

مقطع تیر یا ورق تقویتی، گزینه Add Nonprismatic را انتخاب کنید.

از هر روشی که برای تعریف مقاطع استفاده کنید، پس از تعریف مقطع، آن مقطع به لیست مقاطع افزوده می گردد. پس از افزوده شدن آن مقطع، برای آنکه بتوانید مشخصات آن مقطع را مشاهده کنید، آن مقطع را انتخاب کرده و دکمه Modify/Show Property... را کلیک نمایید. پنجره ای باز خواهد شد، که در آن مشخصات هندسی مقطع را می توانید ببینید.

در قسمت Material STEEL می توانید، از لیست، جنس مقطع را بر اساس مصالحی که قبلاً تعریف کرده اید، انتخاب کرده و تغییر دهید.

در قسمت Properties Section Properties... با کلیک روی دکمه، می توانید مشخصات مکانیکی مقطع را مشاهده نمایید. این مشخصات عبارت است از مساحت، ثابت پیچشی، ممان اینرسی، اساس مقطع، شعاع ژیراسیون، اساس مقطع پلاستیک و مساحت های برشی است.

Properties			
Cross-section (axial) area	0.0637	Section modulus about 3 axis	0.0175
Torsional constant	7.076E-05	Section modulus about 2 axis	2.921E-03
Moment of Inertia about 3 axis	6.743E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0203
Moment of Inertia about 2 axis	5.453E-04	Plastic modulus about 2 axis	4.572E-03
Shear area in 2 direction	0.0271	Radius of Gyration about 3 axis	0.3111
Shear area in 3 direction	0.0392	Radius of Gyration about 2 axis	0.0885

در قسمت Property Modifiers Set Modifiers... می توانید یک سری ضرائب اصلاح برای مشخصات مکانیکی مقطع در نظر بگیرید. بطور معمول برای در نظر گرفتن اثر ترک خوردگی در مقاطع بتنی، بایستی ممان اینرسی آنها را کاهش داد. بدین منظور مطابق آئین نامه ACI 318 و یا مبحث نهم مقررات ملی، برای تیرها این ضریب کاهشی عدد 0.35 و برای ستونها عدد 0.7 می باشد. در این صورت از این گزینه برای تصحیح استفاده می کنیم. همچنین ممکن است برای بعضی از مقاطع بخواهیم برای بعضی

مشخصات، صلبیت تعریف کنیم. مثلاً بخواهیم به برنامه بگوئیم سختی خمشی یا برشی یا محوری مقطع بی نهایت است - صلب خمشی، برشی یا محوری است - . در صورتی که بخواهیم مقطعی را صلب خمشی کنیم، ممان اینرسی آن را در یک عدد بزرگ (مثلاً در  $10^5$ ) ضرب می کنیم. دقت کنید که این عدد نبایستی خیلی بزرگ - مثلاً  $10^{20}$ ، بسته به دقت عددی کامپیوتر- باشد، زیرا در این صورت برنامه در هنگام تحلیل دچار ناپایداری عددی شده و پیغام هشدار (Warning) می دهد. در صورتی که بخواهیم مقطعی را صلب محوری کنیم نیز به همین ترتیب، مساحت مقطع را در یک عدد بزرگ (مثلاً در  $10^5$ ) ضرب می کنیم. اما اگر بخواهیم مقطعی را صلب برشی کنیم، بایستی مساحت برشی آنرا در عدد صفر ضرب نمائیم.

