



**[WWW.CIVILSAYMAN.COM](http://WWW.CIVILSAYMAN.COM)**

**[WWW.CIVILSAYMAN.IR](http://WWW.CIVILSAYMAN.IR)**

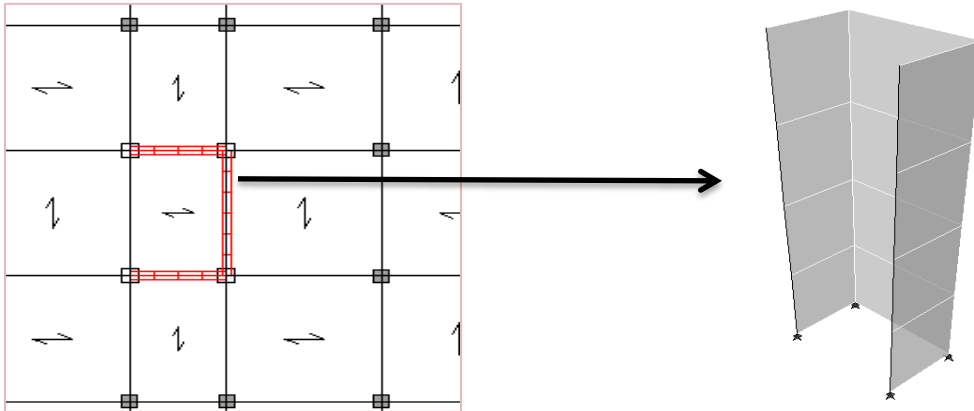
**مرجع تخصصی مهندسی و دانشجویان عمران**

## \*طراحی دیوارهای برشی U شکل و بازشودار در ETABS\*

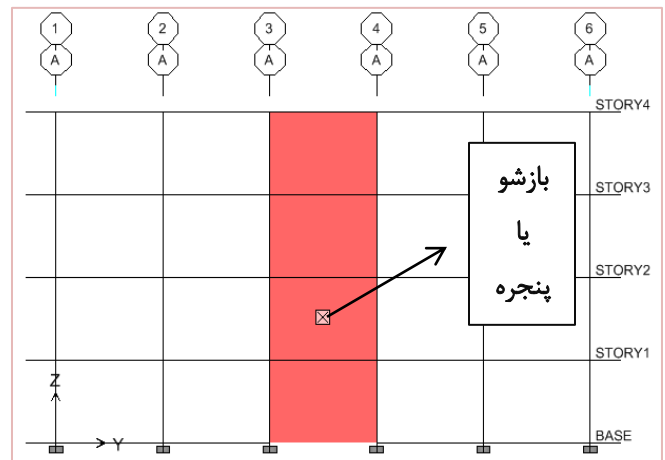
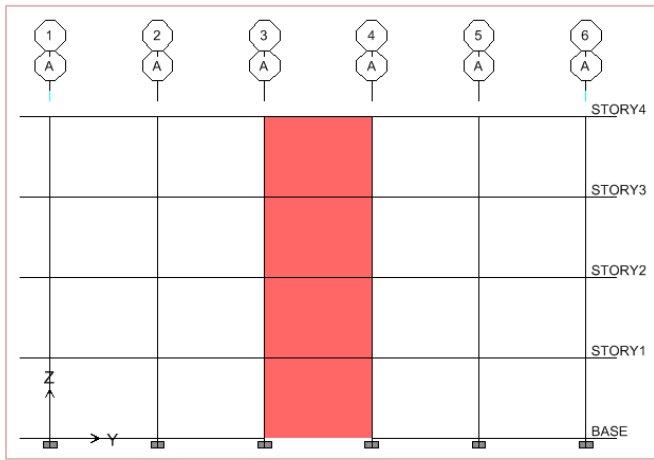
**Draw > Draw Area Objects > Create Walls in Region or at Clicks (plan)**

ترسیم دیوار برشی:

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

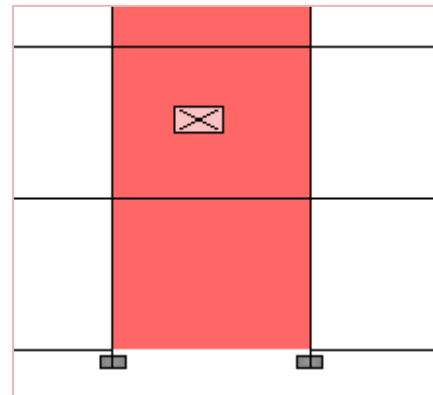
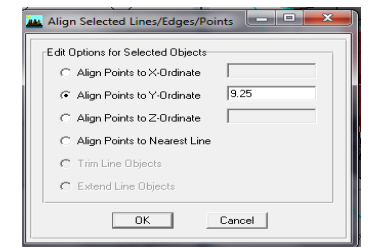
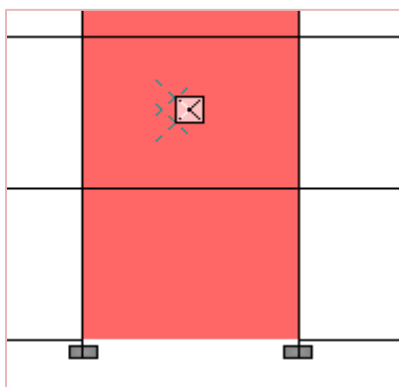


برای ترسیم دیوارهای بازشودار ابتدا با استفاده از دستور بالا، دیوار برشی ترسیم می‌کنیم. سپس با کلیک روی آیکون یا با استفاده از دستور **Draw > Draw Area Objects > Draw Windows** در طبقه مورد نظر بازشو ایجاد می‌کنیم:

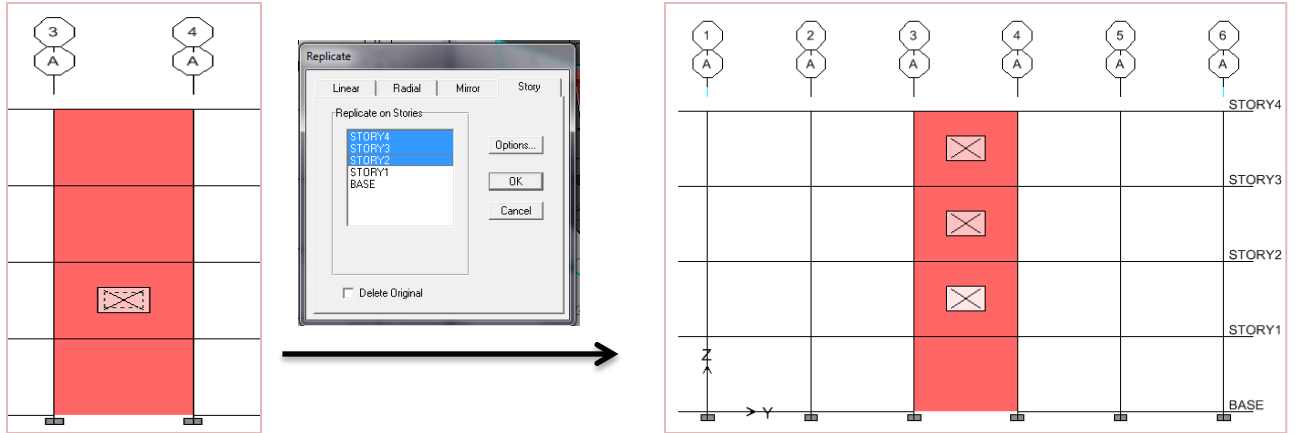


گره‌های گوشه بازشو را انتخاب می‌کنیم و با استفاده از دستور **Edit > Align Points/Lines/Edges** موقعیت‌های گره‌های بازشو را

وارد می‌کنیم:



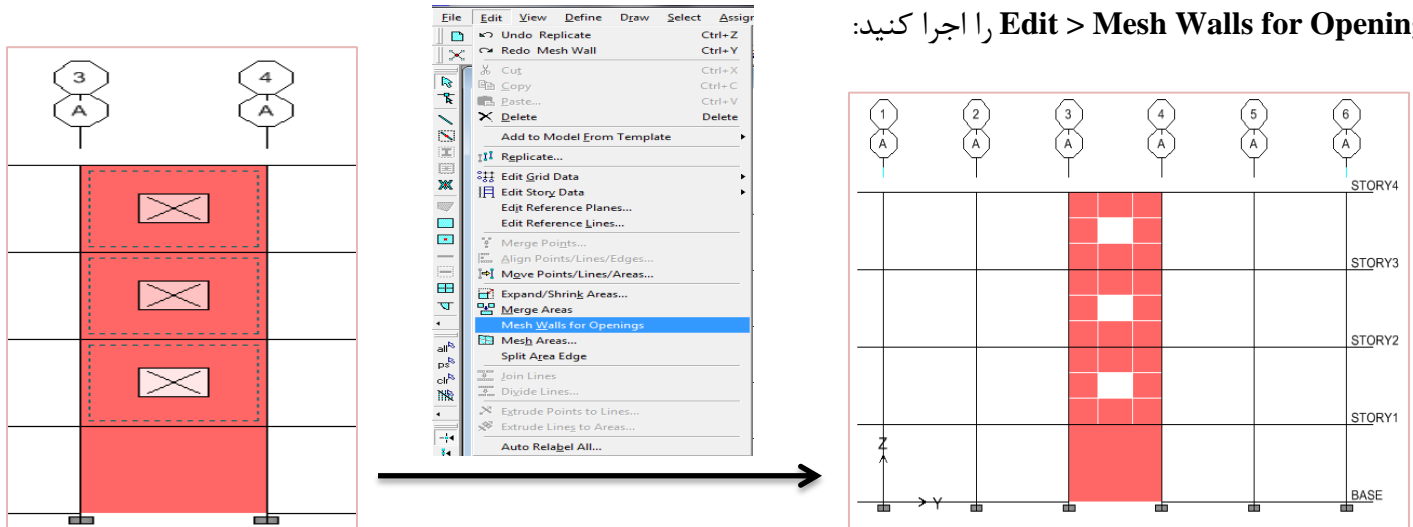
بعد از ترسیم بازشو و درست کردن موقعیت گره‌های آن، می‌توان بازشو مورد نظر را انتخاب نمود و دستور **Edit > Replicate** را اجرا کرد و در جعبه باز شده برگه **Story** را فعال نمود و طبقاتی را که قصد ایجاد بازشو داریم را انتخاب کنیم:



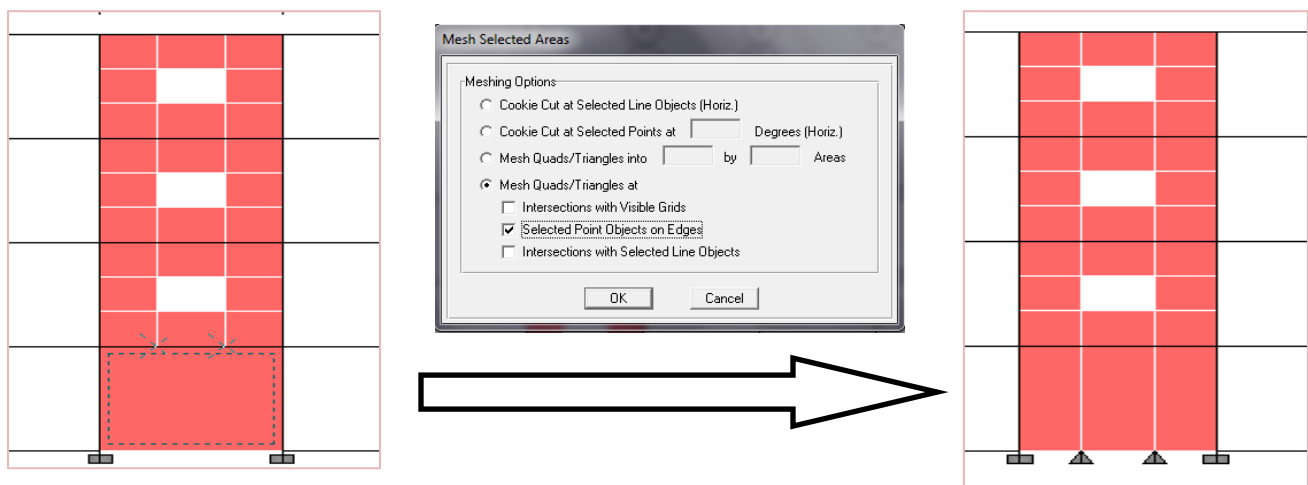
### تقسیم‌بندی دیوارهای بازشودار:

