یک از قسمت‌های دیوار لاغر نشوند (خمش حاکم نباشد) تقسیم بندی مطلوب مانند شکل a خواهد بود.

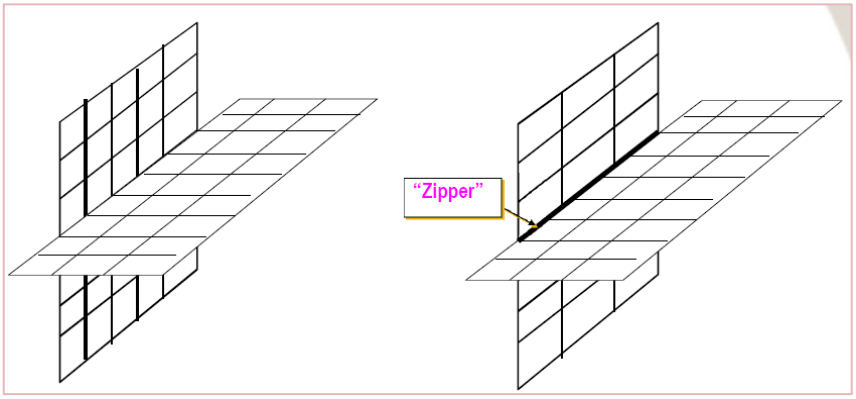
2- اگر بازشو به سمت چپ یا راست منتقل شود، المان سمت چپ یا راست لاغر شده و در آن خمش حاکم می‌شود و می‌بایست المان به چند قسمت تقسیم شود مانند شکل b که المان به دو قسمت تقسیم شده است.

3- اگر بازشو به سمت بالا منتقل شود، تیر پیوند لاغر شده و برای جلوگیری از حاکم شدن خمش در این تیر مانند شکل c به چند المان می‌بایست تقسیم شود.

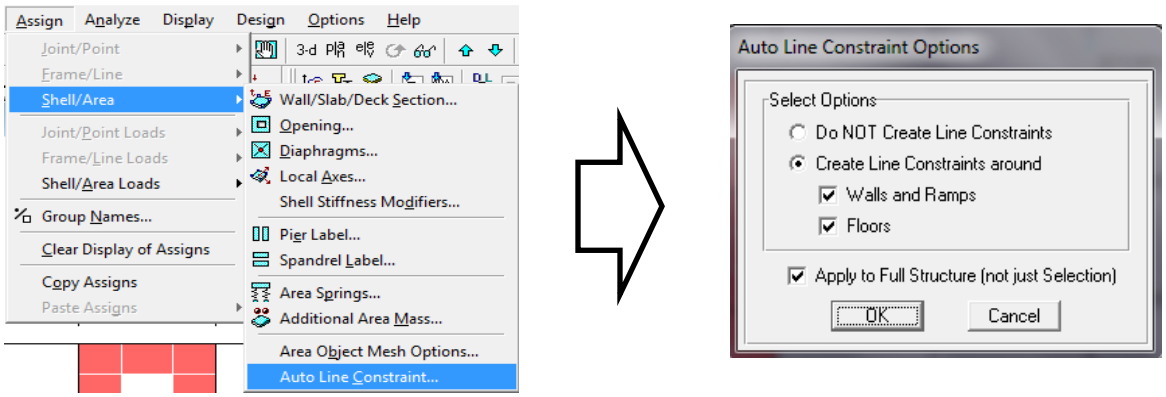


مش‌بندی دیوارهای برشی:

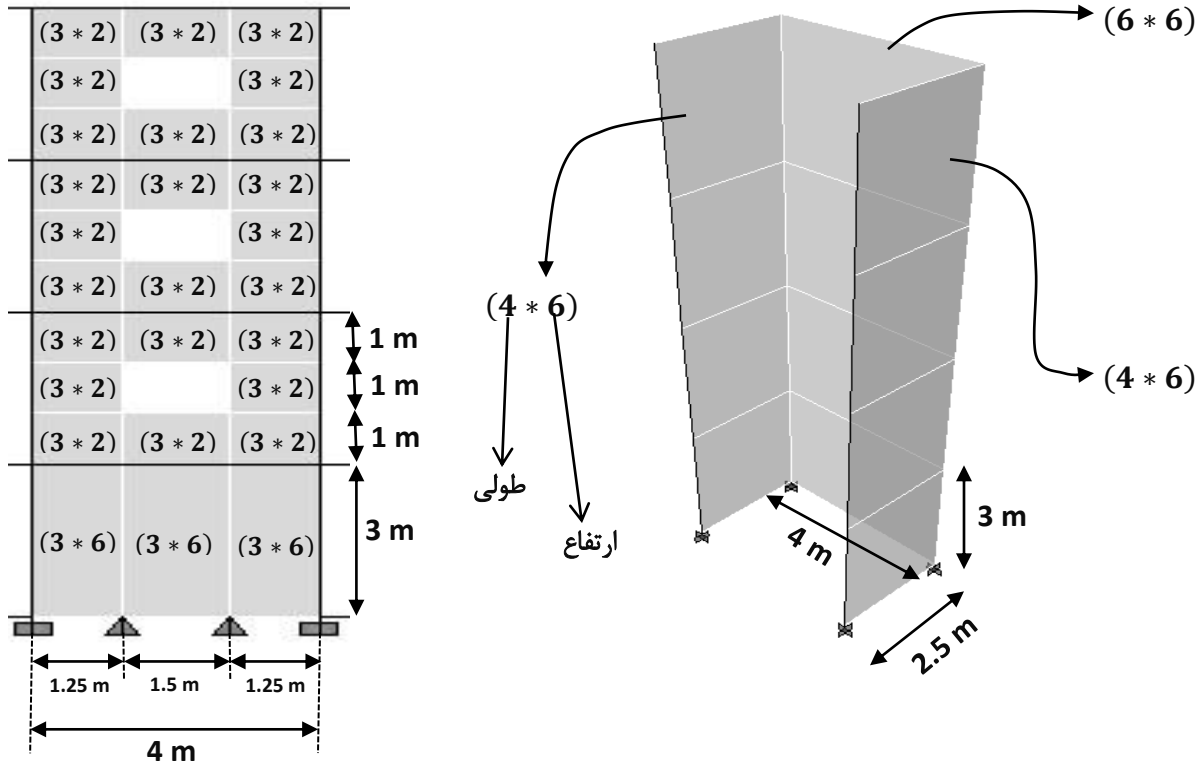
در صورتی که دیوار برشی را از نوع **Membrane** تعریف کرده باشیم، تقسیم بندی را فقط در جهت طولی دیوار انجام می‌دهیم ولی اگر از نوع **Shell** تعریف کرده باشیم بایستی مش‌بندی را هم در جهت طولی و هم در جهت ارتفاع انجام دهیم. اندازه مش‌ها را معمولاً **2** برابر ضخامت دیوار در نظر می‌گیرند. بهتر است مش‌بندی طوری باشد که گره دو عضو در یک نقطه قرار گیرند ولی نرم-افزار **ETABS** این قابلیت را دارد که در صورت عدم انطباق گره‌ها، توسط یک المان زیپی آنها را به هم متصل نماید:



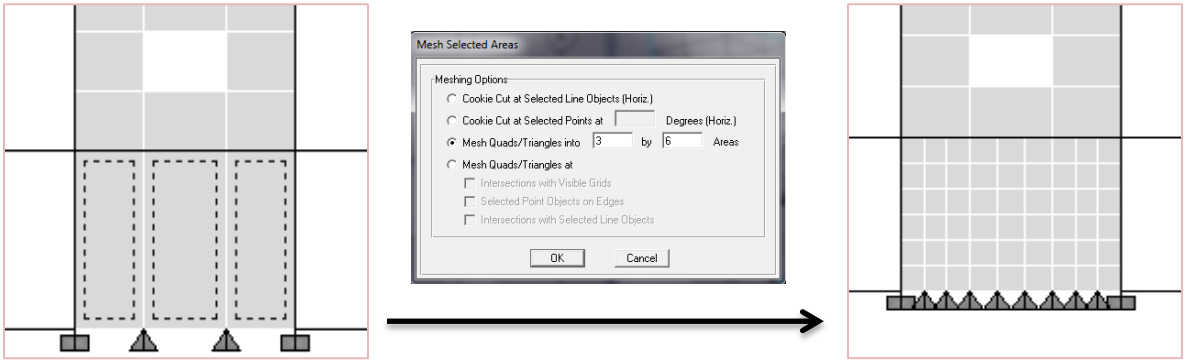
برای این کار المان‌های مشترک بین دو مرز را انتخاب نموده و دستور **Assign > Shell/Area > Auto Line Constraint** را اجرا نموده و گزینه **Create Line Constraints around** را فعال نموده و تیک دو گزینه **Walls and Ramps** و **Floors** را بزنید و همچنین تیک گزینه **Apply to Full Structure (not just Selection)** نیز زده شود:



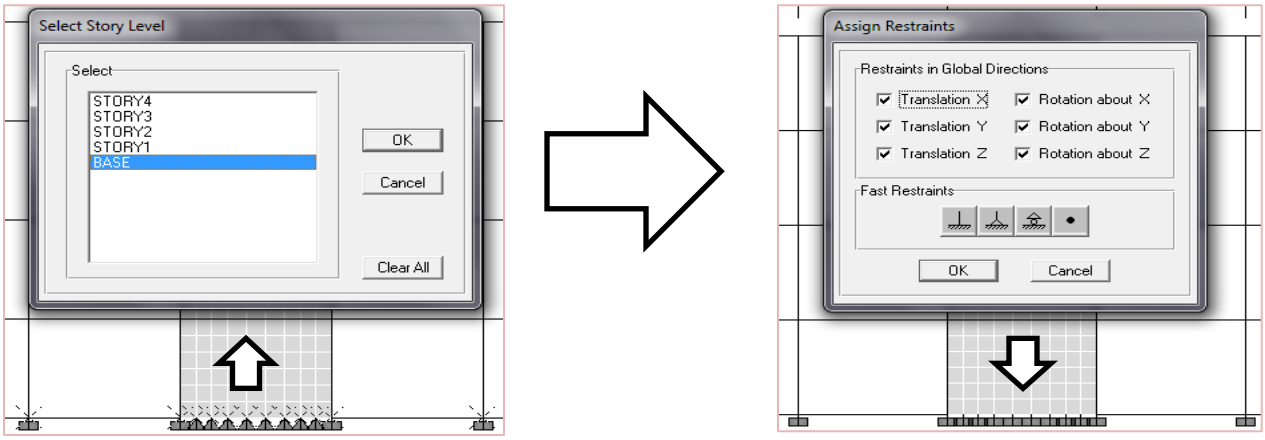
مثلاً برای دیوار **U** شکل و دیوار برشی بازشودار قاب زیر اندازه‌های مش‌بندی را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:



برای مش‌بندی دیوار، ابتدا دیوار مورد نظر را انتخاب نموده و دستور **Edit > Mesh Areas** را اجرا می‌کنیم و 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 وجعبه دوم تعداد مش‌بندی در ارتفاع دیوار می‌باشد:

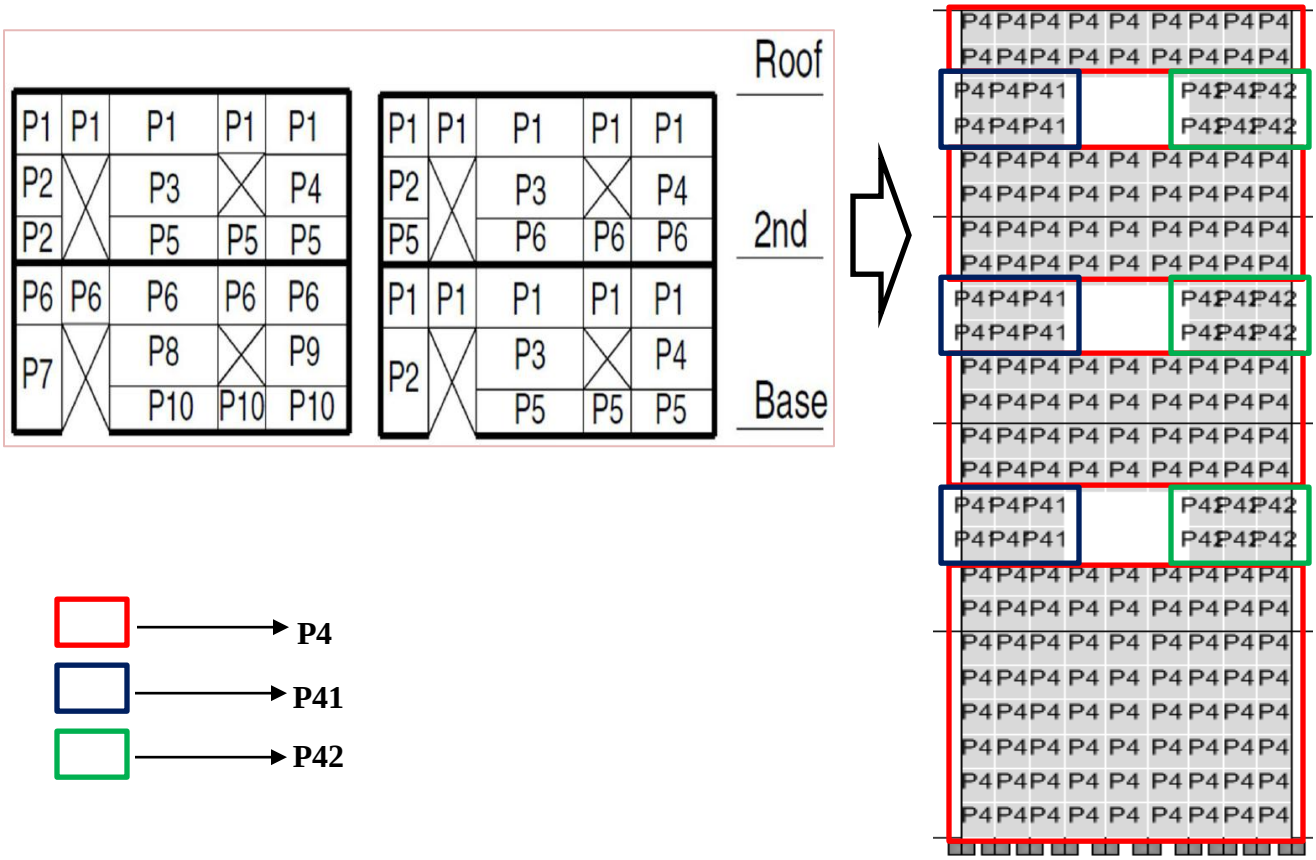


در نهایت پس از اینکه کلیه دیوارها را مش‌بندی کردیم می‌بایست کلیه گره‌هایی را که به پی سازه متصل هستند را انتخاب و گیردار نمائیم. برای این کار ابتدا دستور **Select > by Story Level** را اجرا نموده و در پنجره باز شده طبقه **BASE** را انتخاب می‌کنیم و سپس دستور **Assign > Joint/Point > Restraints (Supports)** را اجرا کرده و گزینه **Fixed base** را انتخاب می‌کنیم:

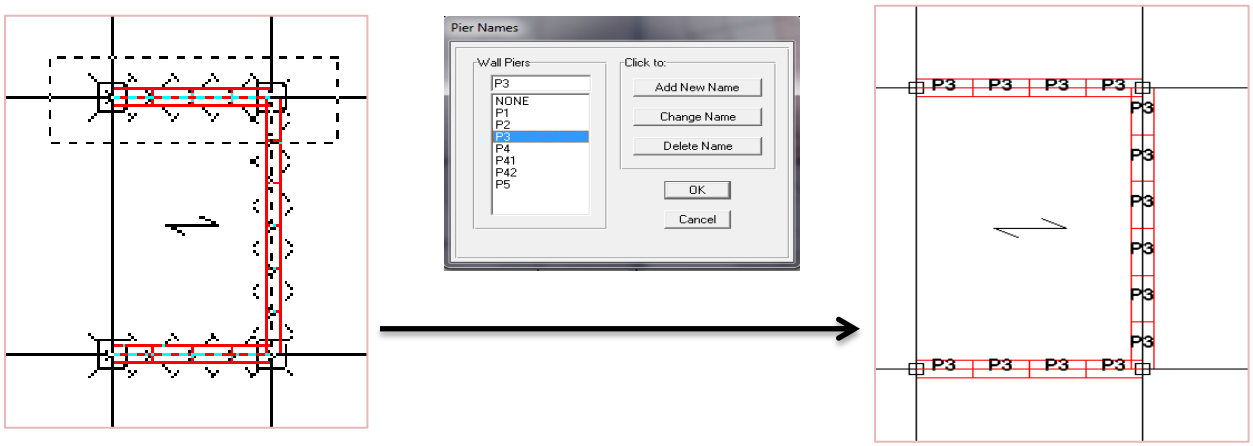


نام‌گذاری دیوارهای برشی U شکل و بازشودار و ستون‌های متصل به آن:

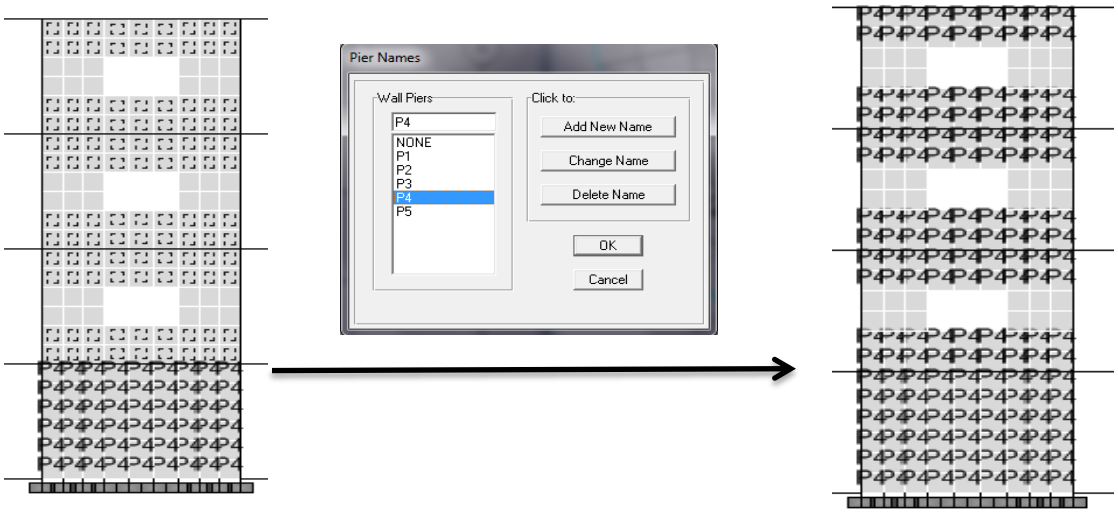
برای طراحی دیوارهای برشی و تیرهای عمیق باید آنها را نام‌گذاری کرد (این نام‌گذاری تاثیری در محاسبات ندارد فقط امکان خروجی و طراحی دیوارهای برشی به وجود می‌آید). نام‌گذاری دیوار **U** شکل به صورت یکپارچه خواهد بود (هرچند می‌توان به صورت سه قطعه‌ای نیز انجام داد). برای نام‌گذاری دیوارهای بازشودار دقت شود که برنامه **ETABS** دیوارهای برشی را تنها در بالا و پایین آنها در هر طبقه طراحی می‌کند (از خروجی برنامه کاملاً این موضوع مشخص است). بنابراین دیوارهای بازشودار باید جوری نام‌گذاری شوند که مقاطع در موقعیت‌های بحرانی (محل بازشو) طراحی شوند. برای نام‌گذاری دیوارهای بازشودار می‌توان از الگوی زیر پیروی کرد:



حال برای نام‌گذاری دیوارهای برشی **U** شکل، ابتدا با ترسیمی کادری دور دیوارهای برشی، آن‌ها را انتخاب نموده و سپس دستور **Assign > Shell/Area > Pier Labels** را اجرا نموده و یک نام به آن اختصاص می‌دهیم:

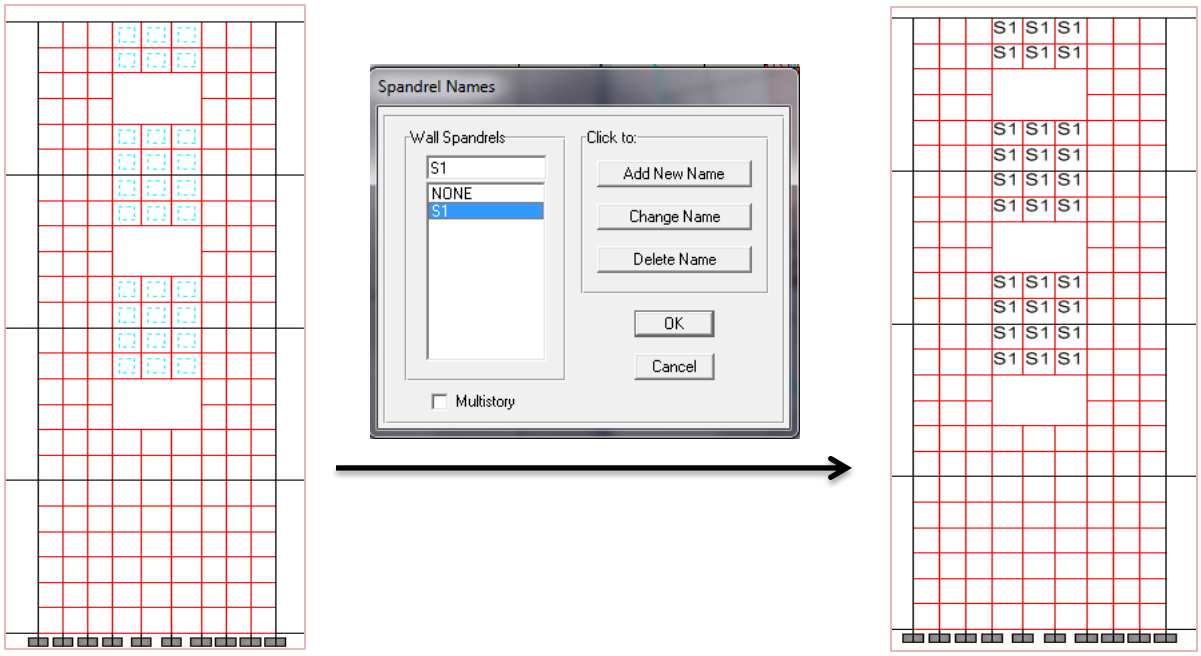


برای نام‌گذاری دیوار برشی بازشودار مطابق الگوی صفحه قبل عمل می‌کنیم. برای اینکار هر قسمتی را که داری یک نام هستند را انتخاب نموده و دستور **Assign > Shell/Area > Pier Labels** را اجرا نموده و نام مورد نظر آن را انتخاب می‌کنیم:



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 ابتدا ستون‌های اطراف (المان لبه‌ای) دیوار برشی را انتخاب نموده و سپس با استفاده از دستور **Assign > Frame/Line > Pier Labels** نام آن را انتخاب نمود.

برای دیوارهای برشی بازشودار، یک المان پوسته‌ای می‌تواند به طور همزمان نام دیوار برشی و تیر عمیق را داشته باشد. معمولاً در اینگونه موارد میلگردهای بدست آمده برای تیر عمیق بحرانی‌تر و بیشتر بدست خواهد آمد. تیرهای عمیق را انتخاب نموده و دستور **Assign > Shell/Area > Spandrel Labels** را اجرا نموده و یک نام برای آن انتخاب می‌کنیم:



بررسی ترک‌خوردگی یا عدم ترک‌خوردگی دیوارهای برشی:

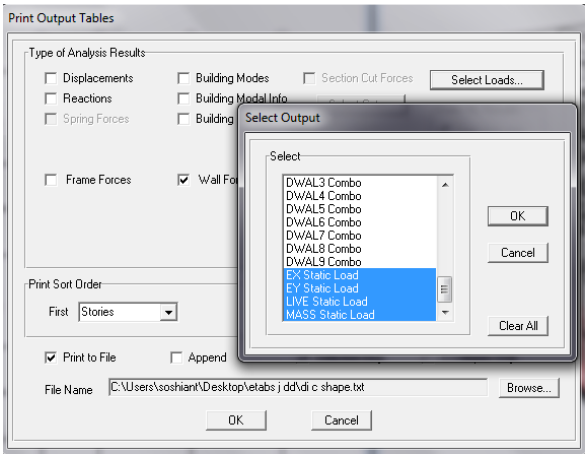
ابتدا سازه را تحلیل کرده و سپس با مراجعه به بخش **Display > Show Member Forces/Stress Diagram > Shell Stresses/ Forces** و مقایسه با تنش کششی مجاز وضعیت ترک خوردگی دیوار در طبقات را مشخص می‌کنیم. (جزوه قبلی کامل توضیح دادم)

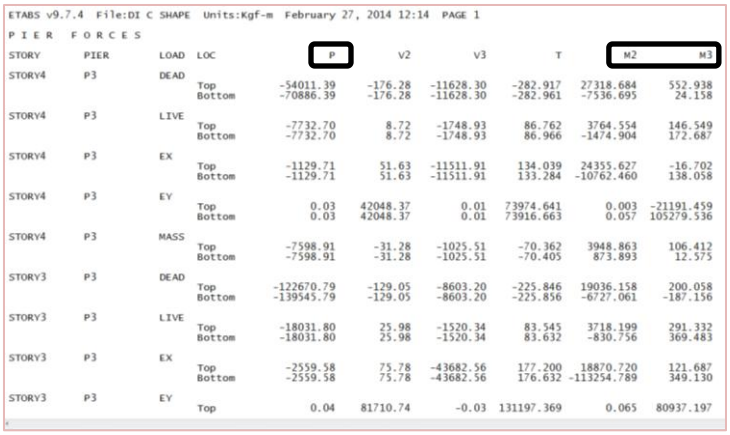
اعمال ضرائب ترک‌خوردگی به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

بعد از مشخص شدن 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. (جزوه قبلی کامل توضیح دادم)

خروجی نیروهای داخلی دیوار برشی:

از نیروهای داخلی دیوار برشی می‌توان برای محاسبات دستی برش پانچ دیوار استفاده نمود. برای مشاهده نیروهای داخلی دیوار ابتدا با استفاده از دستور **Select > by Pier Ids** دیوار برشی مورد نظر را انتخاب کرده و دستور **File > Print Tables > Analysis Output** را اجرا نموده و در جعبه ظاهر شده تیک همه گزینه‌ها را برداشته و گزینه **Wall Forces** را تیک می‌زنیم و از قسمت **Select Loads** بارهای EX,EY,DEAD,LIVE,MASS را انتخاب می‌کنیم و همچنین گزینه **Print to File** را فعال کرده و فایل مورد نظر را تحت نامی ذخیره می‌کنیم. سپس فایل مورد نظر را با یک برنامه مثلاً **Notepad** باز نموده و می‌توان نیروهای داخلی دیوار برشی را مشاهده نمود:





ETABS v9.7.4 File:DI C SHAPE Units:Kgf-m February 27, 2014 12:14 PAGE 1

PIER FORCES

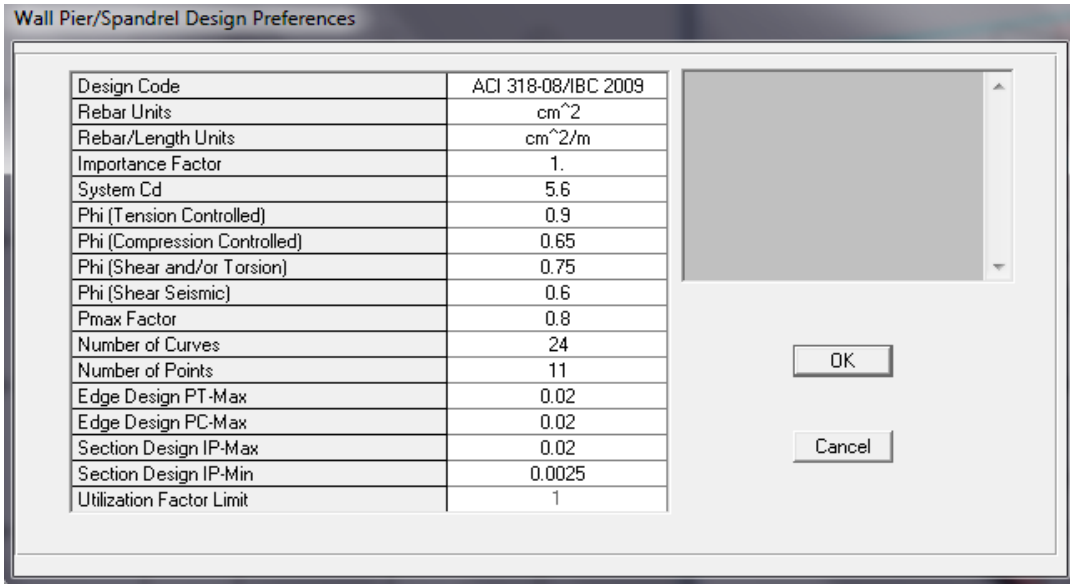
STORY	PIER	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY4	P3	DEAD	Top	-54011.39	-176.28	-11628.30	-282.917	27318.684	552.938
			Bottom	-70886.39	-176.28	-11628.30	-282.961	-7536.695	24.158
STORY4	P3	LIVE	Top	-7732.70	8.72	-1748.93	86.762	3764.554	146.549
			Bottom	-7732.70	8.72	-1748.93	86.966	-1474.904	172.687
STORY4	P3	EX	Top	-1129.71	51.63	-11511.91	134.039	24355.627	-16.702
			Bottom	-1129.71	51.63	-11511.91	133.284	-10762.460	138.058
STORY4	P3	EY	Top	0.03	42048.37	0.01	73974.641	0.003	-21191.459
			Bottom	0.03	42048.37	0.01	73916.663	0.057	105279.536
STORY4	P3	MASS	Top	-7598.91	-31.28	-1025.51	-70.362	3948.863	106.412
			Bottom	-7598.91	-31.28	-1025.51	-70.405	873.893	12.575
STORY3	P3	DEAD	Top	-122670.79	-129.05	-8603.20	-225.846	19036.158	200.058
			Bottom	-139545.79	-129.05	-8603.20	-225.856	-6727.061	-187.156
STORY3	P3	LIVE	Top	-18031.80	25.98	-1520.34	83.545	3718.199	291.332
			Bottom	-18031.80	25.98	-1520.34	83.632	-830.756	369.483
STORY3	P3	EX	Top	-2559.58	75.78	-43682.56	177.200	18870.720	121.687
			Bottom	-2559.58	75.78	-43682.56	176.632	-113254.789	349.130
STORY3	P3	EY	Top	0.04	81710.74	-0.03	131197.369	0.065	80937.197

تنظیمات طراحی دیوار برشی:

دستور **Options** > **Preferences** > **Shear Wall Design** را اجرا کرده و در جعبه باز شده آیین‌نامه **ACI 318-08** را انتخاب می‌کنیم تنظیمات زیر را انجام می‌دهیم:

۹-۱۹-۴-۴ نسبت مساحت آرماتور قائم و آرماتور افقی به مساحت کل مقطع نباید بیشتر از ۰/۰۴ اختیار شود. محدودیت مقدار حداکثر باید درمحل وصله‌های میلگردها نیز رعایت شود.

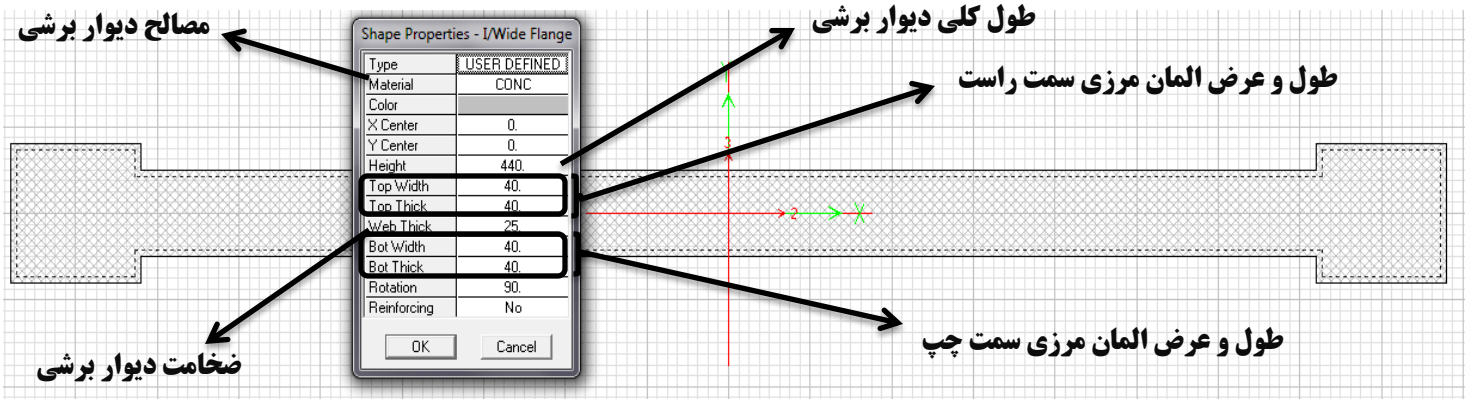
مطابق بند 9-15-16-4 مبحث نهم ویرایش سال 1392 در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ قسمت نباید از **0.0025** سطح دیوار کمتر باشد. مطابق بند 9-19-4-4 مبحث نهم ویرایش سال 1392 هم حداکثر این مقدار **0.04** است. بر این اساس باید در قسمت **Edge Design PT-Max** و **Edge Design PC-Max** (به ترتیب معرف حداکثر 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 همچنین 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. در قسمت **System Cd** باید مقدار **0.7R** را وارد نمایید:



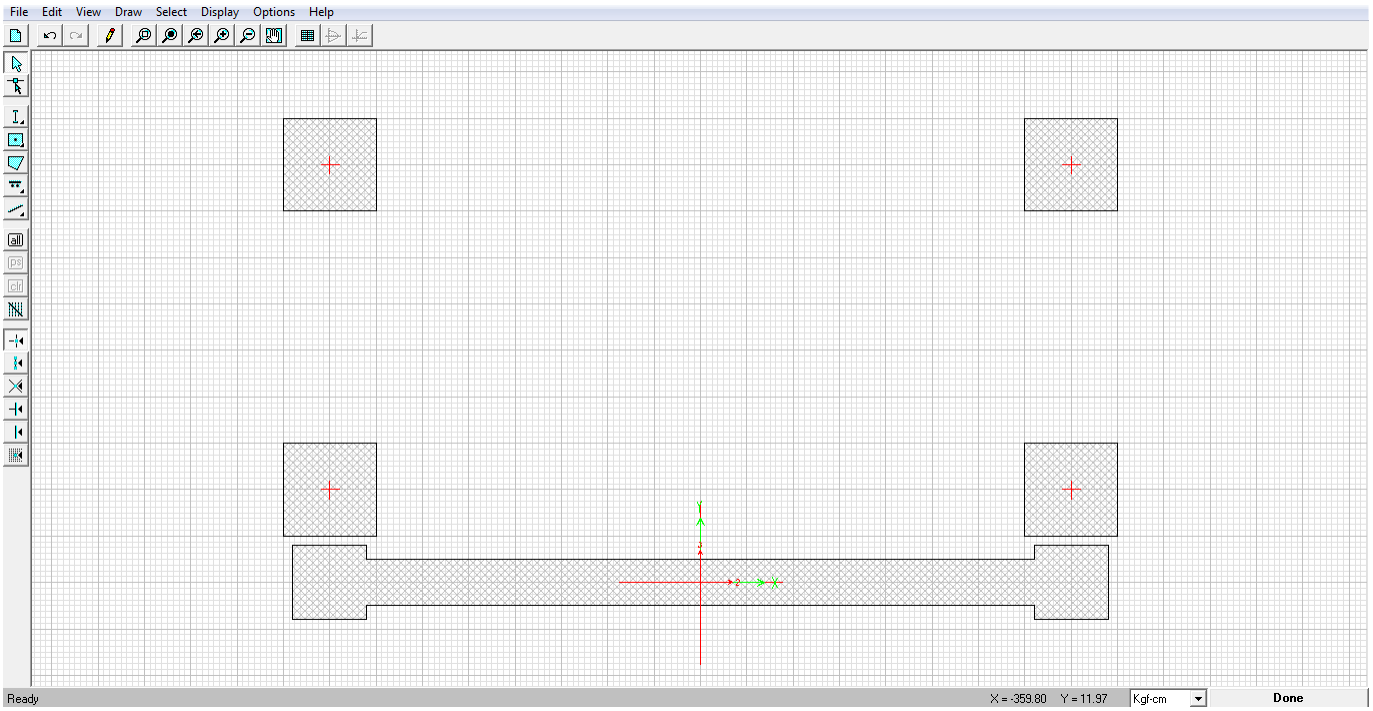
طراحی دیوارهای برشی U شکل:

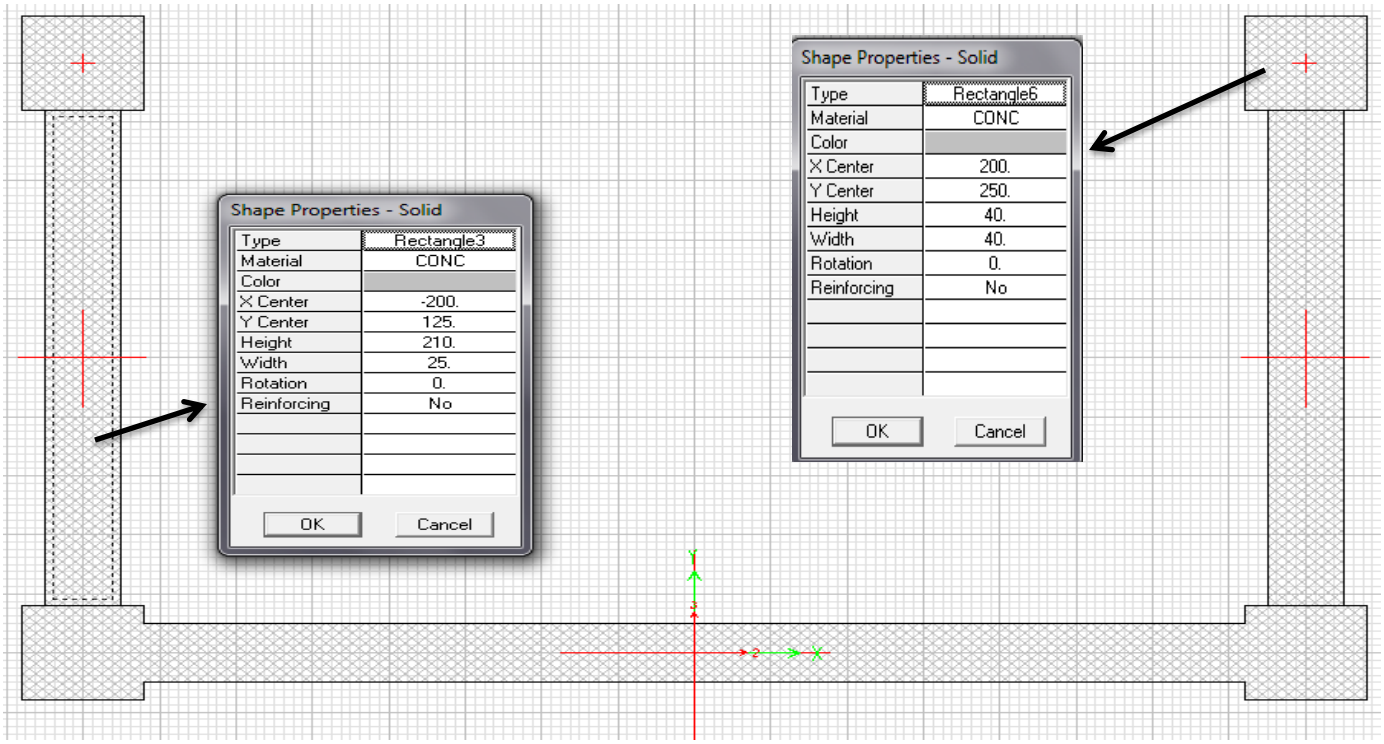
برای طراحی دیوار **U** شکل از برنامه **SD** استفاده می‌کنیم که بسیار دقیق است. در این روش مقطع دیوار در برنامه **SD** ساخته شده و پس از اختصاص مقاطع به دیوارها، کفایت مقاطع دیوارها بررسی می‌شود. مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

- ✓ دستور **Define Pier Sections for Checking** > **Shear Wall Design** > **Design** 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:

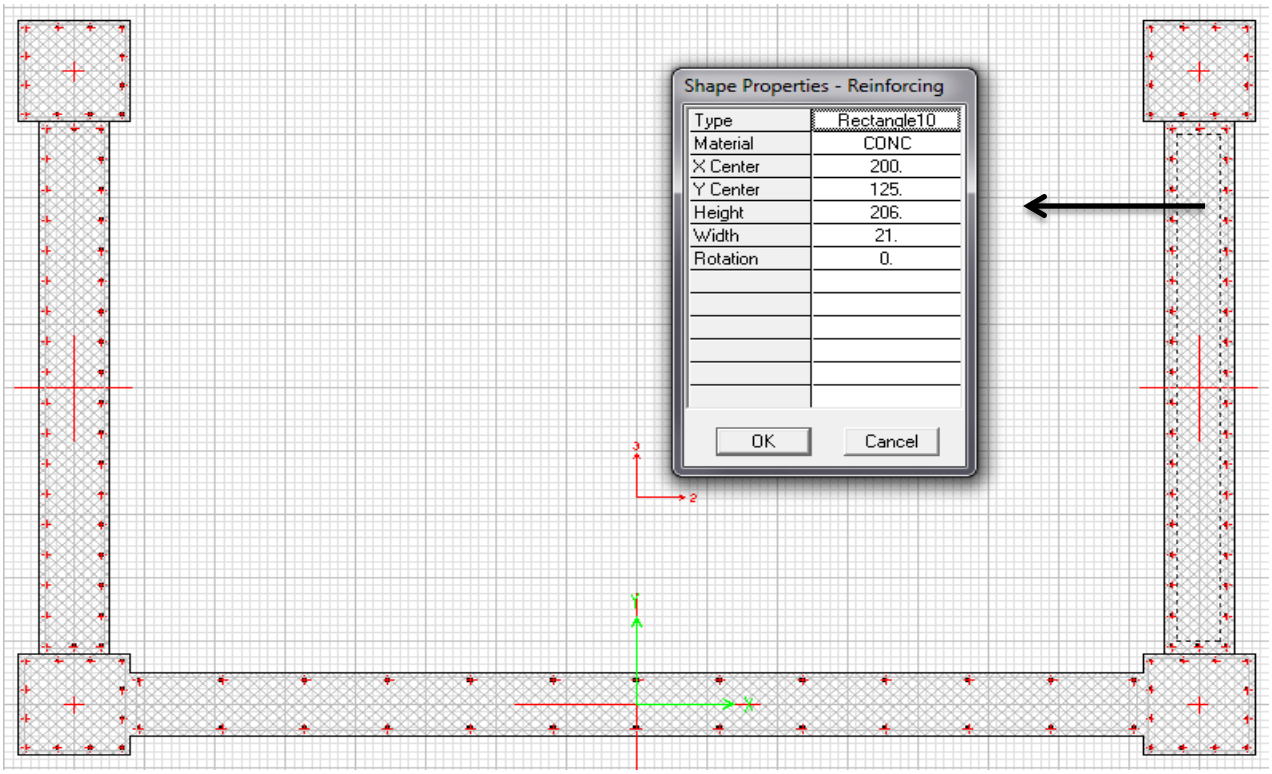


- ✓ دستور **Draw** > **Draw Solid Shape** > **Rectangle** را اجرا کرده و در چهار موقعیت مانند شکل زیر کلیک کرده و سپس از حالت ترسیم خارج شوید. سپس روی مقاطع ایجاد شده کلیک راست کنید و مشخصات مقطع را وارد نمائید:

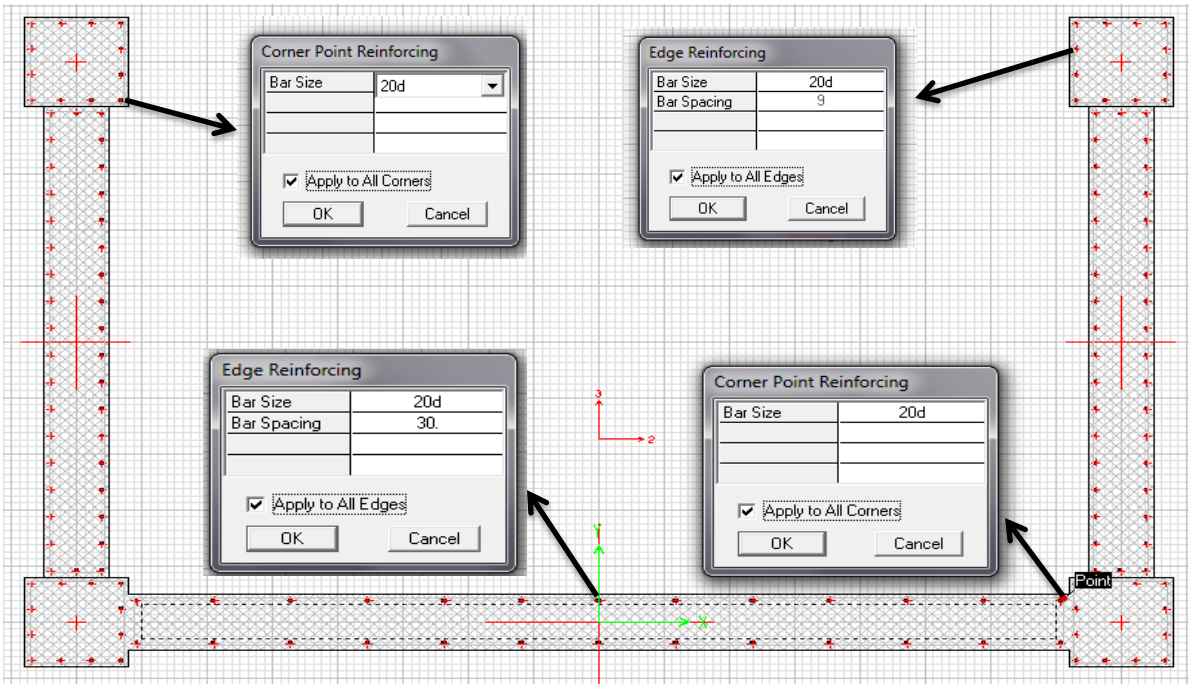




✓ برای میلگردگذاری دستور **Draw > Draw Reinforcing Shape > Rectangular Pattern** را اجرا کرده و در هفت موقیت مانند شکل زیر کلیک نمائید. روی هر یک از میلگردهای ایجاد شده کلیک راست کرده و مشخصات آنها را وارد نمائید:

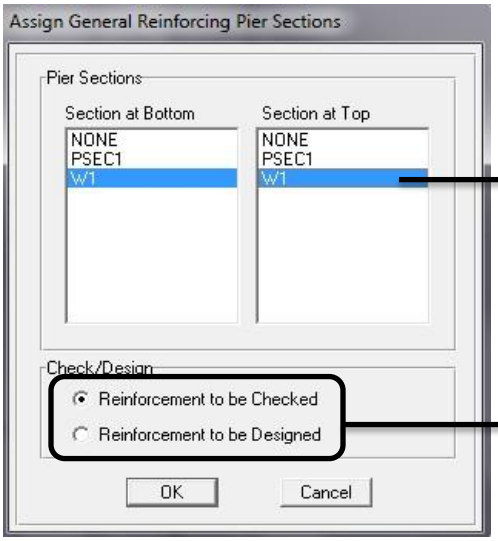


✓ روی آرایش هر یک از میلگردهای کلیک راست کرده و مشخصات آنها را وارد کنید:



✓ با کلیک روی دکمه **Done** مقاطع ساخته خواهند شد. روی دکمه **OK** کلیک می‌کنیم تا دیوار **W1** به برنامه تعریف گردد.

✓ 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.

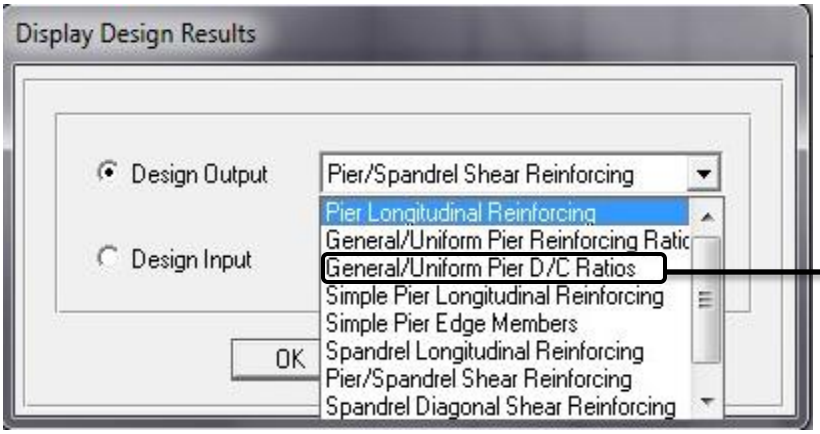
انتخاب ترکیب بار طراحی دیوارهای برشی:

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).**

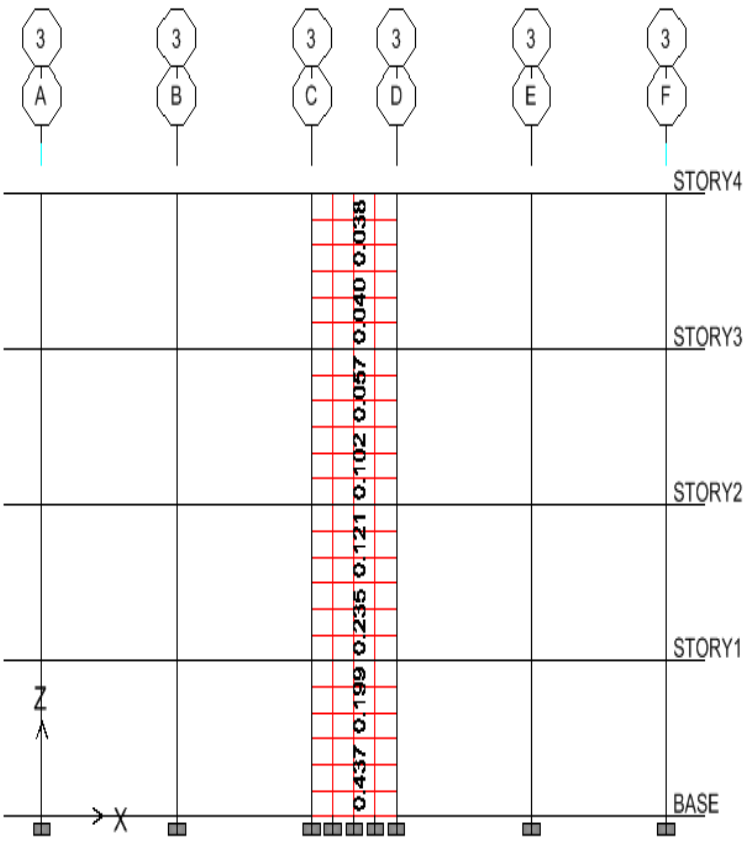
شروع به طراحی دیوارهای برشی U شکل:

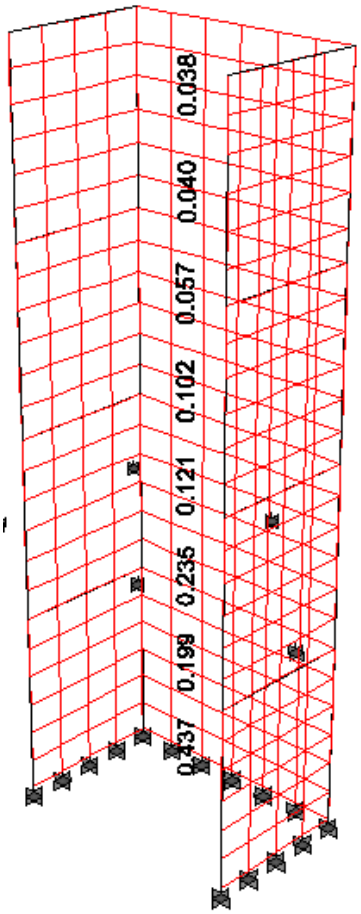
برای طراحی و کنترل دیوارهای برشی از منوی **Design** بر روی گزینه **Shear Wall Design** رفته و دستور طراحی یعنی گزینه **Start Design/Check of Structure** را اجرا می‌کنیم.

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



نسبت تنش های موجود به مجاز





برای دیوارهای برشی **U** شکل، طراحی خمشی-محوری به صورت کلی و یکپارچه برای دیوار انجام می‌شود. اما طراحی برشی و المان مرزی برای هر یک از ساق‌های آن به طور جداگانه انجام می‌شود که برنامه به طور خودکار این مجزا سازی را انجام می‌دهد:

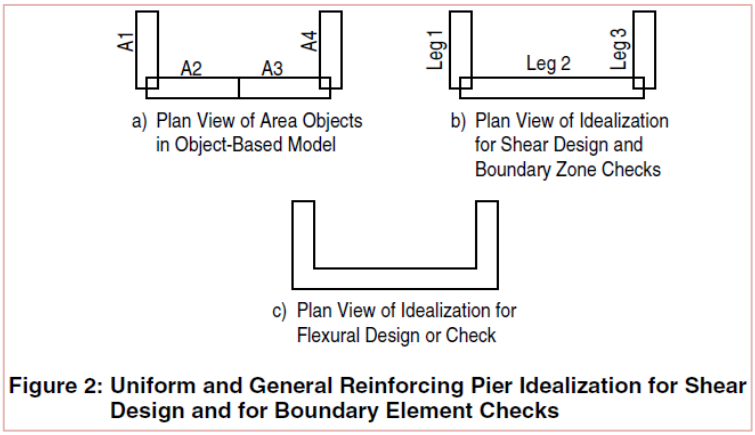


Figure 2: Uniform and General Reinforcing Pier Idealization for Shear Design and for Boundary Element Checks

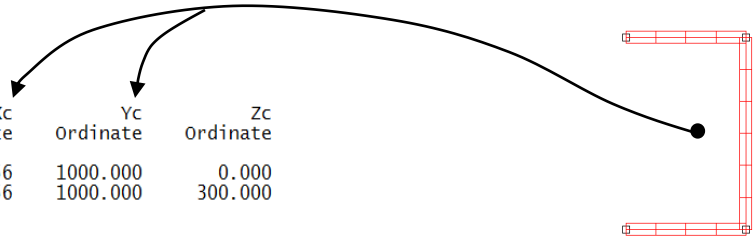
تنها راه تشخیص ساق‌های دیوار برشی استفاده از خروجی متنی طراحی است. برای این‌کار ابتدا دیوار **U** شکل مورد نظر در طبقه مورد نظر را انتخاب نموده و سپس دستور **File menu > Print Tables > Shear Wall Design** را اجرا کرده و در جعبه باز شده گزینه **Detailed Output** را فعال نموده و گزینه **Print to File** را فعال کرده و فایل مورد نظر را تحت نامی ذخیره می‌کنیم. سپس فایل مورد نظر را با یک برنامه مثلاً **Notepad** باز نموده و می‌توان جزئیات طراحی دیوار برشی **U** شکل را مشاهده نمود:

File Edit Format View Help

ETABS v9.7.4 File:DI C SHAPE Units:Kgf-cm February 27, 2014 16:44 PAGE 1

DETAILED OUTPUT DATA - GENERAL REINFORCING PIER SECTION - CHECK (ACI 318-08/IBC 2009)

Pier Label : P3
Story Label: STORY1



Location Data

Pier Height	Axis Angle	Station Location	Xc Ordinate	Yc Ordinate	Zc Ordinate
300.000	90.000	Bottom	980.556	1000.000	0.000
		Top	980.556	1000.000	300.000

Flags and Factors

Design Active	RLLF Source	RLLF Factor	Design Type
Yes	Prog Calc	0.400	Seismic

Pier Material and Geometry Data

Station Location	Pier Section	Pier Material	Pier Ag	Pier f'c	Pier fy	Pier fys	Pier LtWt Factor
Top	W2	CONC	25900.000	250.000	4000.000	3000.000	1.000
Bottom	W2	CONC	25900.000	250.000	4000.000	3000.000	1.000

Flexural Check Data → طراحی خمشی (در حالت کنترل قرار داشت)