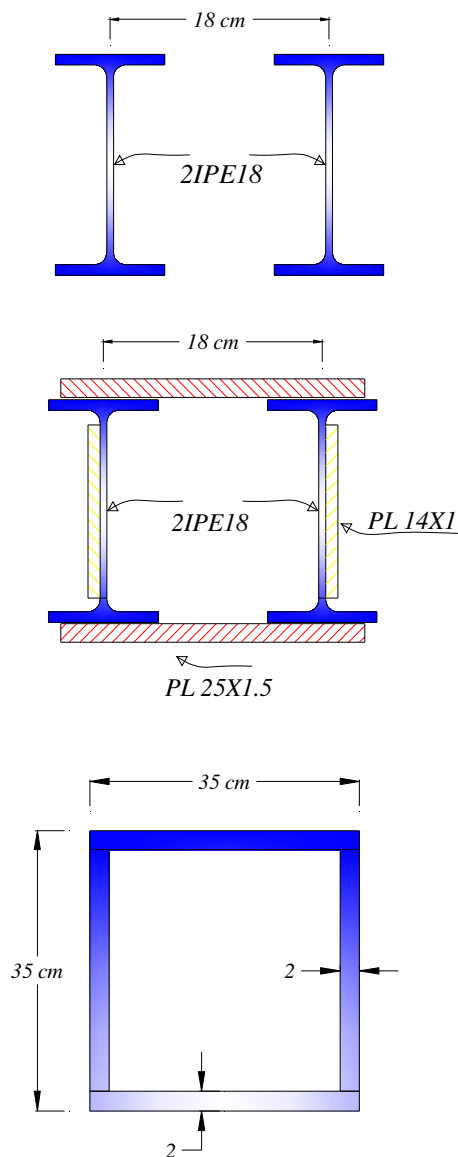
**تمرین 1:** مقاطع فلزی زیر را که در بازار ایران نیز موجود است، وارد برنامه ETABS کنید:

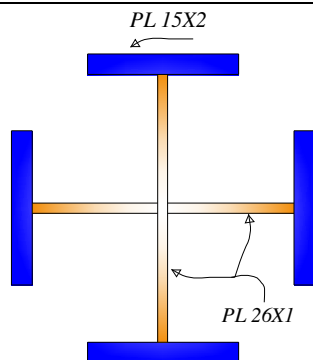
IPE12-IPE14-IPE16-IPE18-IPE20-IPE22-IPE24-IPE27-IPE30

UNP8-UNP10-UNP12-UNP14-UNP16-UNP18-UNP20-UNP22-UNP24

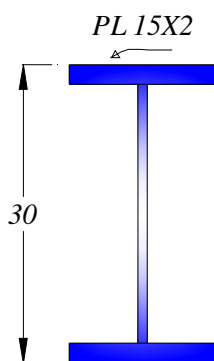
L50X5-L60X6-L70X7-L80X8-L100X10-L120X12

**تمرین 2:** مقاطع مربوط به ستون ترسیم شده در زیر را، به هر صورت که می توانید در برنامه ETABS تعریف کنید:

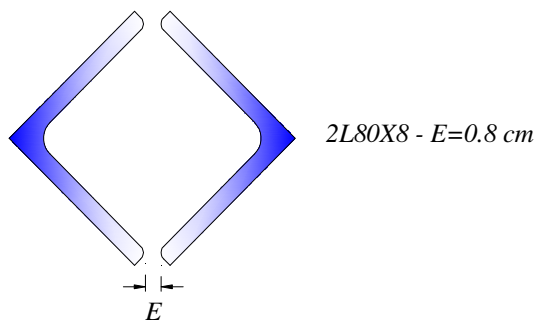
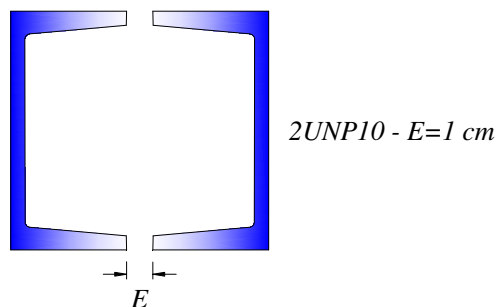




تمرین 3: تیورق نشان داده شده در زیر را، به هر صورت که می توانید، در برنامه ETABS تعریف کنید:



تمرین 4: مقاطع مهاربندی نشان داده شده در زیر را، به هر صورت که می توانید، در برنامه ETABS تعریف کنید:



تمرین 5: مقطعی با مشخصات زیر را در برنامه ETABS تعریف کنید. واحدها بر حسب سانتیمتر اند.