برای تقسیم‌بندی دیوارهای برشی بازشودار با توجه به بازشوهایی 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:

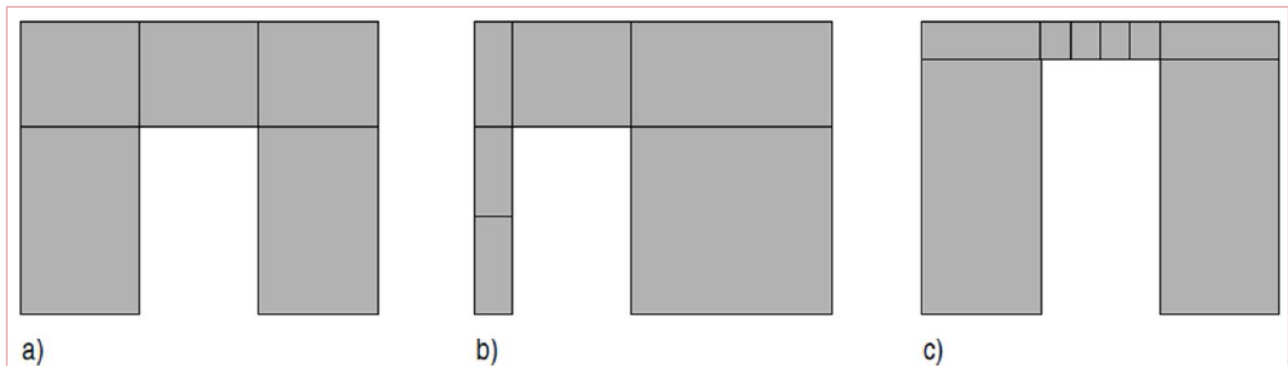


چند نکته مهم در رابطه با تقسیم‌بندی دیوارهای بازشودار:

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.

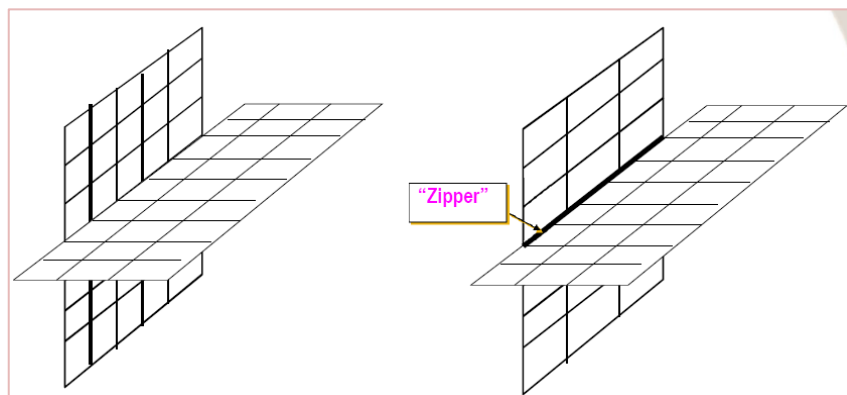
2- اگر بازشو به سمت چپ یا راست منتقل شود، المان سمت چپ یا راست لاغر شده و در آن خمش حاکم می‌شود و می‌بایست المان به چند قسمت تقسیم شود مانند شکل **b** که المان به دو قسمت تقسیم شده است.

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.

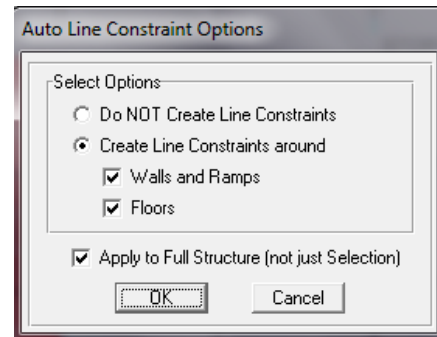
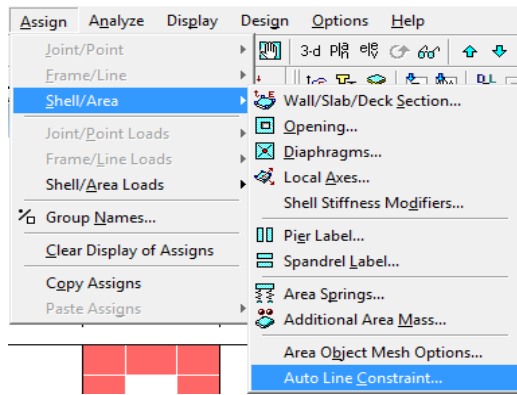


### مش‌بندی دیوارهای برشی:

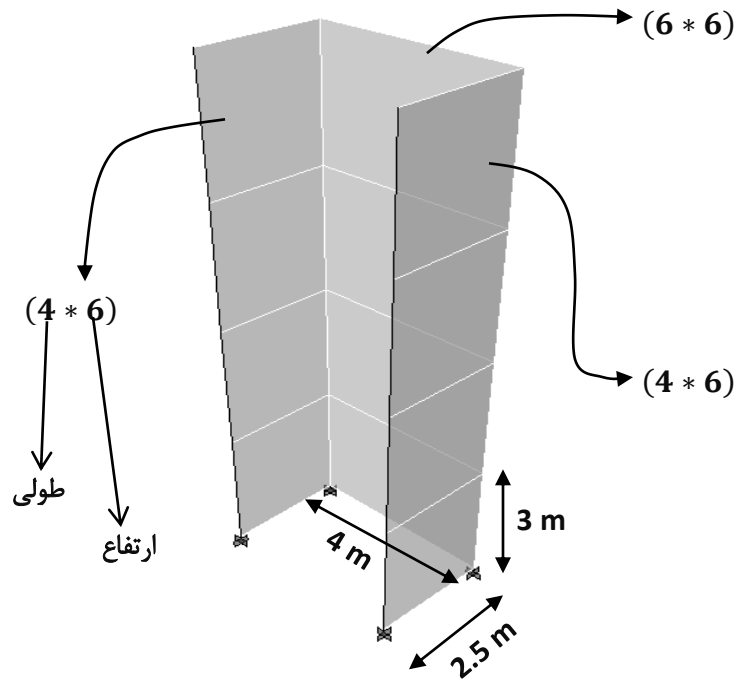
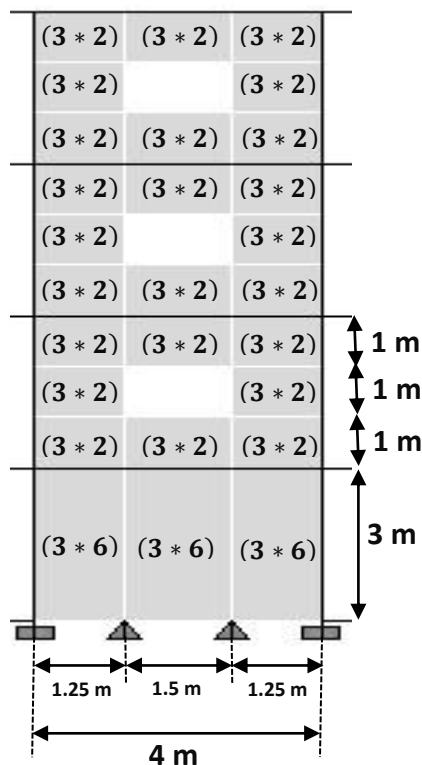
در صورتی که دیوار برشی را از نوع **Membrane** تعریف کرده باشیم، تقسیم بندی را فقط در جهت طولی دیوار انجام می‌دهیم ولی اگر از نوع **Shell** تعریف کرده باشیم بایستی مش‌بندی را هم در جهت طولی و هم در جهت ارتفاع انجام دهیم. اندازه مش‌ها را معمولاً 2 برابر ضخامت دیوار در نظر می‌گیرند. بهتر است مش‌بندی طوری 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:



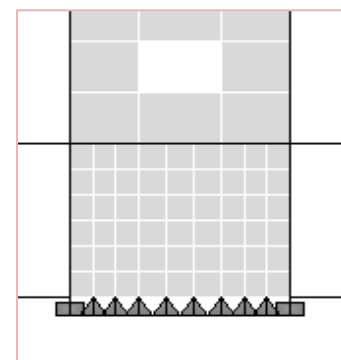
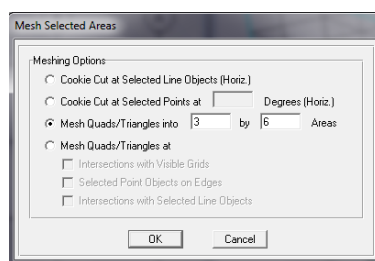
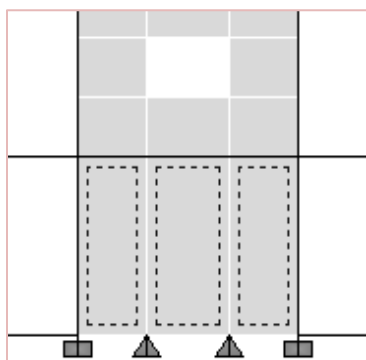
برای این کار المان‌های مشترک بین دو مرز را انتخاب نموده و دستور **Assign > Shell/Area > Auto Line Constraint** را اجرا نموده و گزینه **Create Line Constraints around** را فعال نموده و تیک دو گزینه **Walls and Ramps** و **Floors** را بزنید و همچنین تیک گزینه **Apply to Full Structure (not just Selection)**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



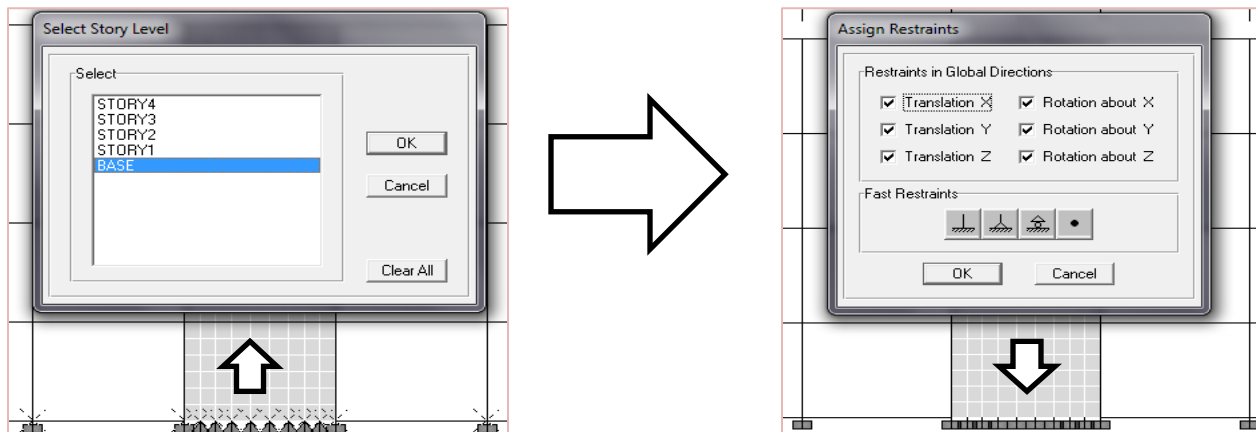
مثلاً برای دیوار U شکل و دیوار برشی بازشودار قاب زیر اندازه‌های مش‌بندی را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:



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 و جعبه دوم تعداد مش‌بندی در ارتفاع دیوار می‌باشد:

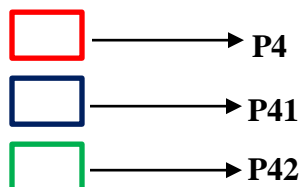
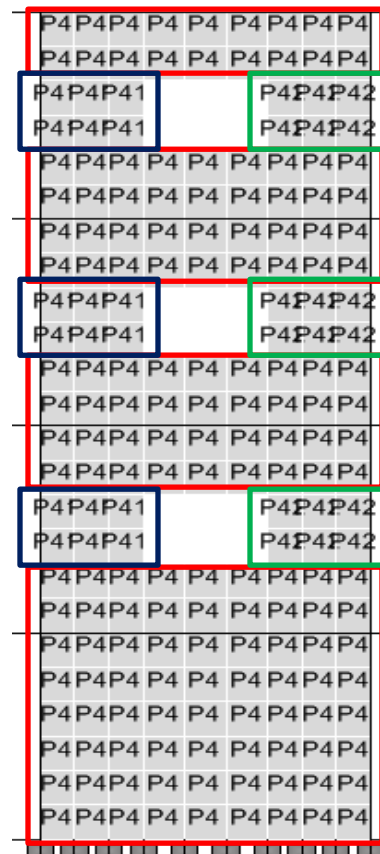
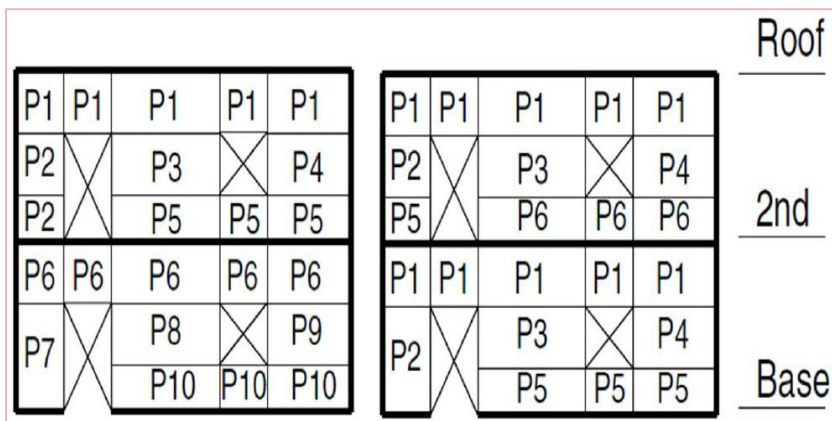


در نهایت پس از اینکه کلیه دیوارها را مش بندی کردیم می بایست کلیه گره هایی را که به پی سازه متصل هستند را انتخاب و گیردار نمائیم. برای این کار ابتدا دستور **Select > by Story Level** را اجرا نموده و در پنجره باز شده طبقه **BASE** را انتخاب می کنیم و سپس دستور **Assign > Joint/Point > Restraints (Supports)**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

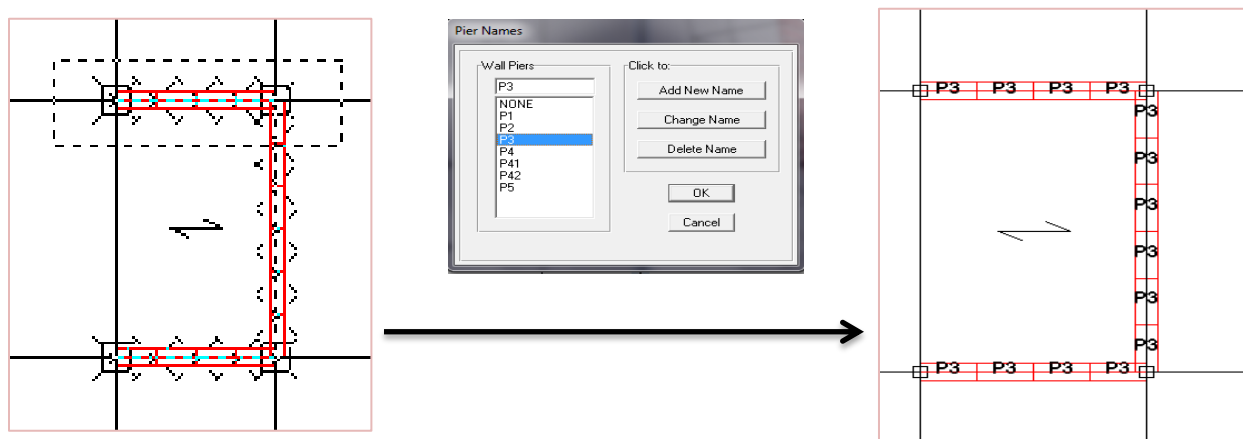


### نام گذاری دیوارهای برشی U شکل و بازشودار و ستون های متصل به آن:

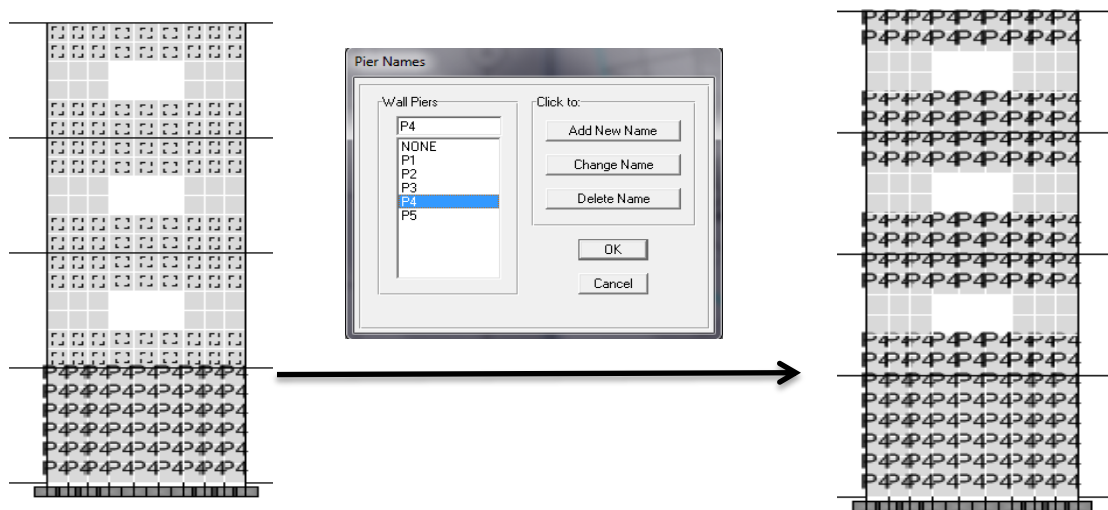
برای طراحی دیوارهای برشی و تیرهای عمیق باید آنها را نام گذاری کرد (این نام گذاری تاثیری در محاسبات ندارد فقط امکان خروجی و طراحی دیوارهای برشی به وجود می آید). نام گذاری دیوار U شکل به صورت یکپارچه خواهد بود (هرچند می توان به صورت سه قطعه ای نیز انجام داد). برای نام گذاری دیوارهای بازشودار دقت شود که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



حال برای نام گذاری دیوارهای برشی **U** شکل، ابتدا با ترسیم 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:

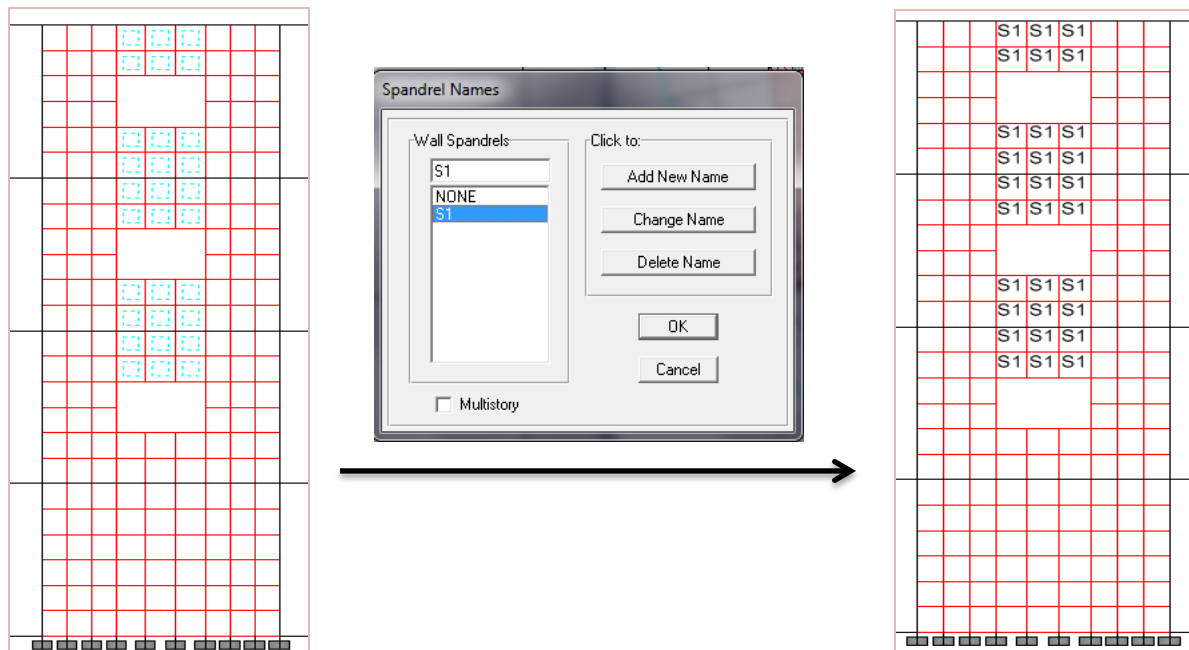


برای نام گذاری دیوار برشی بازشودار مطابق الگوی صفحه قبل عمل می‌کنیم. برای اینکار هر قسمتی را که دارای یک نام هستند را انتخاب نموده و دستور **Assign > Shell/Area > Pier Labels** را اجرا نموده و نام مورد نظر آن را انتخاب می‌کنیم:



ستون‌های اطراف دیوار برشی نیز با دیوارها باید نام گذاری 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 ترک خوردگی یا عدم ترک خوردگی دیوارهای برشی:

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

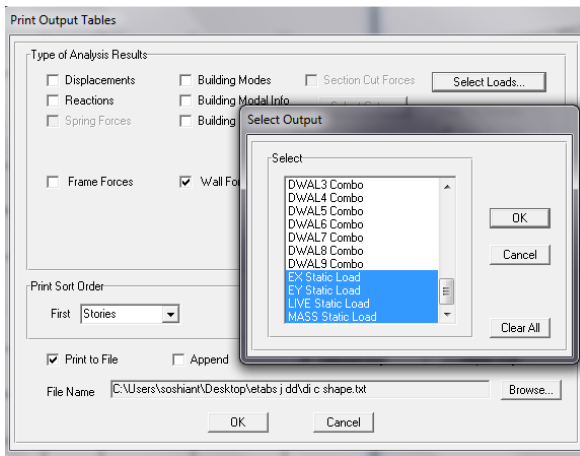
### اعمال ضرائب ترک خوردگی به دیوارهای برشی و ستون‌های متصل به آن:

بعد از مشخص شدن ترک خوردگی یا عدم ترک خوردگی 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 ترک خوردگی 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
			Bottom	0.04	81710.74	-0.03	131197.369	0.065	80937.197

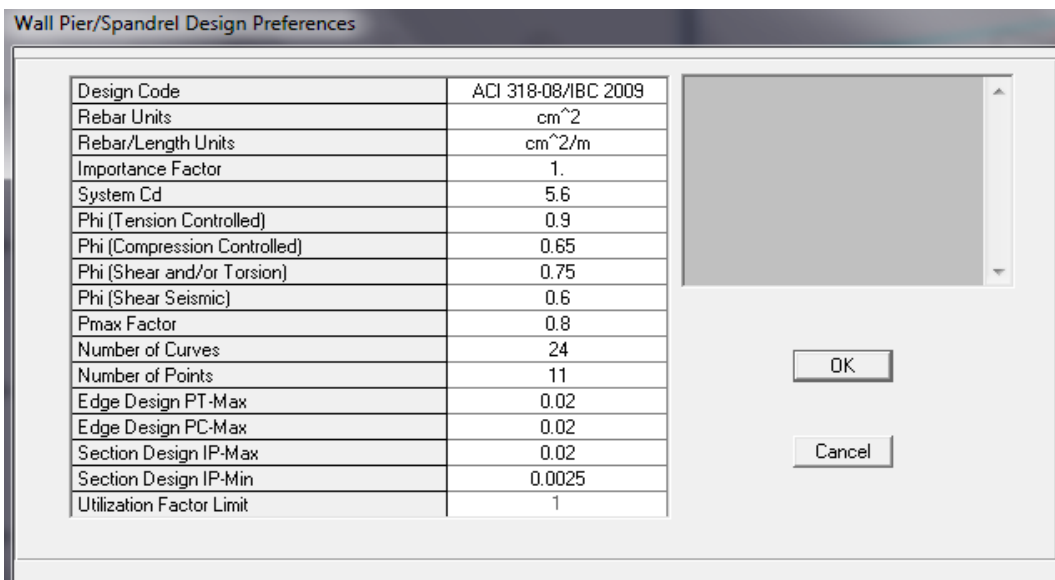
## تنظیمات طراحی دیوار برشی:

دستور **Options > Preferences > Shear Wall Design** را اجرا کرده و در جعبه باز شده آیین نامه **ACI 318-08** را انتخاب می کنیم تنظیمات زیر را انجام می دهیم:

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

مطابق بند 4-16-15-9 مبحث نهم ویرایش سال 1392 در دیوارهای سازه ای نسبت آرماتور در هیچ قسمت نباید از 0.0025 سطح دیوار کمتر باشد. مطابق بند 4-4-19-9 مبحث نهم ویرایش سال 1392 هم حداکثر این مقدار 0.04 است. بر این اساس باید در قسمت **Edge Design PC-Max** و **Edge Design PT-Max** (به ترتیب معرف حداکثر درصد فولاد کششی و فشاری المان های مرزی یا به عبارتی میلگردهای انتهایی که در ستون های اطراف دیوار قرار می گیرند) عدد 0.04 را وارد کنیم و همچنین در قسمت **Section Design IP-Min** (معرف حداقل درصد میلگرد قائم دیوار می باشد) عدد 0.0025 را وارد نماییم. در قسمت مربوط به **Section Design IP-Max** (معرف حداکثر درصد میلگرد قائم دیوار می باشد) می توان عدد 0.04 را وارد نمود؛ اما جهت جلوگیری از تراکم آرماتور و رعایت محدودیت های اجرایی و محل وصله بهتر است همان پیش فرض 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 می نماییم. در قسمت **System Cd**

باید مقدار **0.7R** را وارد نمایید:



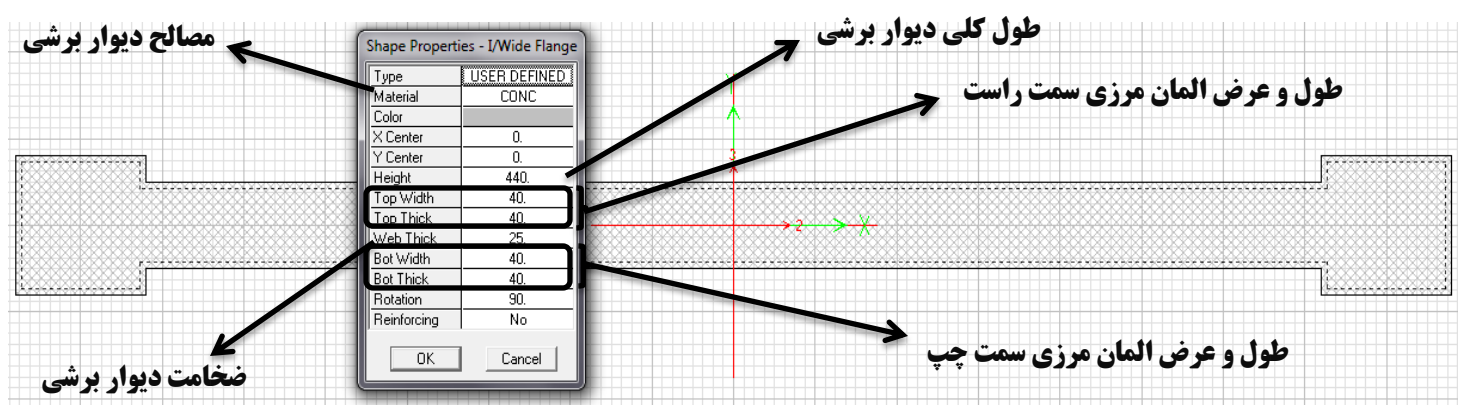
## طراحی دیوارهای برشی U شکل:

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:

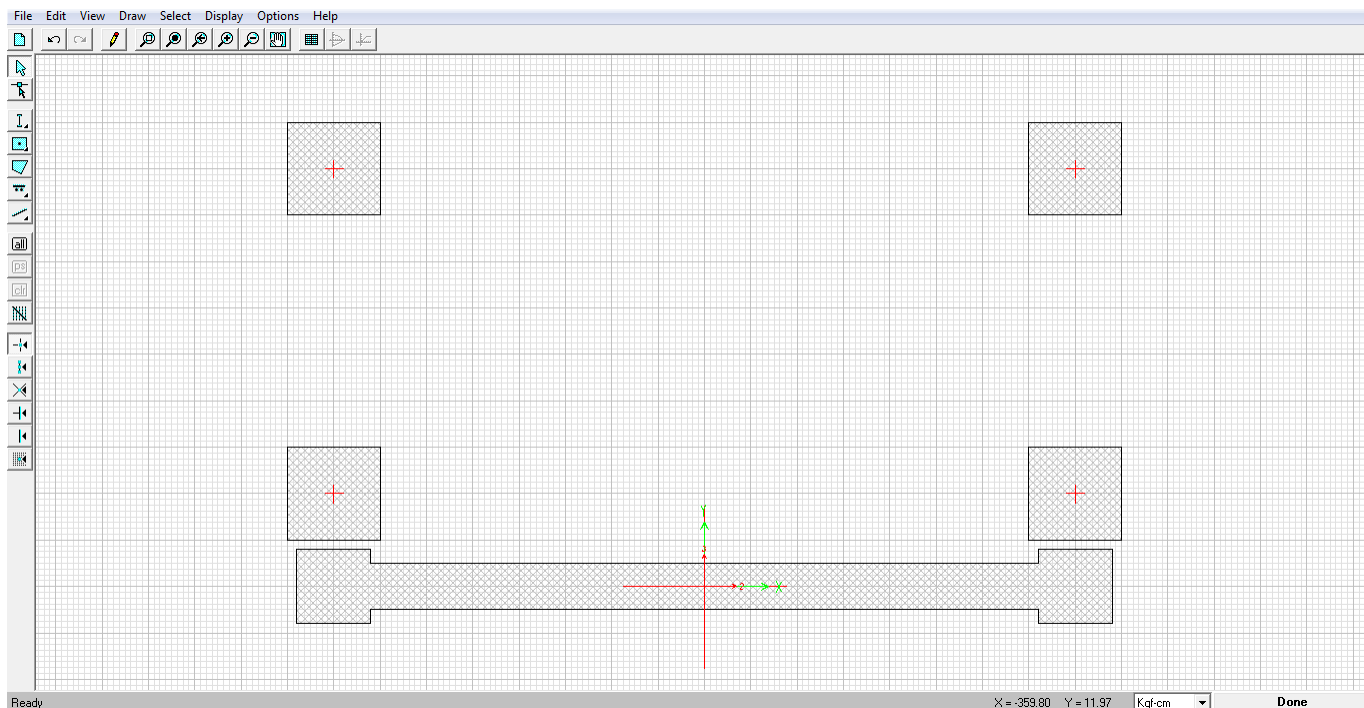
✓ دستور **Design > Shear Wall Design > Define Pier Sections for Checking** را اجرا کرده و در جعبه ظاهر شده روی دکمه **Add Pire Section** کلیک نمائید.

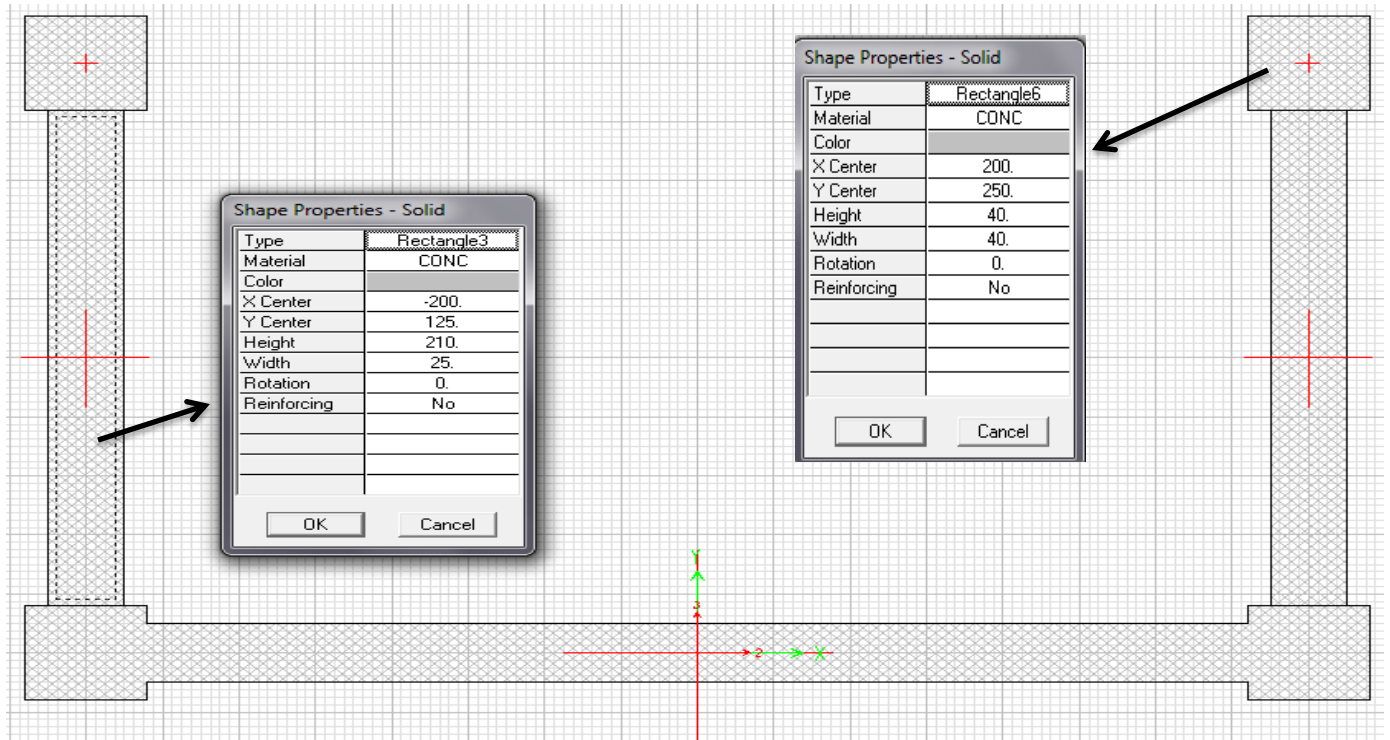
✓ در جعبه ویرایش **Section Name** نام دیوار مثلاً **W1** را وارد کرده و از کشوی **Base Material** مصالح مورد نظر را انتخاب کرده و دکمه **Section Designer** را کلیک نمائید.