Station Location	D/C Ratio	Flexural Combo	Pu	M2u	M3u
Top	0.1988	COMB4	342134.354	39144007.22	-28280.257
Bottom	0.4367	COMB7	254304.733	-67970450.8	95428.273

نسبت تنش

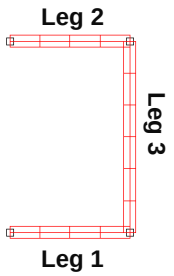
File Edit Format View Help

```
      Bottom      0.4367       COMB7  254304.733 -67970450.8   95428.273

Pier Leg Location, Length and Thickness (Used for Shear Design and Boundary Check)

     Station
     Location         X1          Y1          X2          Y2      Length   Thickness

   Top Leg 1     800.000     800.000    1050.000     800.000     250.000      25.000
   Top Leg 2     800.000    1200.000    1050.000    1200.000     250.000      25.000
   Top Leg 3    1050.000     800.000    1050.000    1200.000     400.000      25.000
   Bot Leg 1     800.000     800.000    1050.000     800.000     250.000      25.000
   Bot Leg 2     800.000    1200.000    1050.000    1200.000     250.000      25.000
   Bot Leg 3    1050.000     800.000    1050.000    1200.000     400.000      25.000
```



Shear Design Data → طراحی برشی

```
     Station      Rebar      Shear                                    Capacity    Capacity
     Location     cmA2/m     Combo          Pu          Mu          Vu  phi Vc      phi Vn

   Top Leg 1       6.250     COMB3   16489.434 5888392.351    58036.303 43484.109   65984.109
   Top Leg 2       6.250     COMB3   17105.922 5880496.049    57995.928 43558.088   66058.088
   Top Leg 3      10.371    COMB10   94874.846-15993589.96   137529.813 77793.585  137529.813
   Bot Leg 1       9.450     COMB7  -68641.17416374741.006    54633.109 20613.168   54633.109
   Bot Leg 2       9.422     COMB7  -68224.60216363394.383    54583.087 20665.373   54583.087
   Bot Leg 3       9.213    COMB10  104420.050 -32074159.9   132007.437 78939.010  132007.437
```

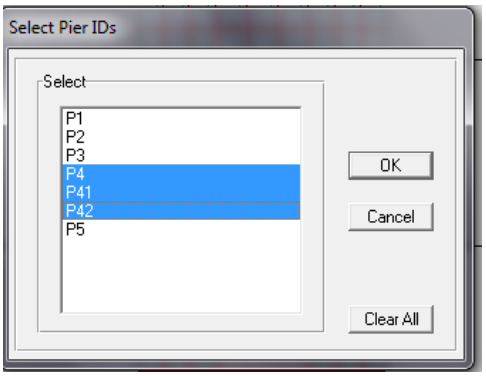
Boundary Element Check Data → طول المان مرزی

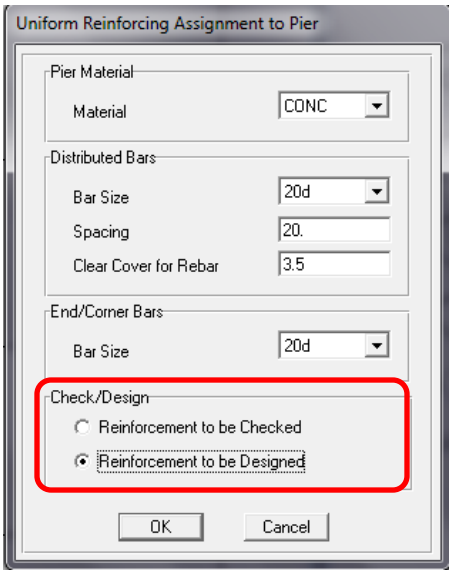
```
     Station      B-Zone      B-Zone      Design      Design      Design      Comp     N. Axis
     Location     Length      Combo          Pu          Mu          Vu    Stress      Depth

   Top L L-1  Not Needed      COMB6  279854.367 -385915.414  -21874.570    46.259     0.0000
   Top R L-1  Not Needed      COMB3   16489.434 5888392.351    58036.303    25.250     0.0000
   Top L L-2  Not Needed      COMB5  280087.157 -387749.450  -21837.763    46.303     0.0000
   Top R L-2  Not Needed      COMB3   17105.922 5880496.049    57995.928    25.318     0.0000
   Top L L-3  Not Needed      COMB6  141232.419-15985578.09 -137531.961    38.102     0.0000
   Top R L-3  Not Needed      COMB3  321418.254    14951.242      65.682    32.164     0.0000
   Bot L L-1      35.327      COMB4  247475.939-16915954.63  -51510.820   104.553    60.3273
   Bot R L-1  Not Needed      COMB1       0.000       0.000       0.000     0.000     0.0000
   Bot L L-2      35.256      COMB4  247096.291-16904970.03  -51393.205   104.450    60.2564
   Bot R L-2  Not Needed      COMB1       0.000       0.000       0.000     0.000     0.0000
   Bot L L-3  Not Needed      COMB6  154562.564 -32066112.0 -132019.457    63.555    51.3992
   Bot R L-3  Not Needed      COMB3  441313.023    20392.493      42.552    44.162     0.0000
```

طراحی دیوارهای برشی بازشودار (بدون المان لبه‌ای):

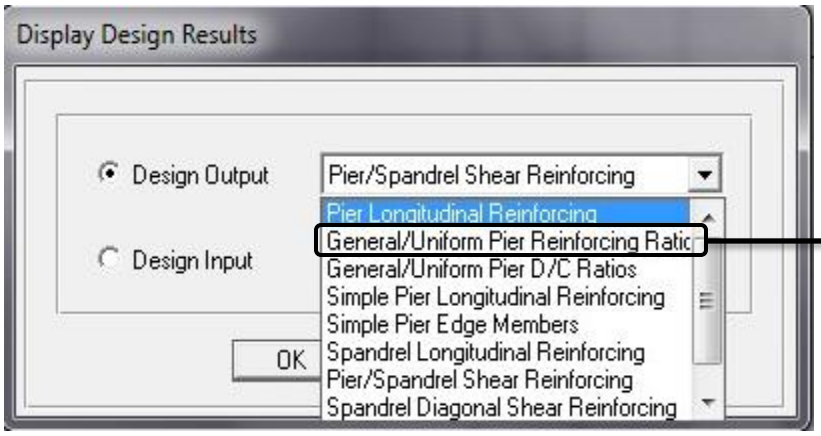
برای طراحی دیوار بازشودار به شکل مستطیل از روش میلگرد گذاری یکنواخت **(Uniform Reinforcing)** استفاده می‌کنیم. برای این کار ابتدا با استفاده از دستور **Select > by Pier Ids** دیوار برشی بازشودار مورد نظر (برای اختصاص مقطع) را انتخاب کرده و سپس دستور **Design > SWD > Assign Pier Sections for Checking > Uniform Reinforcing Pier Sections** را اجرا نموده و در پنجره جدید باز شده مطابق شکل زیر میلگردها را در حالت طراحی قرار می‌دهیم:





شروع به طراحی دیوارهای برشی بازشودار (بدون المان لبه‌ای):

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:

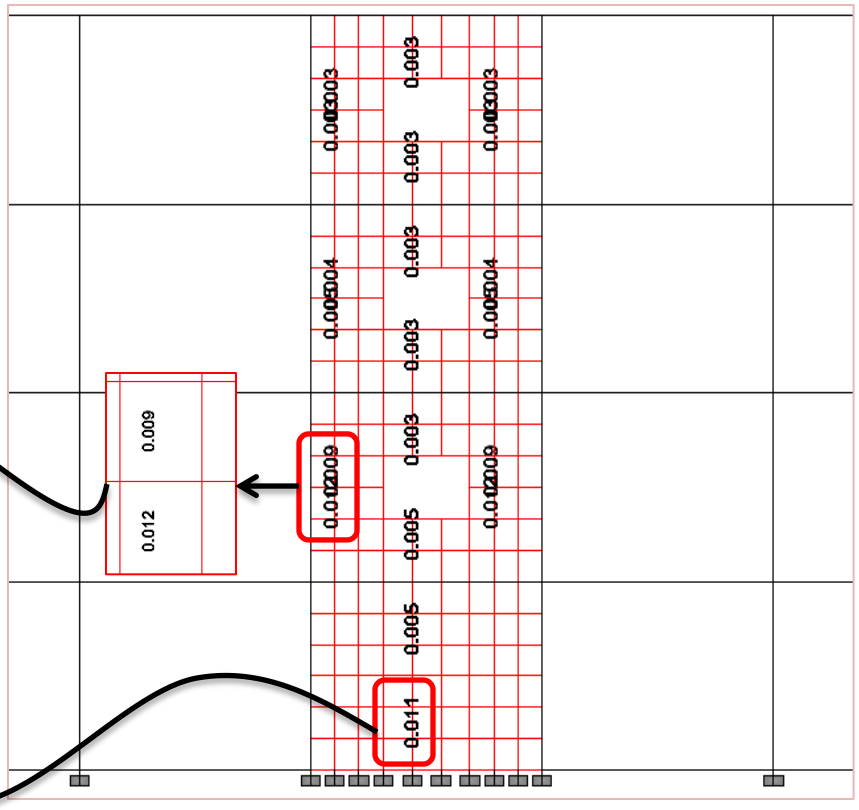


نسبت میلگردهای خمشی

$\rho_{min}=0.0025 \le \rho=0.012 \le \rho_{max}=0.02$ => **OK**

$$As = \rho * b * d = 0.012 * 25 * 145 = 43.5cm^2$$

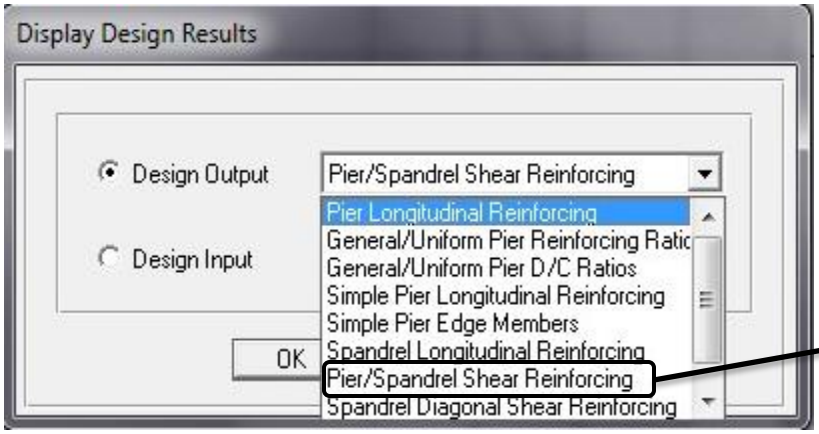
⇨ **use Ø20 @ 20 cm**



$\rho_{min}=0.0025 \le \rho=0.011 \le \rho_{max}=0.02$ => **OK**

$$As = \rho * b * d = 0.011 * 25 * 440 = 121cm^2$$

⇨ **use Ø20 @ 20 cm**



میلگرد عرضی مورد نیاز در واحد طول

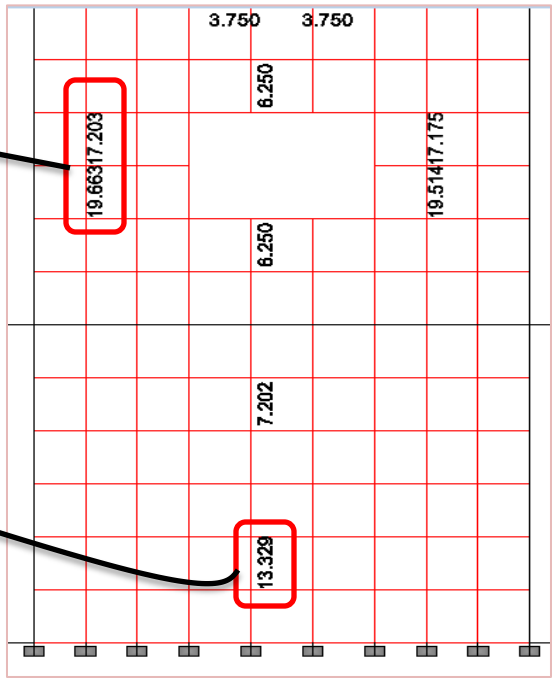
(A_V/S)

⇨ $\frac{Av}{S} = 19.66\ \frac{cm^2}{m} => Av = 19.66 * 0.3 = 5.89\ cm^2$

⇨ **use Ø20 @ 30 cm (2 layer)**

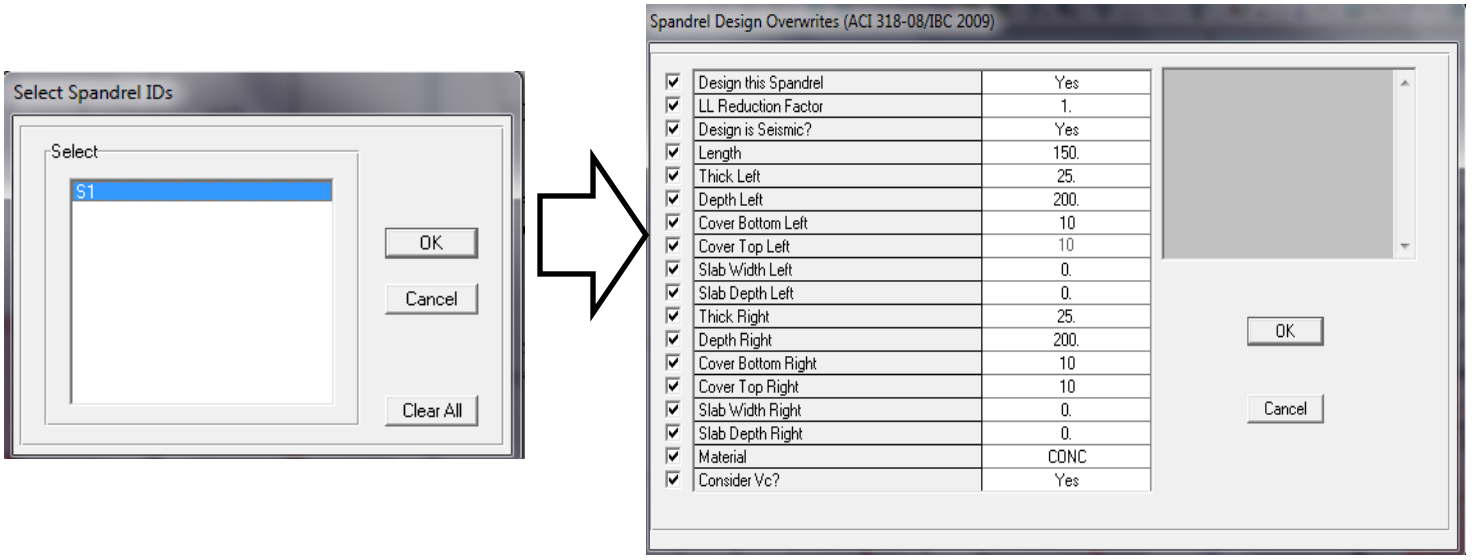
⇨ $\frac{Av}{S} = 13.33\ \frac{cm^2}{m} => Av = 13.33 * 0.3 = 4\ cm^2$