$A=67.2$   $J=51$   $I_{33}=7650$   $I_{22}=651$   $AS_2=25$   $AS_3=37.7$   $S_{33}=588$   $S_{22}=99$   $Z_{33}=675$   $Z_{22}=154$

$$r_{33}=10.7 \quad r_{22}=3.1$$

بعد کلی مقطع در راستای محور 2 برابر 26 cm و در راستای محور 3 برابر 13.1 cm است.

### راهنمایی:

برای انجام تمرین 1، از قسمت Import ... استفاده کرده و سپس نام فایل Euro.pro را که در پوشه ای که در آن ETABS نصب شده است، معرفی کنید.

برای انجام تمرین 2، مقاطع اولی و دومی، از پروفیلهایی که در قسمت قیل وارد برنامه کردید، استفاده کنید. برای کنارهم گذاشتن این مقاطع، از برنامه Section Designer(SD Section) استفاده کنید.

برای انجام تمرین 2، قسمت سوم (مقطع جعبه ای)، از گزینه Add Box/Tube استفاده نمائید.

برای انجام تمرین 2، قسمت چهارم (مقطع صلیبی)، از برنامه Section Designer(SD Section) استفاده کرده و از گزینه مربوط به رسم تسمه استفاده کنید.

برای انجام تمرین 3، از گزینه Add I/Wide Flange استفاده نمائید.

برای انجام تمرین 4، از برنامه Section Designer(SD Section) استفاده کنید. در اینجا از مقاطع استاندارد استفاده کنید که در تمرین 1 وارد کرده اید، استفاده نمائید.

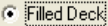
برای انجام تمرین 5، از گزینه Add General استفاده نمائید.

3. با استفاده از گزینه Define>Wall / Slab / Deck Section (کفها - دیوارها و رمپها) را معرفی کنید.

✓ برای تعریف سقف با عملکرد یک طرفه، مقطع نوع Deck را انتخاب کرده و دکمه Modify/Show Property... را فشار دهید.

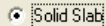
• **Unfilled Deck** برای تعریف هر نوع سقف با عملکرد یک طرفه (تیرچه بلوک - تاق ضربی - کامپوزیت)، دکمه دومی

را انتخاب کرده و وزن واحد سطح کف فلزی را در قسمت Metal Deck Unit Weight: Unit Weight/Area q، عدد 0 وارد کنید. در این حالت کف با رفتار یک طرفه ای را انتخاب کرده اید که وزن آن صفر است و از این بابت چیزی در محاسبات بارگذاری لحاظ نمی گردد.

برای تعریف سقف تیرچه بلوک، راه دیگری هم وجود دارد: دکمه  را انتخاب کرده و ابعاد قسمت بتنی سقف تیرچه بلوک (تیرک و دال بتنی) را معرفی کرده و وزن واحد سطح ورق زیرین را در قسمت