✓ 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:

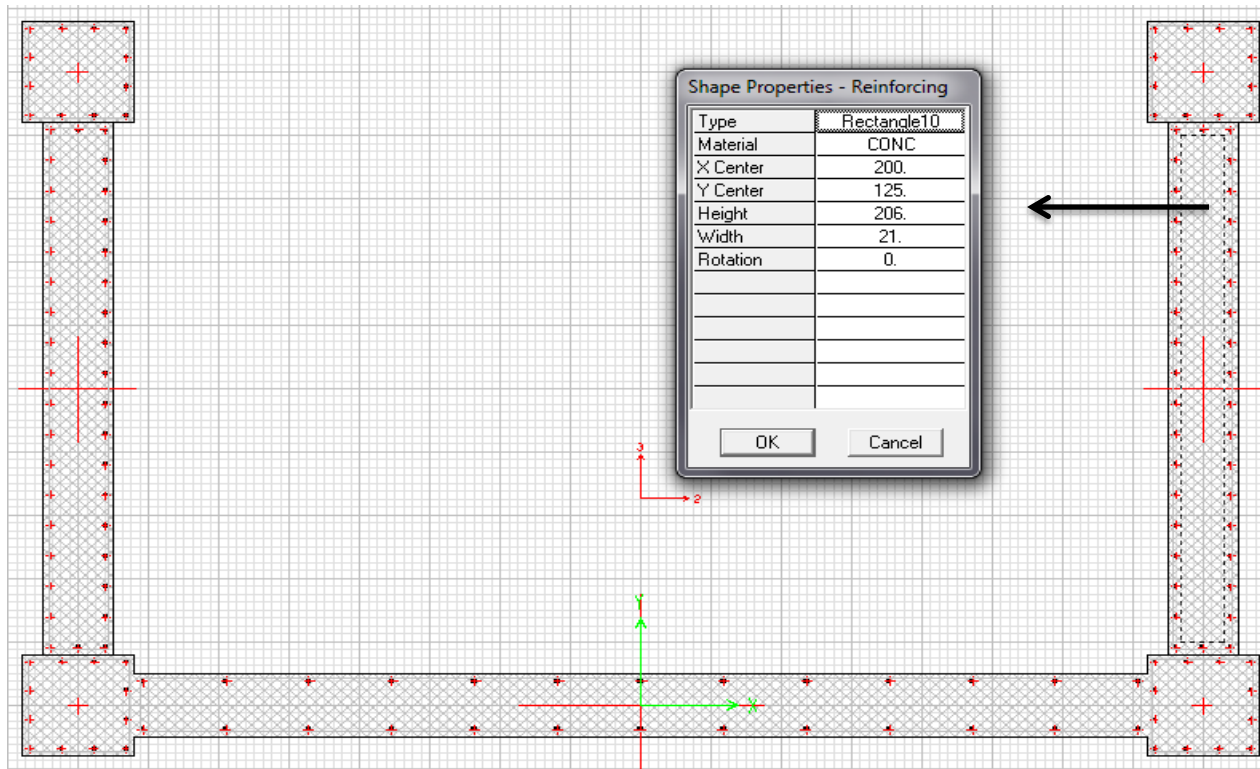


✓ دستور **Draw > Draw Solid Shape > Rectangle** را اجرا کرده و در **چهار** موقعیت مانند شکل زیر کلیک کرده و سپس از حالت ترسیم خارج شوید. سپس روی مقاطع ایجاد شده کلیک راست کنید و مشخصات مقطع را وارد نمائید:

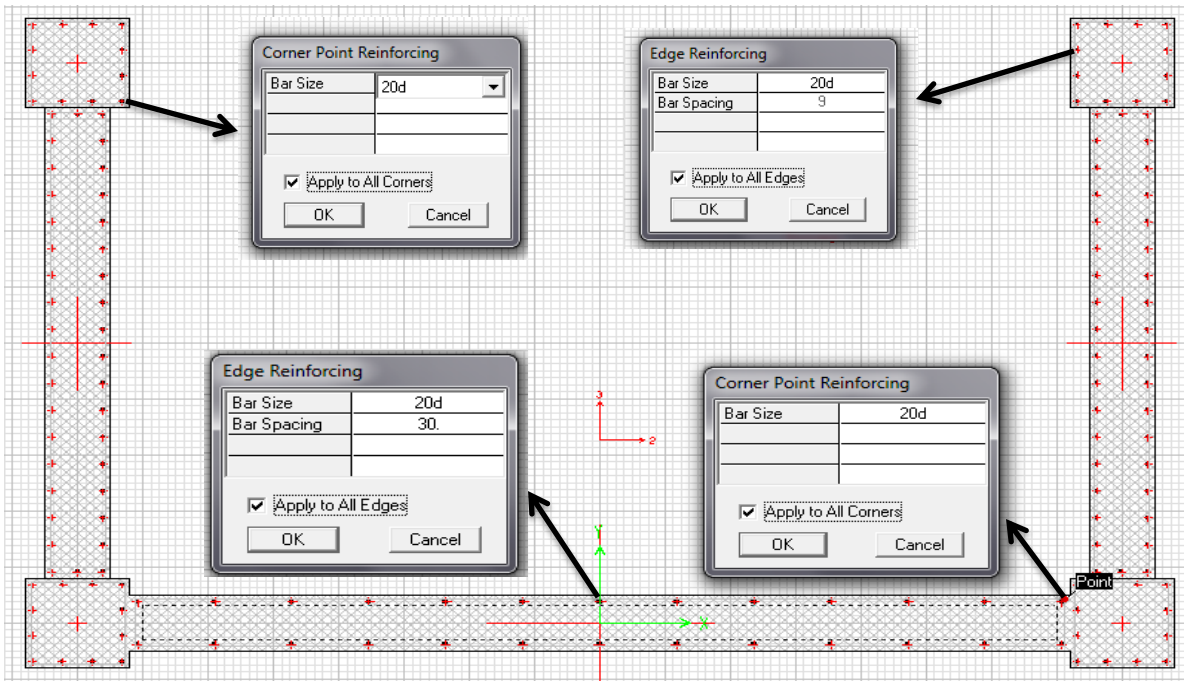




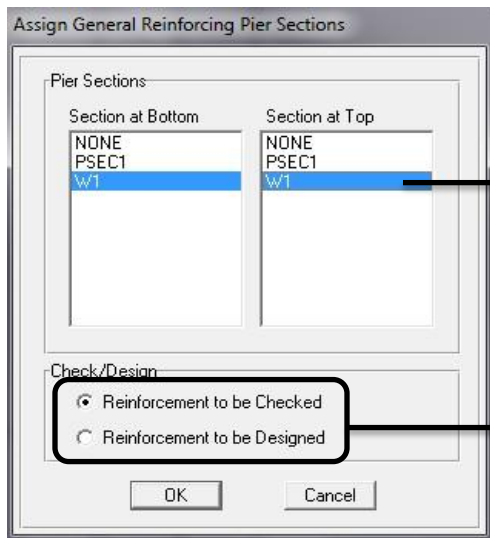
✓ برای میلگردگذاری دستور **Draw > Draw Reinforcing Shape > Rectangular Pattern** را اجرا کرده و در هفت موقیت مانند شکل زیر کلیک نمایید. روی هر یک از میلگردهای ایجاد شده کلیک راست کرده و مشخصات آنها را وارد نمایید:



✓ 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:



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.

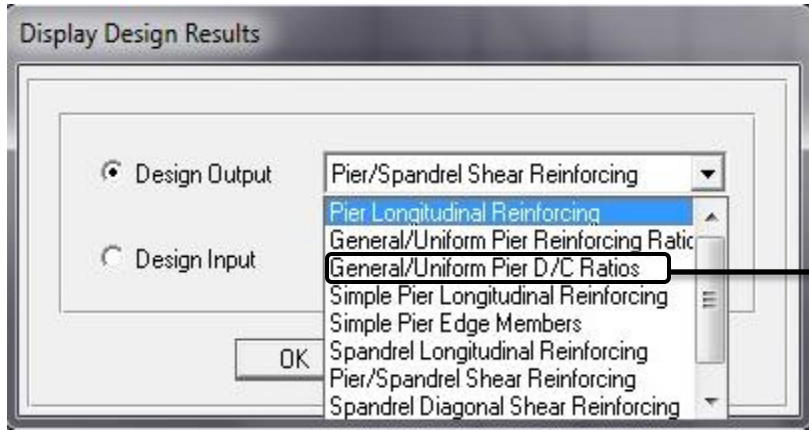
انتخاب ترکیب بار طراحی دیوارهای برشی:

برای انتخاب ترکیب بارهای طراحی دیوارها به قسمت **Design > Shear Wall Design > Select Design Combo** مراجعه 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).

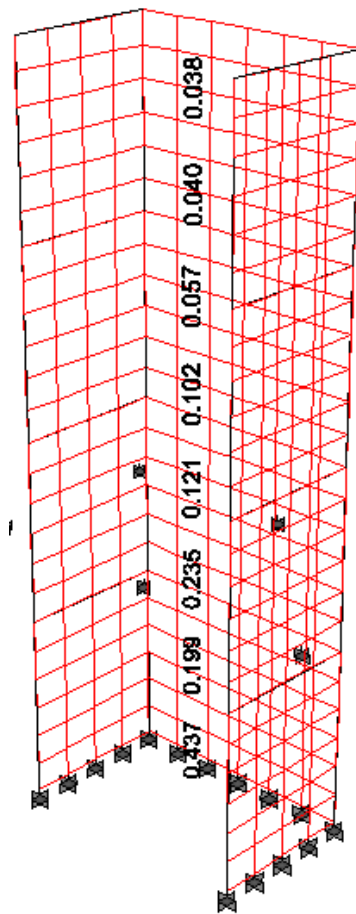
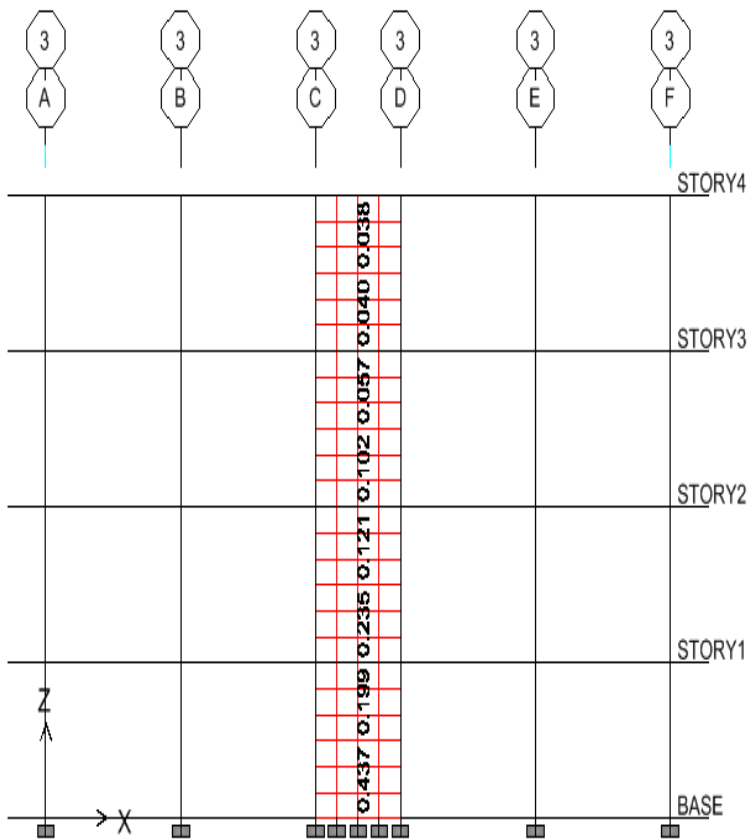
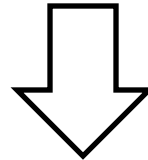
شروع به طراحی دیوارهای برشی U شکل:

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.