⇨ **use Ø16 @ 30 cm (2 layer)**

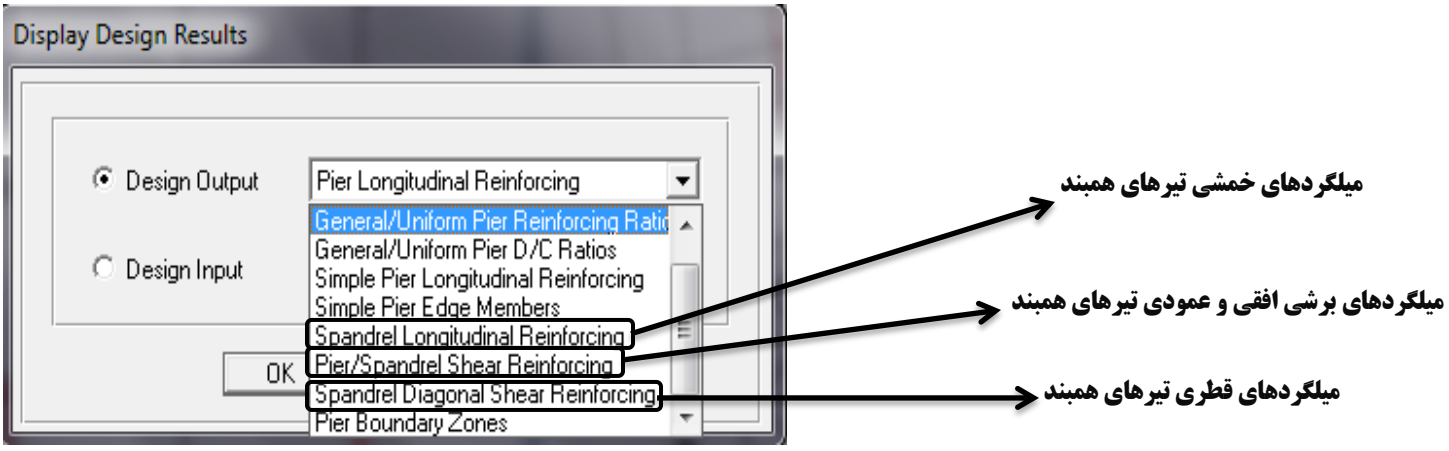


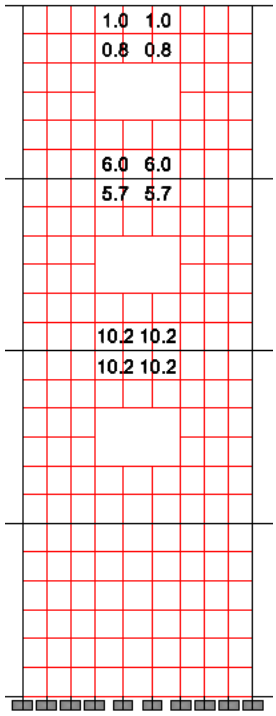
طراحی تیرهای همبند در دیوار همبسته:

برای طراحی تیرهای عمیق ابتدا توسط دستور **Select > by Spandrel Ids** تیرهای عمیق مورد نظر را انتخاب نموده (اگر تیر انتخاب شده در طبقه بام دارای ارتفاع کم بود به طوری که نسبت طول به ارتفاع بزرگتر از 2 بود (بند 9-15-14-1 مبحث نهم ویرایش سال 1392)، باید از حالت انتخاب خارج گردد) و دستور **Design > Shear Wall Design > View/Revise Spandrel Overwrites** را اجرا کرده و در جعبه ظاهر شده تیک تمام قسمت‌ها را فعال می‌کنیم. تنظیمات تمام قسمت‌ها مناسب می‌باشد و فقط می‌بایست مقدار پوشش را برابر **10** سانتی‌متر قرار داد. در نهایت پس از انجام تغییرات جعبه را بسته و دیوار مورد نظر را طراحی می‌کنیم:

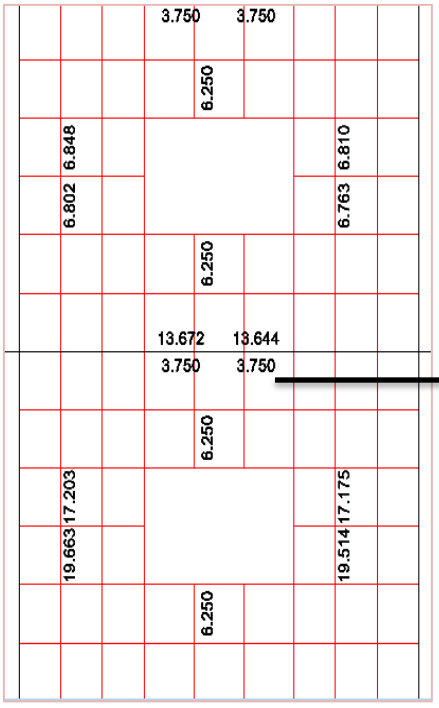


برای مشاهده نتایج باید به منوی **Design>SWD>Display Design Info** برویم:

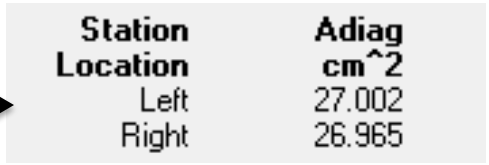




میلگردهای خمشی تیرهای همبند



میلگردهای برشی افقی و عمودی تیرهای همبند



میلگردهای قطری تیرهای همبند

مبحث نهم ویرایش سال 1392:

۹-۱۵-۱۴-۳ محدودیت‌های آرماتورهای برشی تیرهای عمیق

۹-۱۵-۱۴-۳-۱ سطح مقطع آرماتور برشی A_v نباید کمتر از $۰/۰۰۲۵b_wS_n$ اختیار شود. فاصله این آرماتورها نیز نباید از مقادیر $\frac{d}{۳}$ و ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۹-۱۵-۱۴-۳-۲ سطح مقطع آرماتور برشی A_{vh} نباید کمتر از $۰/۰۰۱۵b_wS_h$ اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتورها نیز نباید از مقادیر $\frac{d}{۵}$ و ۳۰۰ میلی متر تجاوز کند.

A_v = سطح مقطع آرماتور برشی در محدوده‌ای به طول S_n یا سطح مقطع آرماتور برشی عمود بر آرماتور کششی نظیر خمش در محدوده‌ای به طول S_n برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد، میلی‌متر مربع

A_{vh} = سطح مقطع آرماتور برشی موازی با آرماتور کششی نظیر خمش در فاصله S_h، میلی‌متر مربع

۹-۲۳-۴-۳-۴ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته

۹-۲۳-۴-۳-۴-۱ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته که در آنها نیروی برشی نهایی از $۲A_{cv}\nu_c$ بیشتر و نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع آنها از ۲ کمتر باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۴-۲ و ۹-۲۳-۴-۳-۴-۳ آرماتورگذاری شوند، در غیر این صورت آرماتورگذاری در این تیرها مطابق ضوابط قطعات خمشی انجام می‌شود. عرض این تیرها در هیچ حالت نباید کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۳-۴-۳-۴-۲ مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلاً به وسیله آرماتورهای قطری که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داشته و در دیوارهای طرفین تیر در طولی به اندازه یک و نیم برابر طول گیرایی میلگردها مهار می‌شوند، تأمین گردد. سطح مقطع آرماتور قطری در هر یک از شاخه‌های ضربدری از رابطه (۹-۲۳-۶) محاسبه می‌شود:

$$A_{vd} = \frac{V_u}{۲f_{yd}\sin\alpha} \qquad (۹-۲۳-۶)$$

در این رابطه α زاویه بین میلگرد قطری و محور طولی تیر است.

۹-۲۳-۴-۳-۴-۳ آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلی‌متر محصور شوند، حداکثر فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار (الف) تا (پ) این بند است:

الف- ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری

ب- ۲۴ برابر قطر تنگ‌ها یا دورپیچ‌ها

پ- ۱۲۵ میلیمتر

Spandrel Design

ACI 318-08/IBC 2009 Story ID: STORY2 Spandrel ID: S1 X Loc: 0 Y Loc: 925 Units: Kgf-cm

Flexural Design (RLLF = 1.000)

Station Location	Top Steel cm^2	Top Steel Ratio	Top Steel Combo	Mu
Left	10.195	0.0020	COMB6	-5150971.929
Right	10.190	0.0020	COMB9	-5148378.811

Station Location	Bot Steel cm^2	Bot Steel Ratio	Bot Steel Combo	Mu
Left	10.166	0.0020	COMB9	5136477.877
Right	10.165	0.0020	COMB6	5135940.049

Shear Design

Station Location	Avert cm^2/m	Ahoriz cm^2/m	Shear Combo	Vu	Capacity Phi Vc	Capacity Phi Vs	Capacity Phi Vn
Left	13.672	3.750	COMB6	70915.094	24155.970	46759.124	70915.094
Right	13.644	3.750	COMB5	70818.821	24155.414	46663.407	70818.821

Station Location	Adiag cm^2	Design Combo	Shear Vu	Shear VuLimit	L/H Ratio	Seismic Design	Diag Reinf Mandatory
Left	27.002	COMB6	70915.094	79656.785	0.750	Yes	No
Right	26.965	COMB5	70818.821	79656.785	0.750	Yes	No

Combos... Overwrites... OK Cancel

طراحی خمشی:

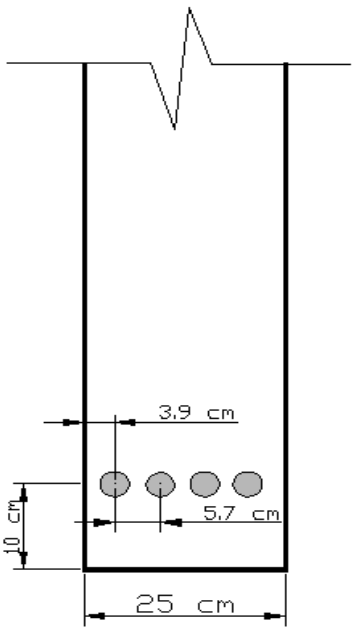
گام اول: بررسی درصد فولاد طولی تیر همبند:

$$\max\{\frac{1.4}{400} = 0.3\% \, , \frac{0.25\sqrt{25}}{400} = 0.3\% \} = 0.3\% \leq \rho = \frac{2*10.16}{25*190} = 0.43\% \leq 2.5\% \implies ok$$

گام دوم: طراحی میلگردهای سراسری طولی تیر همبند:

$$As = 10.16\ cm^2 \Rightarrow As = n\pi d^2/4 \Rightarrow \quad if \Rightarrow d = 18mm \Rightarrow n = 4$$

گام سوم: کنترل فاصله آزاد و محور به محور میلگردهای طولی:



با فرض استفاده از خاموت‌های Ø10 و مقدار پوشش بتن برابر 20 میلی‌متر، فاصله مرکز به مرکز و فاصله آزاد میلگردها برابر است با:

فاصله مرکز به مرکز = [250-2*(20+10+9)]/3= 57 mm < 200 mm => ok

فاصله آزاد میلگردها =[57 - 18]= 39 mm > max {25 mm , 18 mm} => ok

طراحی برشی:

گام اول: بررسی درصد آرماتور برشی قائم (عمود بر آرماتور کششی نظیر خمش) تیر همبند:

$S_n = \min\left(30\,, \frac{200-10}{3} = 63\right) => use\ 20cm$

$Av_{min} = 0.0025 * b_w * S_n = 0.0025 * 25 * 20 = 1.25\ cm^2$

$Av_{max} = 0.02 * b_w * S_n = 0.02 * 25 * 20 = 10\ cm^2$

$Av = 13.67 \frac{cm^2}{m} = 13.67 * 0.2 = 2.75\ cm^2$ $\quad => \mathbf{1.25\ cm^2 \le 2.75\ cm^2 \le 10\ cm^2}$ $\quad \boldsymbol{ok}$

گام دوم: بررسی درصد آرماتور برشی افقی (موازی با آرماتور کششی نظیر خمش) تیر همبند:

$S_h = \min\left(30\,, \frac{200-10}{5} = 38\right) => use\ 20cm$

$Avh_{min} = 0.0015 * b_w * S_h = 0.0015 * 25 * 20 = 0.75\ cm^2$

$Avh_{max} = 0.02 * b_w * S_h = 0.02 * 25 * 20 = 10\ cm^2$

$Avh = 3.75 \frac{cm^2}{m} = 3.75 * 0.2 = 0.75\ cm^2$ $\quad => \mathbf{0.75\ cm^2 \le 0.75\ cm^2 \le 10\ cm^2}$ $\quad \boldsymbol{ok}$

گام سوم: طراحی میلگردهای برشی قائم و افقی:

$Av = 13.67 \frac{cm^2}{m} = 13.67 * Ls = 13.67 * 1.5 = 20.5\ cm^2 \ => S_n = 20cm => n = \mathbf{8}\ in\ 1\ layer\ \ or\ \mathbf{16}\ in\ 2\ layer$

$=> Av = n * \frac{\pi * d^2}{4} => d = \sqrt{\frac{4*Av}{n*\pi}} = \sqrt{\frac{4*20.5}{16*3.1416}} = 18mm$ $\quad => \boldsymbol{use\ \emptyset 14@20cm}$

$Avh = 3.75 \frac{cm^2}{m} = 3.75 * Hw = 3.75 * 1.8 = 6.75\ cm^2 \ => S_n = 20cm => n = \mathbf{9}\ in\ 1\ layer\ \ or\ \mathbf{18}\ in\ 2\ layer$