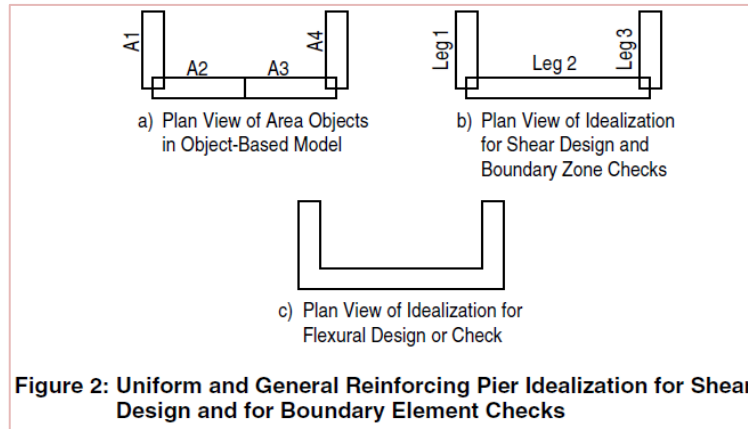
بعد از چند ثانیه عمل طراحی دیوارها به پایان می‌رسد. برای مشاهده نتایج باید به منوی **Design>SWD>Display Design Info** برویم:



نسبت تنش‌های 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:



تنها راه تشخیص ساق‌های دیوار برشی استفاده از خروجی متنی طراحی است. برای این کار 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:

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

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

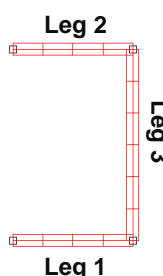
طراحی خمشی (در حالت کنترل قرار داشت)

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

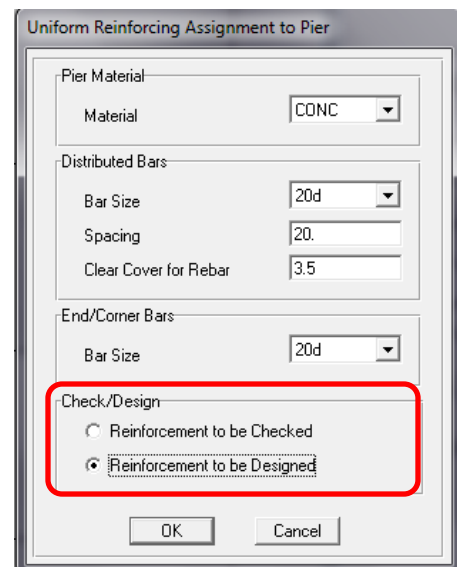
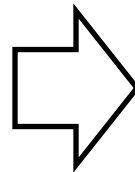
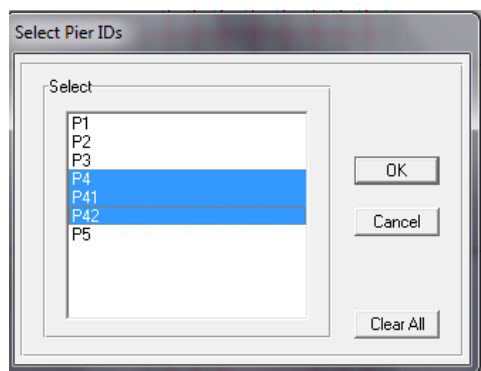
Station Location	Rebar cm <sup>2</sup> /m	Shear Combo	Pu	Mu	Vu	Capacity phi Vc	Capacity phi Vn
Top Leg 1	6.250	COMB3	16489.434	5888392.351	58036.303	43484.109	65984.109
Top Leg 2	6.250	COMB3	17105.922	5880496.049	57995.928	43558.088	66058.088
Top Leg 3	10.371	COMB10	94874.846	-15993589.96	137529.813	77793.585	137529.813
Bot Leg 1	9.450	COMB7	-68641.174	16374741.006	54633.109	20613.168	54633.109
Bot Leg 2	9.422	COMB7	-68224.602	16363394.383	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 Location	B-Zone Length	B-Zone Combo	Design Pu	Design Mu	Design Vu	Comp Stress	N. Axis 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

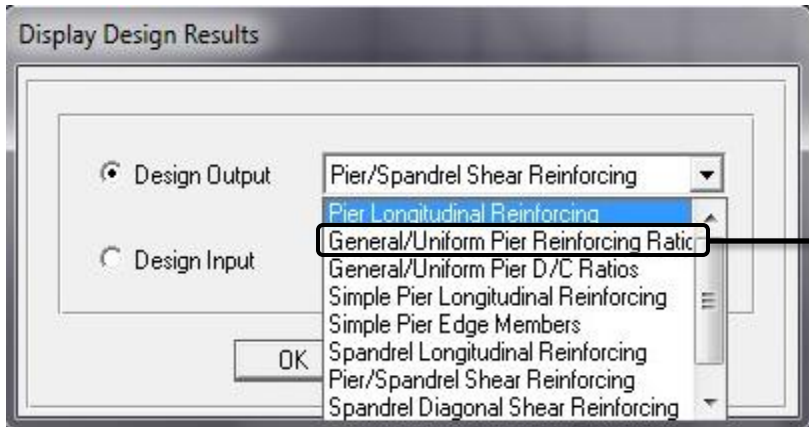
### طراحی دیوارهای برشی بازشودار (بدون المان لبه‌ای):

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:

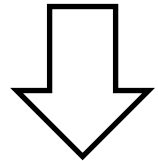


شروع به طراحی دیوارهای برشی بازشودار (بدون المان لبه‌ای):

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



$$\rho_{\min}=0.0025 \leq \rho=0.012 \leq \rho_{\max}=0.02 \Rightarrow \text{OK}$$

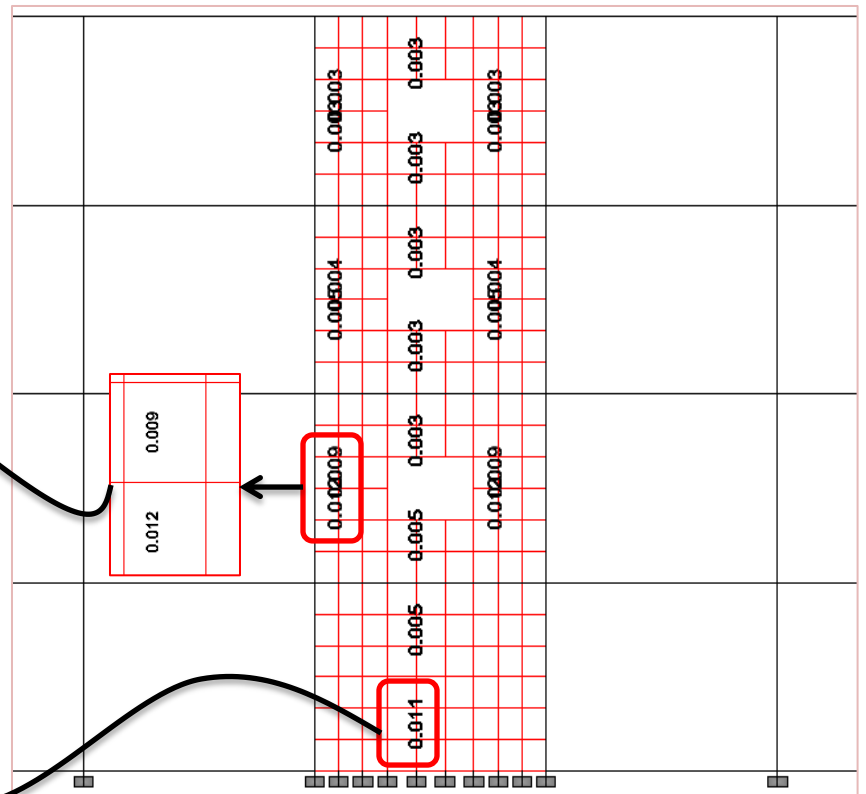
$$A_s = \rho * b * d = 0.012 * 25 * 145 = 43.5 \text{ cm}^2$$

⇒ use Ø20 @ 20 cm

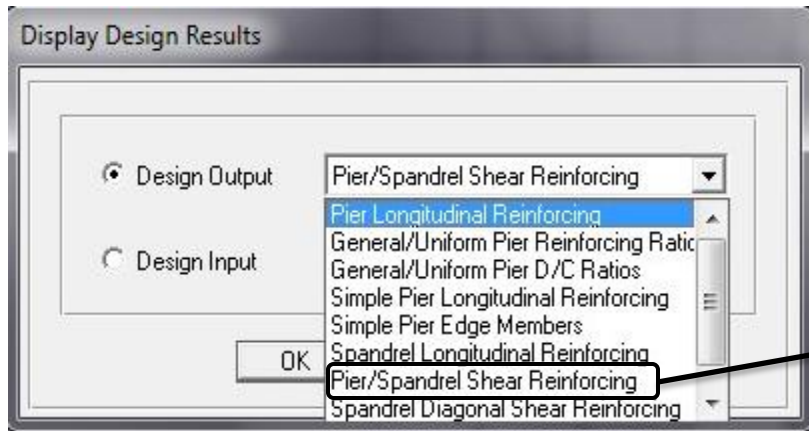
$$\rho_{\min}=0.0025 \leq \rho=0.011 \leq \rho_{\max}=0.02 \Rightarrow \text{OK}$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.011 * 25 * 440 = 121 \text{ cm}^2$$

⇒ use Ø20 @ 20 cm





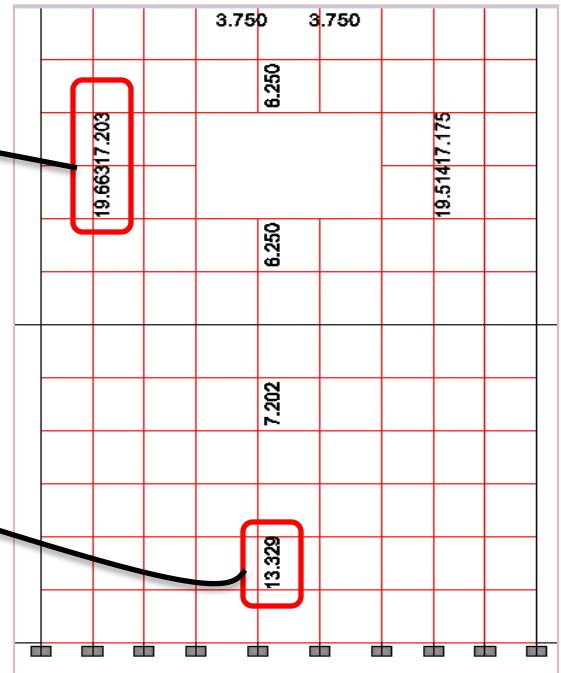


میلگرد عرضی مورد نیاز در واحد طول  
( $A_v/S$ )



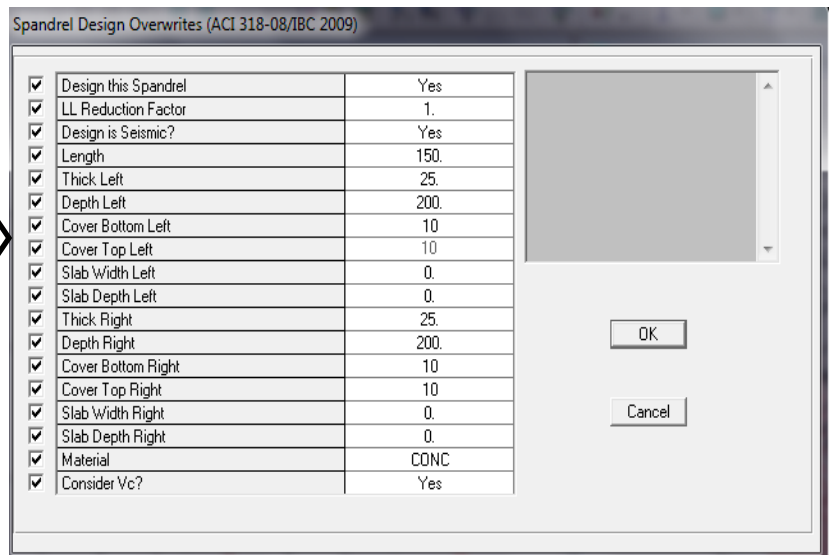
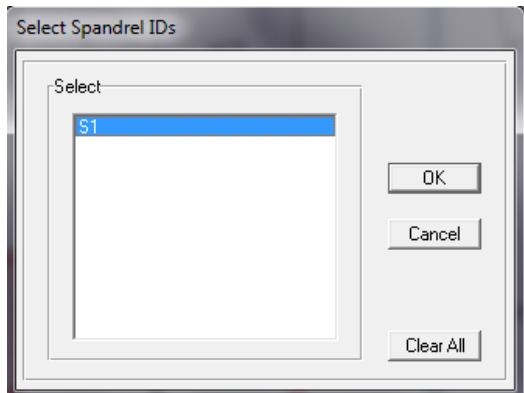
- ⇒  $\frac{A_v}{s} = 19.66 \frac{cm^2}{m} \Rightarrow A_v = 19.66 * 0.3 = 5.89 cm^2$
- ⇒ use Ø20 @ 30 cm (2 layer)