$=> Av = n * \frac{\pi * d^2}{4} => d = \sqrt{\frac{4*Av}{n*\pi}} = \sqrt{\frac{4*6.75}{18*3.1416}} = 10mm$ $\quad => \boldsymbol{use\ \emptyset 8@20cm}$

طراحی میلگردهای قطری:

$A_{diag} = 27cm^2 \ => use\ 6\emptyset 25$ (در هر قطر یا شاخه)

میلگردهای عرضی برای آرماتور قطری:

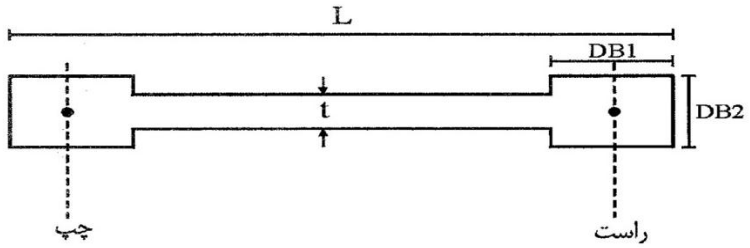
$S = \min\{125\,, 8 * 25 = 200\,, 24 * 8 = 192\} => S = 12.5\ cm$

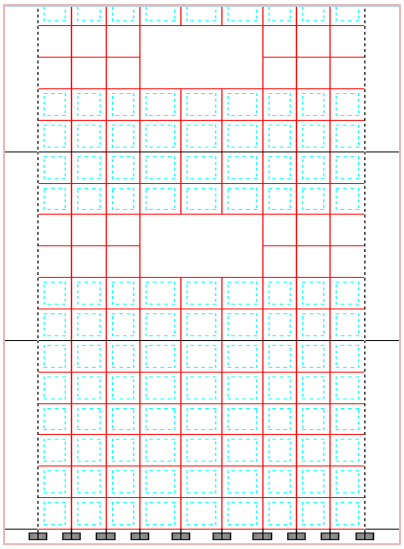
$=> use\ \emptyset 8@12.5\ cm$

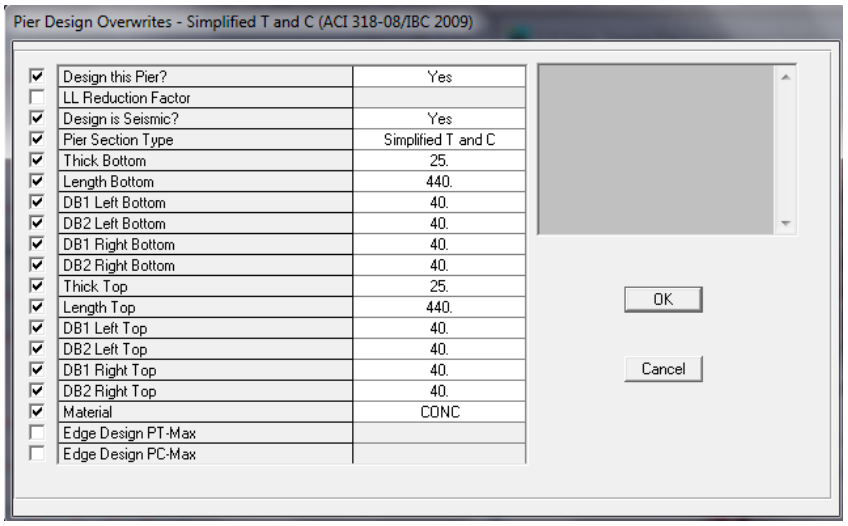
طراحی دیوارهای برشی بازشودار (دمبلی شکل):

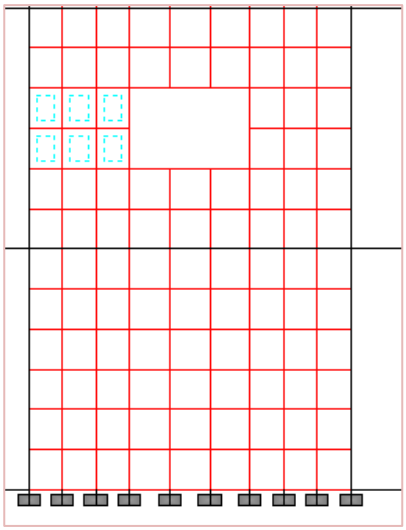
روش میلگرد گذاری یکنواخت **(Uniform Reinforcing)** مخصوص دیوارهای مستطیلی شکل می‌باشد و برای دیوارهای برشی بازشودار به شکل دمبل از روش طراحی ساده **(Simplified T and C)** استفاده می‌کنیم. برای این‌کار مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

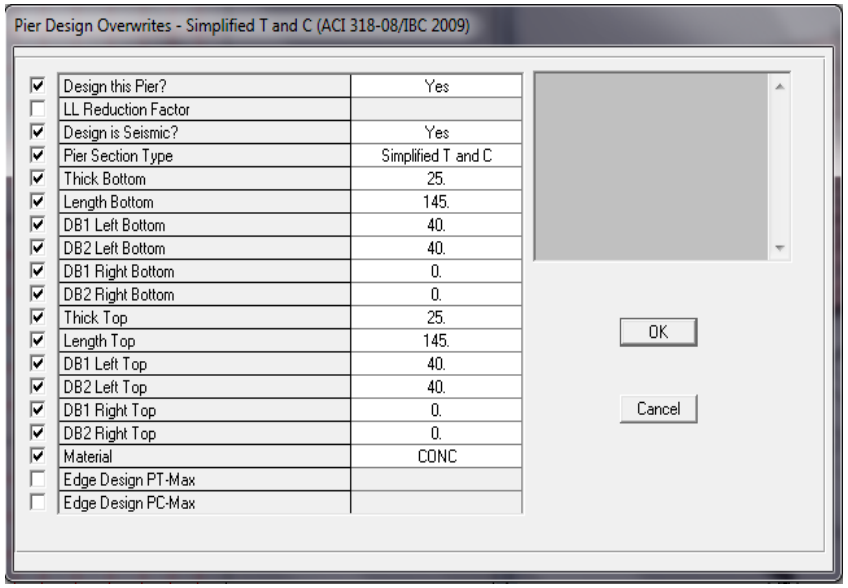
- ✓ ابتدا دستور **Select > by Pier Ids** را اجرا کرده و نوع دیوار مورد نظر را انتخاب می‌کنیم.
- ✓ دستور **Design > Shear Wall Design > View/Revise Overwrites** را اجرا کرده و در جعبه ظاهر شده تیک گزینه **Pier Section Type** را زده و روش **Simplified T and C** را انتخاب نموده و همچنین تیک گزینه‌های مربوط به مشخصات دیوار را می‌زنیم و مشخصات آن‌ها را مطابق شکل زیر انجام می‌دهیم:





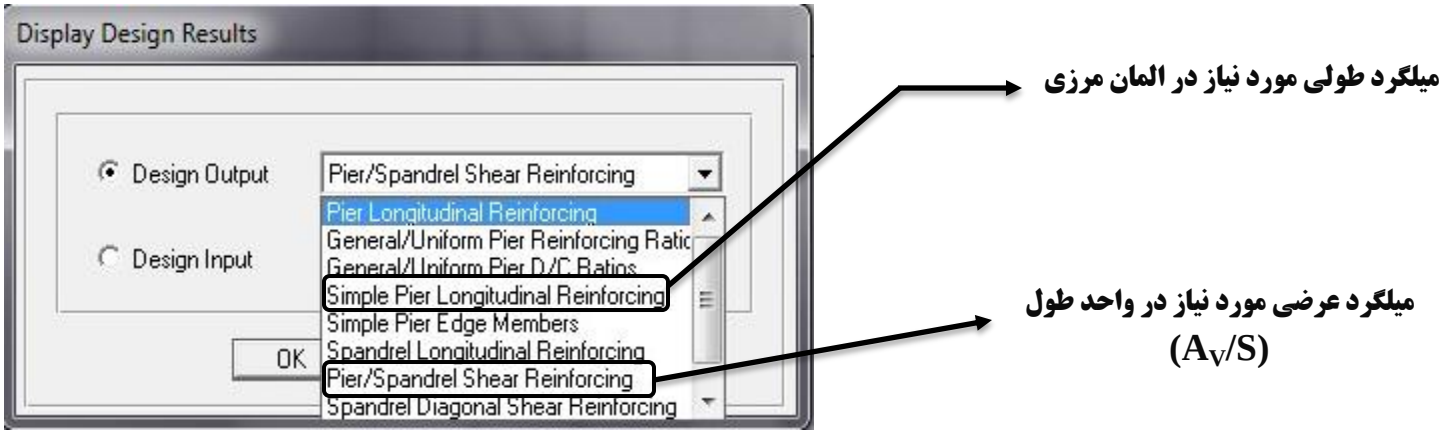


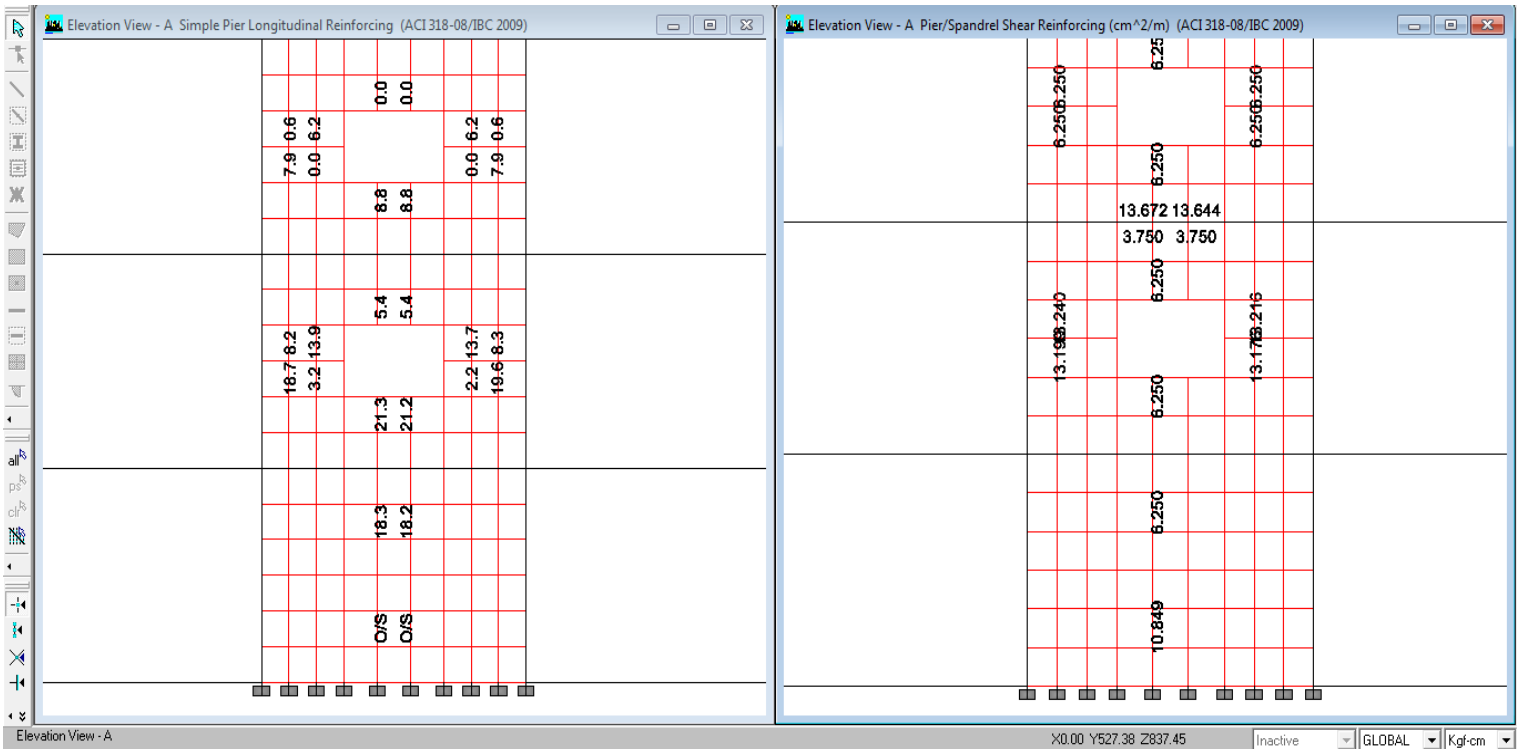




شروع به طراحی دیوارهای برشی بازشودار (دمبلی شکل):

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:





نکته: در این روش برنامه ابتدا **As** را محاسبه نموده و درصد میلگرد را از مساحتی که برای المان لبه‌ای ($DB1 * DB2$) معرفی کردیم بدست می‌آورد و سپس با مقدار حداکثر که از منوی **Options > Preferences > Shear Wall Design** وارد نموده‌ایم مقایسه می‌کند. اگر درصد موجود کمتر از مقدار درصد حداکثر باشد برنامه در خروجی مقدار **As** را اعلام می‌کند ولی اگر درصد موجود بیشتر از مقدار درصد حداکثر باشد برنامه در خروجی **O/S** می‌دهد که برای رفع این مشکل بایستی به مقدار $DB2$ به صورت مرحله به مرحله به اندازه $\frac{DB2}{2}$ اضافه نمود (افزایش ممان اینرسی) و دیوار را طراحی نمود تا مقدار **As** را بیان کند. اگر در پایان طول کلی المان لبه‌ای $DB2$ از مقدار $\frac{L_w}{6}$ (که L_w طول کلی دیوار برشی است) بیشتر شد، بهتر است که ضخامت دیوار را افزایش دهیم:

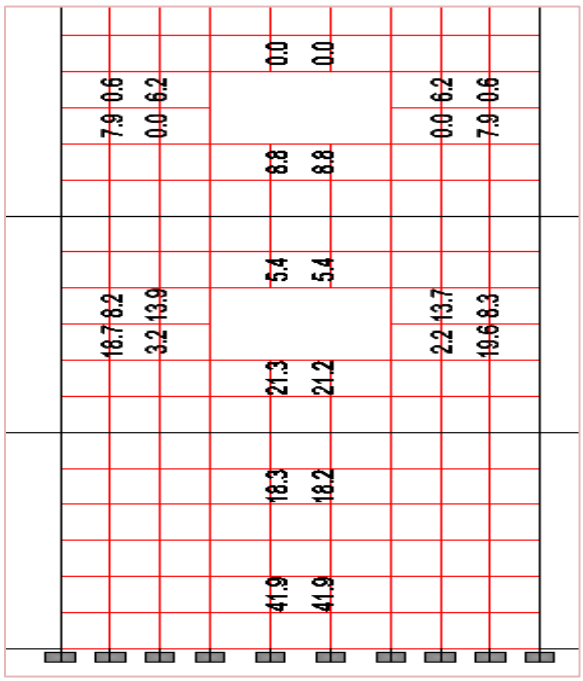
Pier Design Overwrites - Simplified T and C (ACI 318-08/IBC 2009)

Design this Pier?	Yes
LL Reduction Factor	0.5841
Design is Seismic?	Yes
Pier Section Type	Simplified T and C
Thick Bottom	25.
Length Bottom	440.
DB1 Left Bottom	40.
DB2 Left Bottom	60.
DB1 Right Bottom	40.
DB2 Right Bottom	60.
Thick Top	25.
Length Top	440.
DB1 Left Top	40.
DB2 Left Top	40.
DB1 Right Top	40.
DB2 Right Top	40.
Material	CONC
Edge Design PT-Max	0.02
Edge Design PC-Max	0.02

$$40 + \frac{40}{2} = 60\ cm$$

OK

Cancel



Simplified T and C Pier Section - Design (ACI 318-08/IBC 2009)

Story ID: STORY1 Pier ID: P4 X Loc: 0 Y Loc: 1000 Units: Kgf-cm

Flexural Design for P and M3 (RLLF = 0.584)

Station Location	Edge-Length	Tension Rebar cm^2	Tension Combo	Pu	Mu
Left Top	40.000	18.282	COMB9	83694.250	43064782.679
Right Top	40.000	18.231	COMB10	83694.259	-42991802.81
Left Bottom	40.000	41.932	COMB9	90444.250	78471171.225
Right Bottom	40.000	41.878	COMB10	90444.259	-78392998.92

Station Location	Edge-Length	Compression Rebar cm^2	Compression Combo	Pu	Mu
Left Top	40.000	0.000	COMB10	83694.259	-42991802.81
Right Top	40.000	0.000	COMB10	83694.259	-42991802.81
Left Bottom	40.000	0.000	COMB10	90444.259	-78392998.92
Right Bottom	40.000	0.000	COMB10	90444.259	-78392998.92

Shear Design

Station Location	Rebar cm^2/m	Shear Combo	Pu	Mu	Vu	Capacity phi Vc	Capacity phi Vn
Top	6.250	COMB6	123303.503	-43060008.01	117973.392	87845.885	127445.885
Bottom	10.849	COMB9	90444.250	78471171.225	117933.070	49194.901	117933.070

Boundary Element Check

Edge Location	Edge Length	Governing Combo	Pu	Mu	Stress Comp	Stress Limit	C Depth	C Limit
Left Top	20.000	COMB6	123303.503	-43060008.01	52.093	50.000	40.000	104.762
Right Top	20.000	COMB5	123303.49542996577.481		52.031	50.000	40.000	104.762
Left Bot	20.000	COMB6	132303.503	-78478494.97	69.155	50.000	40.000	104.762
Right Bot	20.000	COMB5	132303.49578385675.175		69.085	50.000	40.000	104.762

Combos... Overwrites... OK Cancel

Display Design Results

Design Output

Design Input

Pier Boundary Zones

General/Uniform Pier Reinforcing Ratio
General/Uniform Pier D/C Ratios
Simple Pier Longitudinal Reinforcing
Simple Pier Edge Members
Spandrel Longitudinal Reinforcing
Pier/Spandrel Shear Reinforcing
Spandrel Diagonal Shear Reinforcing
Pier Boundary Zones

OK

Boundary Element Check Data (ACI 318

Station Location	B-Zone Length	B-Zone Combo
Bottom	10.849	COMB9
Bottom	10.849	COMB9
Bottom	10.849	COMB9
Bottom	10.849	COMB9

نحوه تعیین طول و ارتفاع المان مرزی:

برای محاسبه طول ناحیه مرزی دو روش **تنش** و **تغییر مکان** وجود دارد. روش **تنش**، روش قدیمی می‌باشد که روال کار به این صورت است که برنامه تنش موجود حداکثر را محاسبه نموده و با مقدار مجاز 0.2*fc مقایسه نموده و در صورت نیاز به ناحیه مرزی، طول آن را محاسبه می‌نماید. روش **تغییر مکان**، روش جدیدتری می‌باشد که نرم‌افزار ETABS ملاک تعیین المان مرزی را بر مبنای این روش اعلام می‌کند.

روش تغییر مکان:

پس از طراحی دیوار برشی نمای مربوط به دیوار مورد نظر را نشان دهید و روی دیوار مورد نظر در طبقه مورد نظر کلیک راست کنید. در جعبه ظاهر شده اطلاعات کلی طراحی دیوار برشی نشان داده شده است. در این جعبه در صورت نیاز به المان مرزی، طول آن را نشان می‌دهد. محاسبه ارتفاع و جزئیات میلگرد گذاری ویژه باید بر طبق مبحث 9 و به صورت دستی انجام گیرد:

$$\text{ارتفاع المان مرزی} = \max\{L_w\ ,\ M_u/4V_u\}$$

نکته: اگر دیوار برشی مورد نظر دارای المان لبه‌ای (ستون کناری) باشد و پس از طراحی مقدار طول المان مرزی بیشتر از بعد المان لبه‌ای بدست آمد، دو کار می‌توان انجام داد. یکی اینکه بعد المان لبه‌ای در جهت طولی دیوار را به اندازه المان مرزی در نظر بگیریم و دیگری اینکه بعد المان لبه‌ای را تغییری ندهیم ولی فولادهای عرضی ویژه قسمتی از جان دیوار را در بر بگیرند (دقت شود که در این حالت ضخامت جان کمتر از 30 سانتی‌متر نباشد).

۹-۲۳-۴-۳-۱-۱ در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید مورد توجه قرار گیرند:

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

ب- در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۳-۴-۳-۳ به کار گرفته می‌شود، عرض عضو مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۳ فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر اختیار شود و میلگردهای افقی باید داخل آرماتورهای قائم قرار گیرند. در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

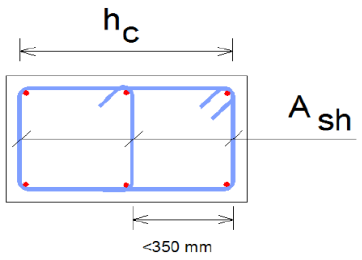
فولادهای عرضی ویژه:

۹-۲۳-۴-۳-۳-۴ اجزای مرزی باید در سراسر طول خود مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ آرماتورگذاری عرضی ویژه شوند.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

ب- در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد، A_{sh}، نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۳) و (۹-۲۳-۴) باشد:

$$A_{Sh} = ۰/۴۶(S\times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - ۱) \qquad (۹-۲۳-۳)$$



$$A_{Sh} = ۰/۱۴\times S\times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۴)$$

h_c = بعد مقطع ستون در جهت عرضی (محور تا محور میلگردهای محصورکننده)، میلی‌متر

f_{cd} = مقاومت محاسباتی بتن که برابر است با $\varphi_c f_c$، مگاپاسکال

f_{yh} = مقاومت مشخصه آرماتور عرضی، مگاپاسکال

۹-۲۳-۴-۲-۳-۴ قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

الف- یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

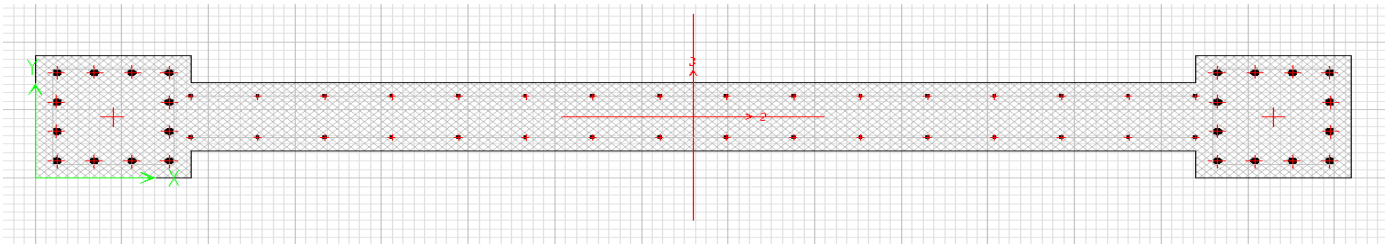
ب- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ- ۱۲۵ میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱۱ در قسمت‌هایی‌از طول عضو که‌آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا نمی‌شود باید آرماتور عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ ویژه به قطر ۸ میلیمتر به کار برده شود. فاصله سفره‌های این میلگردها از یکدیگر باید بر اساس نیاز طراحی برای برش تعیین شوند ولی در هرحال این فاصله نباید بیشتر از نصف ضلع کوچکتر مقطع مستطیلی شکل عضو، نصف قطر مقطع دایره‌ای شکل عضو، شش برابر قطر میلگرد طولی و یا ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

مثال: طراحی مقطع دیوار در طبقه اول؟

در دیوار برشی شکل زیر ابعاد ستون کناری برابر 45*45 و ضخامت جان دیوار برابر 25 سانتی‌متر و طول دیوار برابر 3.35 متر و ارتفاع آن برابر 2.7 متر می‌باشد.



خروجی برنامه ایتبس به شکل زیر می‌باشد:

General Reinforcing Pier Section - Check (ACI 318-99)

Story ID: STORY1 Pier ID: P1 X Loc: 0 Y Loc: 647.5 Units: Ton-cm

Flexural Check for P-M2-M3 (RLLF = 0.400)

Station Location	D/C Ratio	Flexural Combo	Pu	M2u	M3u
Top	0.610	DWAL38	171.313	-250.935	-74832.962
Bottom	0.858	DWAL38	178.568	119.310	-100814.513

Shear Design

Station Location	Rebar cm^2/m	Shear Combo	Pu	Mu	Vu	Capacity phi Vc	Capacity phi Vn
Top Leg 1	6.250	DWAL38	68.628	-11606.782	-89.426	46.156	96.406
Bot Leg 1	6.250	DWAL37	59.867	20931.371	85.915	46.156	96.406

Boundary Element Check

Station Location	B-Zone Length	B-Zone Combo	Pu	Mu	Vu	Pu/Po
Top Leg 1	50.250	DWAL30	93.831	-1295.638	-0.384	0.0520
Bot Leg 1	50.250	DWAL30	101.756	-1365.513	1.204	0.0564

حل)

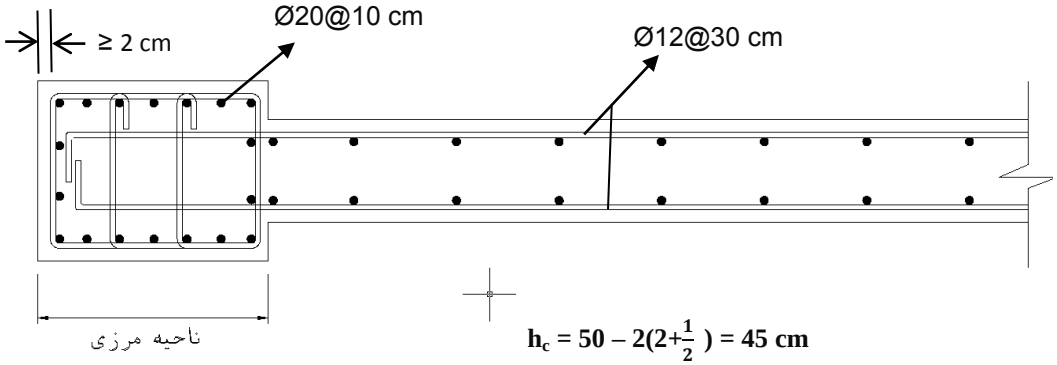
با توجه به خروجی ایتبس، طول اجزاء مرزی برای دیوار در طبقه اول برابر 50 سانتی‌متر بدست آمد. با توجه به اینکه عرض المان لبه‌ای (ستون کناری) برابر 45 سانتی متر می‌باشد، یا باید بعد المان لبه‌ای در جهت طولی دیوار را به اندازه المان مرزی در نظر بگیریم و دیگری اینکه بعد المان لبه‌ای را تغییری ندهیم ولی فولادهای عرضی ویژه قسمتی از جان دیوار را در بر بگیرد. با توجه به اینکه طبق بند آیین نامه ضخامت جان در ناحیه مرزی نباید کمتر از 30 سانتی‌متر باشد بنابراین بعد المان لبه‌ای در جهت طولی دیوار را به اندازه المان مرزی برابر 50 سانتی متر در نظر می‌گیریم.

محاسبه ارتفاع اجزاء مرزی:

$$\text{ارتفاع مرزی المان} = \max\{Lw, Mu/4Vu\} = \max\{335, 1365.5/4 * 1.204 = 284\} = 335\ cm$$

بنابراین با توجه به ارتفاع 270 سانتی‌متری دیوار برشی باید در تمام ارتفاع آن در ناحیه مرزی از خاموت‌های ویژه مطابق محاسبات زیر استفاده کرد. شاید بهتر باشد که تا یک طبقه بالاتر آن که طبق خروجی برنامه نیاز به اجزا مرزی نیست، ادامه یابد.

محاسبه خاموت ویژه:



با فرض خاموت Ø10 : $h_c = 50 - 2(2+\frac{1}{2}) = 45$ cm

$$A_{sh} = 0.14 * S * hc \ \frac{f_{cd}}{fy} \ ===> \ \frac{A_{sh}}{S} = 0.14 * 45 \ \frac{0.65 * 250}{3000} = 0.34 \ cm2/cm$$

فاصله بین خاموت‌های عرضی ویژه:

$$S \leq \min\{\frac{45}{4} = 11.25 \ , 6 * 2 = 12 \ , 12.5\} = 10 \text{ cm}$$

$A_{sh}/S = 0.34 => A_{sh} = 0.34*10 = 3.4 \text{ cm}^2$ ======> use 4Ø12

تهیه کننده: کاظم بهادرنژاد

kazembvo@gmail.com