- ⇒  $\frac{A_v}{s} = 13.33 \frac{cm^2}{m} \Rightarrow A_v = 13.33 * 0.3 = 4 cm^2$
- ⇒ use Ø16 @ 30 cm (2 layer)

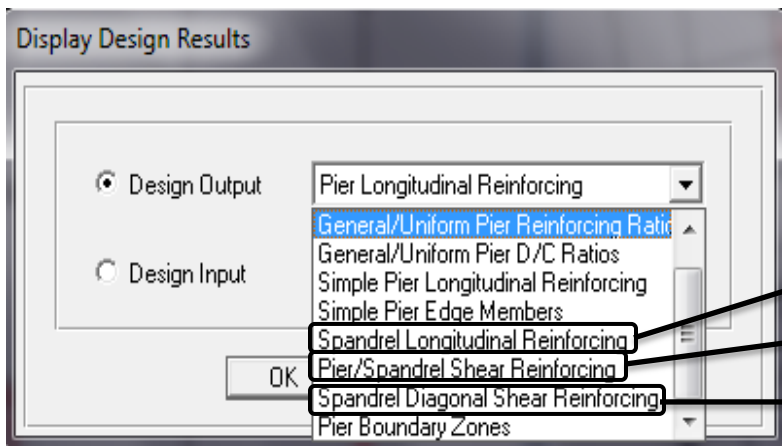


### طراحی تیرهای همبند در دیوار همبسته:

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:



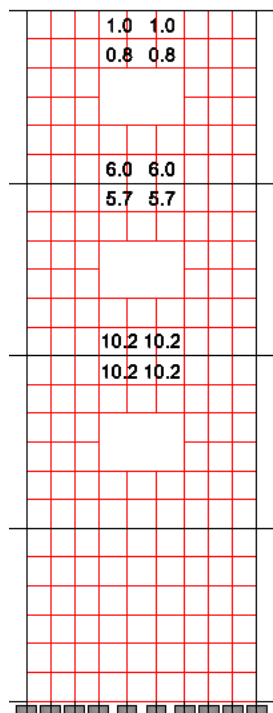
برای مشاهده نتایج باید به منوی **Design>SWD>Display Design Info** برویم:



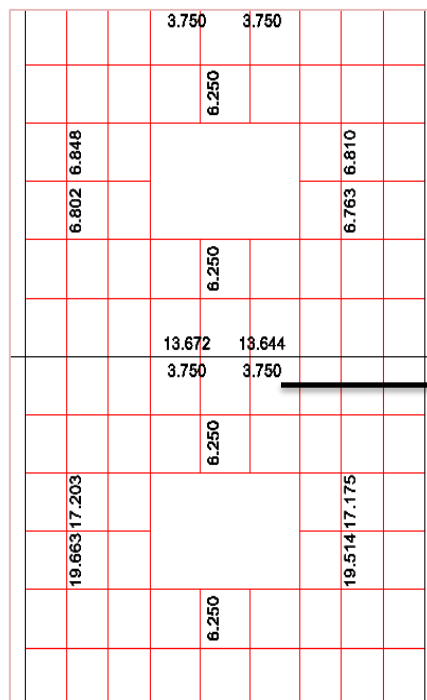
میلگردهای خمشی تیرهای همبند

میلگردهای برشی افقی و عمودی تیرهای همبند

میلگردهای قطری تیرهای همبند



میلگردهای خمشی تیرهای همبند



میلگردهای برشی افقی و عمودی تیرهای همبند

Station Location	Adiag cm <sup>2</sup>
Left	27.002
Right	26.965

میلگردهای قطری تیرهای همبند

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

۹-۱۵-۱۴-۳-۱ سطح مقطع آرماتور برشی  $A_v$  نباید کمتر از  $0.0025b_w S_n$  اختیار شود. فاصله این آرماتورها نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{3}$  و ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

۹-۱۵-۱۴-۳-۲ سطح مقطع آرماتور برشی  $A_{vh}$  نباید کمتر از  $0.0015b_w S_n$  اختیار شود. فاصله میلگردهای این آرماتورها نیز نباید از مقادیر  $\frac{d}{5}$  و ۳۰۰ میلی‌متر 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  $S_n$ ، 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  $2A_{cv}V_c$  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 (۹-۲۳-۴-۳-۶) محاسبه می‌شود:

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2f_{yd} \sin \alpha} \quad (۹-۲۳-۴-۳-۶)$$

در این رابطه  $\alpha$  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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> /m	Ahoriz cm <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup>	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:

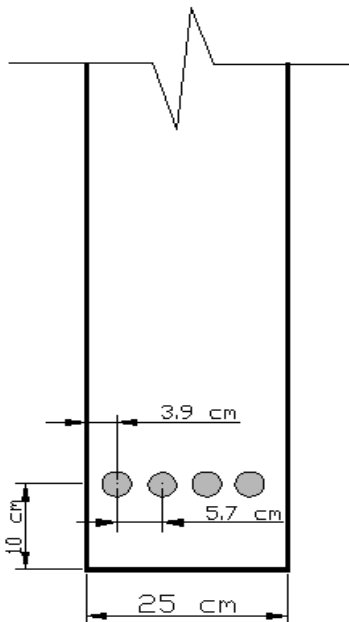
گام اول: بررسی درصد فولاد طولی تیر همبند:

$$\max\left\{\frac{1.4}{400} = 0.3\%, \frac{0.25\sqrt{25}}{400} = 0.3\%\right\} = 0.3\% \leq \rho = \frac{2 \times 10.16}{25 \times 190} = 0.43\% \leq 2.5\% \Rightarrow \text{ok}$$

گام دوم: طراحی میلگردهای سراسری طولی تیر همبند:

$$A_s = 10.16 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_s = n\pi d^2/4 \Rightarrow \text{if } \Rightarrow d = 18\text{mm} \Rightarrow n = 4$$

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:

$$\text{فاصله مرکز به مرکز} = [250 - 2 \times (20 + 10 + 9)] / 3 = 57 \text{ mm} < 200 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

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

طراحی برشی:

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

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

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

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

$$Av = 13.67 \frac{\text{cm}^2}{m} = 13.67 * 0.2 = 2.75 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \mathbf{1.25 \text{ cm}^2 \leq 2.75 \text{ cm}^2 \leq 10 \text{ cm}^2} \quad \text{ok}$$

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

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

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

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

$$Avh = 3.75 \frac{\text{cm}^2}{m} = 3.75 * 0.2 = 0.75 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \mathbf{0.75 \text{ cm}^2 \leq 0.75 \text{ cm}^2 \leq 10 \text{ cm}^2} \quad \text{ok}$$

گام سوم: طراحی میلگردهای برشی قائم و افقی:

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

$$\Rightarrow Av = n * \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * Av}{n * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 20.5}{16 * 3.1416}} = 18\text{mm} \Rightarrow \mathbf{\text{use } \varnothing 14 @ 20\text{cm}}$$

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

$$\Rightarrow Av = n * \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * Av}{n * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 6.75}{18 * 3.1416}} = 10\text{mm} \Rightarrow \mathbf{\text{use } \varnothing 8 @ 20\text{cm}}$$

طراحی میلگردهای قطری:

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

میلگردهای عرضی برای آرماتور قطری:

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

$$\Rightarrow \text{use } \varnothing 8 @ 12.5 \text{ cm}$$

## طراحی دیوارهای برشی بازشودار (دمبلی شکل):

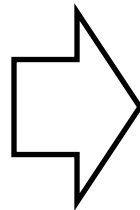
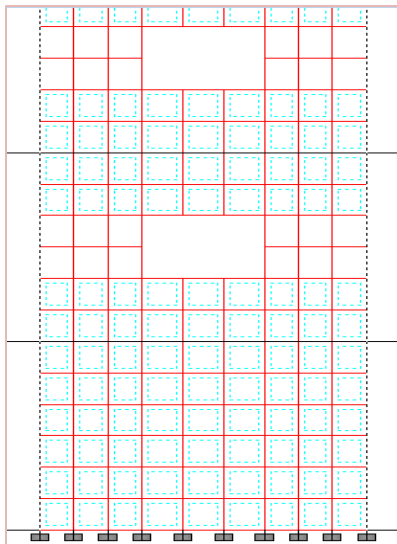
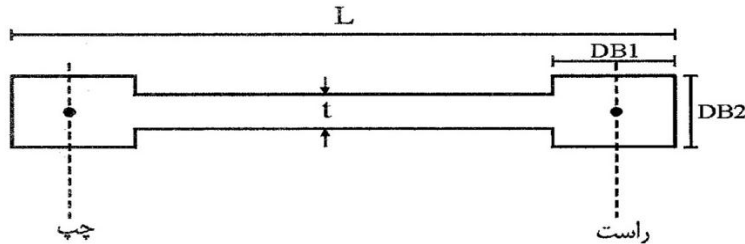
روش میلگرد گذاری یکنواخت (**Uniform Reinforcing**) مخصوص دیوارهای مستطیلی شکل می باشد و برای دیوارهای برشی بازشودار به شکل دمبل از روش طراحی ساده (**Simplified T and C**) استفاده می کنیم. برای این کار مراحل زیر را انجام می دهیم:

✓ ابتدا دستور **Select > by Pier Ids** را اجرا کرده و نوع دیوار مورد نظر را انتخاب می کنیم.

✓ 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 گزینه های مربوط به

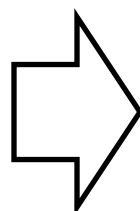
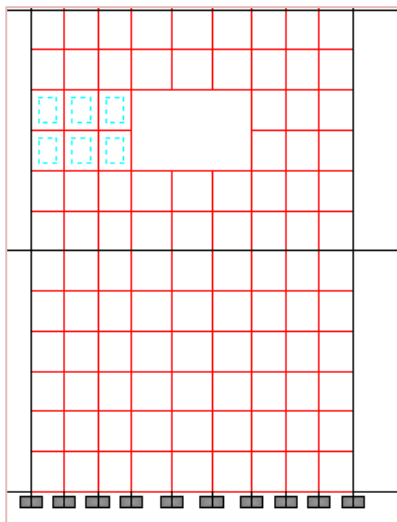
مشخصات دیوار را می زنیم و مشخصات آن ها را مطابق شکل زیر انجام می دهیم:



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

<input checked="" type="checkbox"/>	Design this Pier?	Yes
<input type="checkbox"/>	LL Reduction Factor	
<input checked="" type="checkbox"/>	Design is Seismic?	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Pier Section Type	Simplified T and C
<input checked="" type="checkbox"/>	Thick Bottom	25
<input checked="" type="checkbox"/>	Length Bottom	440
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Left Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Left Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Right Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Right Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	Thick Top	25
<input checked="" type="checkbox"/>	Length Top	440
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Left Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Left Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Right Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Right Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	Material	CONC
<input type="checkbox"/>	Edge Design PT-Max	
<input type="checkbox"/>	Edge Design PC-Max	

OK Cancel



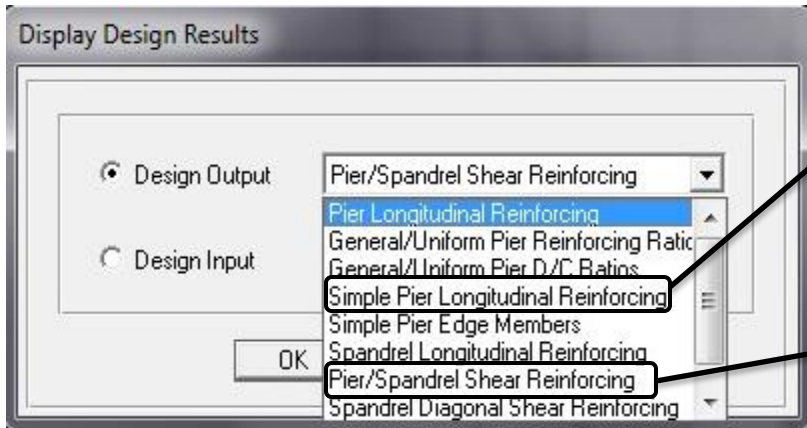
Pier Design Overwrites - Simplified T and C (ACI 318-08/IBC 2009)

<input checked="" type="checkbox"/>	Design this Pier?	Yes
<input type="checkbox"/>	LL Reduction Factor	
<input checked="" type="checkbox"/>	Design is Seismic?	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Pier Section Type	Simplified T and C
<input checked="" type="checkbox"/>	Thick Bottom	25
<input checked="" type="checkbox"/>	Length Bottom	145
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Left Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Left Bottom	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Right Bottom	0
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Right Bottom	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Thick Top	25
<input checked="" type="checkbox"/>	Length Top	145
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Left Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Left Top	40
<input checked="" type="checkbox"/>	DB1 Right Top	0
<input checked="" type="checkbox"/>	DB2 Right Top	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Material	CONC
<input type="checkbox"/>	Edge Design PT-Max	
<input type="checkbox"/>	Edge Design PC-Max	

OK Cancel

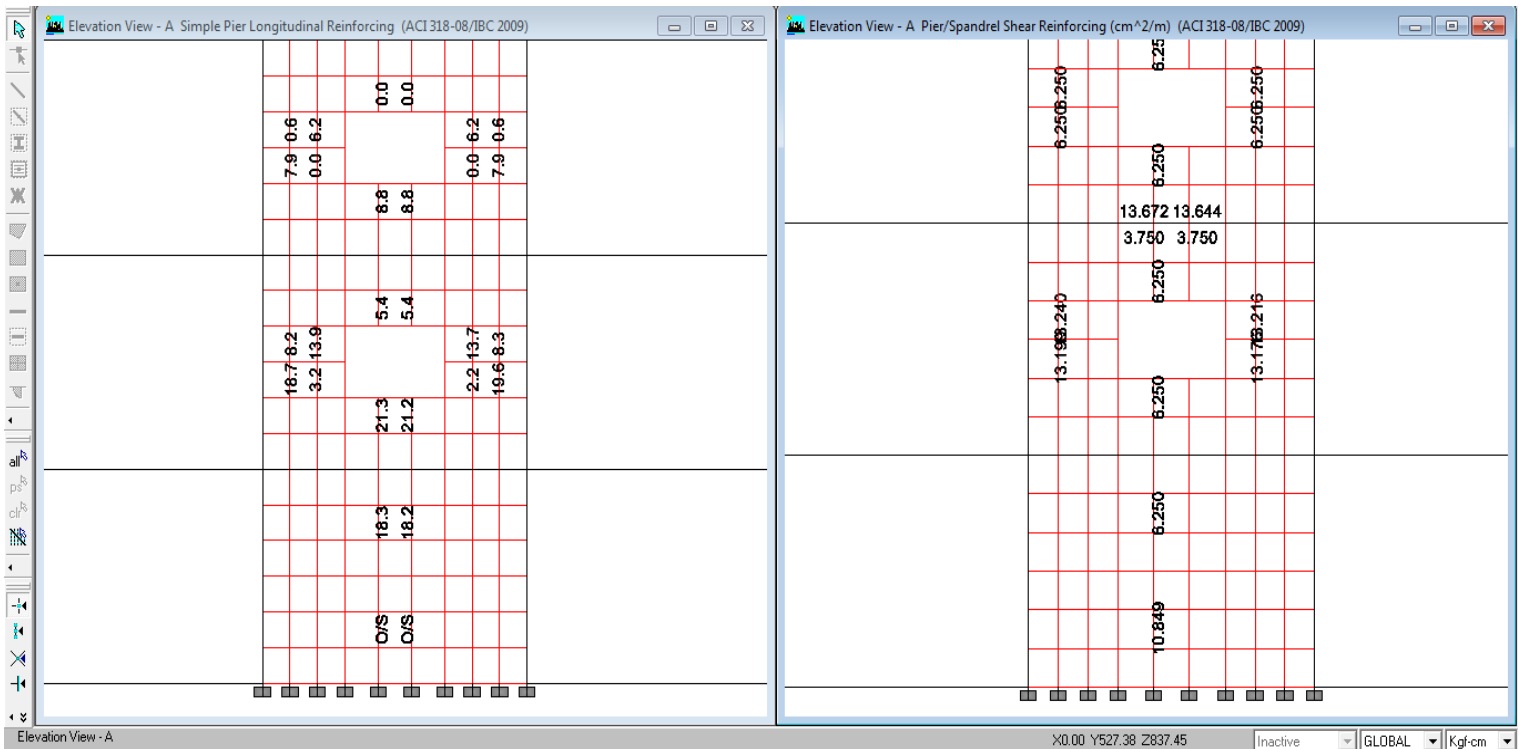
شروع به طراحی دیوارهای برشی بازشودار (دمبلی شکل):

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:



میلگرد طولی مورد نیاز در المان مرزی

میلگرد عرضی مورد نیاز در واحد طول  
( $A_v/S$ )



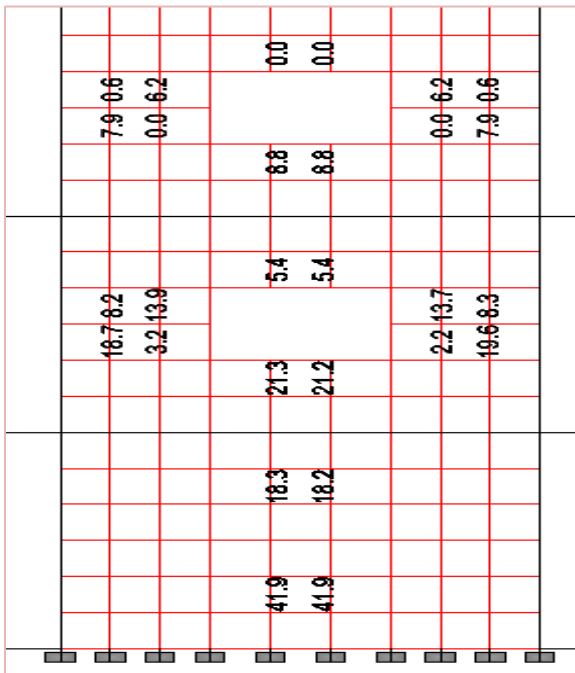
**نکته:** در این روش برنامه ابتدا  $A_s$  را محاسبه نموده و درصد میلگرد را از مساحتی که برای المان لبه‌ای ( $DB1 * DB2$ ) معرفی کردیم بدست می‌آورد و سپس با مقدار حداکثر که از منوی **Options > Preferences > Shear Wall Design** وارد نموده‌ایم مقایسه می‌کند. اگر درصد موجود کمتر از مقدار درصد حداکثر باشد برنامه در خروجی مقدار  $A_s$  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  $A_s$  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)

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

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

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	Rebar cm <sup>2</sup>	Tension Combo	Pu	Mu
Left Top	40.000	18.282	COMB9	83694.259	43064782.679	
Right Top	40.000	18.231	COMB10	83694.259	-42991802.81	
Left Bottom	40.000	41.932	COMB9	90444.259	78471171.225	
Right Bottom	40.000	41.878	COMB10	90444.259	-78392998.92	

Station	Location	Edge-Length	Compression Rebar cm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> /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	90444.259	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	123303.495	42996577.481	52.031	50.000	40.000	104.762
Left Bot	20.000	COMB6	132303.503	-78478494.97	63.155	50.000	40.000	104.762
Right Bot	20.000	COMB5	132303.495	78385675.175	63.085	50.000	40.000	104.762

Combos... Overwrites... OK Cancel

Display Design Results

Design Output  Pier Boundary Zones

Design Input

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  $0.2 * f_c$  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

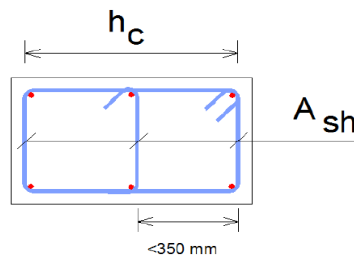
بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر اختیار شود و میلگردهای افقی باید داخل آرماتورهای قائم قرار گیرند.

در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

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

۲-۳-۲-۴-۲۳-۹ 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 (۳-۲۳-۹) و (۴-۲۳-۹) باشد:

$$A_{Sh} = 0.46(S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}}) (\frac{A_g}{A_{ch}} - 1) \quad (3-23-9)$$



$$A_{Sh} = 0.14 \times S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \quad (4-23-9)$$

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

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

$f_{yh}$  = مقاومت مشخصه آرماتور عرضی، مگاپاسکال

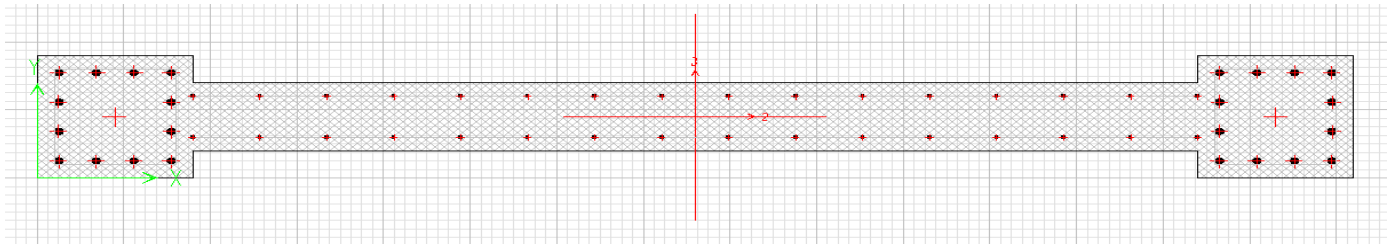
۲-۳-۲-۴-۲۳-۹ قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

الف- یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون  
 ب- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی  
 پ- ۱۲۵ میلی‌متر

۲-۳-۲-۴-۲۳-۹ در قسمت‌هایی از طول عضو که آرماتورگذاری 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 هر حال 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		
<b>Flexural Check for P-M2-M3 (RLLF = 0.400)</b>							
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		
<b>Shear Design</b>							
Station Location	Rebar cm <sup>2</sup> /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
<b>Boundary Element Check</b>							
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	

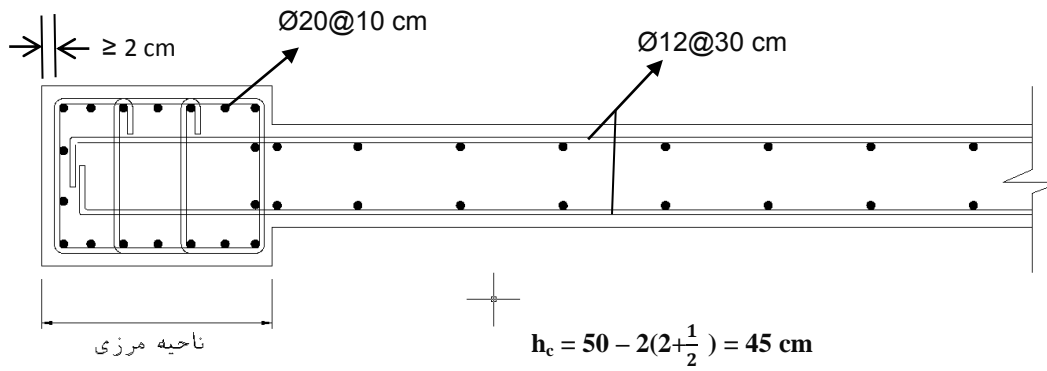
(حل)

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 سانتی‌متر 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 سانتی‌متر در نظر می‌گیریم.

محاسبه ارتفاع اجزاء مرزی:

$$\text{مرزی المان ارتفاع} = \{L \quad u\} = \{ \quad 1365.5 \quad * 1.204 = 284 \} =$$

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 :

$$= 0.14 * S * hc \frac{cd}{sh} \implies \frac{sh}{cd} = 0.14 * \frac{0.65 *}{0.14} = 0.34$$

فاصله بین خاموت‌های عرضی ویژه:

$$\text{in}\left\{ \frac{hc}{6} = 11.25, 6 * 2 = 12, 12.5 \right\} =$$

$$= 0.34 \implies A_{sh} = 0.34 * 10 = 3.4 \text{ cm}^2 \implies \text{use } 4\text{Ø}12$$