Metal Deck Unit Weight  
Unit Weight/Area

، 0 بدهید. دقت کنید در صورتی که از این روش برای تعریف سقف تیرچه بلوک استفاده کنید، برنامه از ابعادی که در تعریف سقف وارد کرده اید و بر اساس جنسی که برای سقف معرفی کرده اید، وزن سقف را حساب کرده و در محاسبات بار مرده کف لحاظ خواهد کرد. بنابراین، در صورتی که این گزینه را انتخاب کرده باشید؛ بایستی در هنگام بارگذاری، وزن واحد سطح مرده مربوط به قسمت بتنی سقف را از وزن مرده کف کسر کنید. بار مرده قسمت بتنی سقف تیرچه بلوک  $25+5 \text{ cm}$  با تیرچه تک برابر  $250 \text{ kg/m}^2$  (معادل وزن 10 سانتیمتر بتن مسلح)، با تیرچه دوبل برابر  $333 \text{ kg/cm}^2$  (معادل  $13/3$  سانتیمتر بتن مسلح) است. این مقادیر برای سقف تیرچه بلوک  $20+5 \text{ cm}$  به ترتیب برابر با  $225 \text{ kg/cm}^2$  (معادل 9 سانتیمتر بتن مسلح) و  $292 \text{ kg/cm}^2$  (معادل  $11/7$  سانتیمتر بتن مسلح) است. استفاده از این گزینه باعث اضافه شدن حجم کار می شود، ولی در عوض، برنامه وزن مربوط به بتن سقف تیرچه بلوک را، برای هر طبقه حساب کرده و در خروجی ها گزارش خواهد داد. همچنین با استفاده از این گزینه می توان سقف با تیرچه تک و دوبل را جداگانه تعریف و اختصاص دهیم. در این حالت کافی است در هنگام بارگذاری بار مرده، تنها بار مرده اضافی کف را که مستقل از تعداد تیرچه است، روی کف قرار دهیم. بدین ترتیب احتمال اشتباه در بارگذاری بار مرده و به علت اختلاف بار مرده دو سقف، کاهش می یابد. نکته دیگری که اشاره به آن در این جا مهم می باشد، آن است که در صورتی که بخواهیم سقف را انعطاف پذیر (نیمه صلب یا *Semi Rigid*) مدلسازی کنیم، حتماً بایستی از این گزینه برای تعریف سقف استفاده کنید. زیرا در این صورت سختی نسبی سقف و اسکلت، در محاسبات مربوط به توزیع نیروی زلزله وارد می گردد و چنانچه از گزینه قبلی برای تعریف سقف استفاده شود، مانند آن است که اصلاً سقفی وجود ندارد. به عبارت دیگر سختی سقف صفر در نظر گرفته می شود و توزیع نیروی زلزله صحیح نبوده و نتایج آنالیز دیگر معتبر نیستند.

برای تعریف سقف کامپوزیت، علاوه بر استفاده از دو روش قبلی، راه دیگری نیز وجود دارد: دکمه سومی یعنی  را انتخاب کرده و ضخامت دال بتنی سقف کامپوزیت را در قسمت مربوطه وارد کنید. از این ضخامت در محاسبات وزن مرده سقف استفاده خواهد شد. بنابراین دقت کنید که اگر این گزینه را برای تعریف سقف کامپوزیت استفاده کرده باشید، در هنگام بارگذاری روی سقف، وزن مرده دال بتنی سقف کامپوزیت را از مقدار بار مرده ای که روی سقف می گذارید، کسر کنید؛ تا اشتباهاً دو بار در محاسبات لحاظ نگردد. استفاده از این گزینه نیز باعث افزوده شدن حجم محاسبات می گردد. اما اگر بخواهید تیرهای سقف کامپوزیت را با استفاده از برنامه ETABS طراحی کنید، حتماً بایستی نوع سقف را *Solid Slab* انتخاب نمایید. همچنین در صورتی که بخواهیم سقف کامپوزت را نیمه صلب مدل کنیم نیز دیگر نمی توانیم این سقف را با گزینه *Unfilled Deck* تعریف کنیم و حتماً بایستی آن را بصورت *Solid Slab* تعریف نماییم.

✓ برای تعریف سقف با عملکرد دو طرفه، در پنجره اصلی، مقطع نوع *SLAB* را انتخاب کرده و دکمه

Modify/Show Property... را فشار دهید.

Wall/Slab Section

Section Name: SLAB15

Material: CONC

Thickness:

Membrane: 15

Bending: 15

Type:

☐ Shell ☒ Membrane ☐ Plate

☐ Thick Plate

Load Distribution:

☐ Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color: [Green]

OK Cancel

در پنجره ای که باز می شود، ضخامت دال بتنی را وارد کنید. برای آنکه سقف عملکرد دو طرفه داشته باشد، بایستی در قسمت *Type*، نوع سقف را *Membrane* انتخاب کنید. در اینجا هم دقت داشته باشید که برنامه از ضخامتی که معرفی کرده اید، به بار مرده اضافه خواهد کرد. بنابراین بایستی در بارگذاری مرده روی کف، بار مرده مربوط به قسمت دال بتنی را کسر کنید، تا اشتباهاً دو بار در محاسبات لحاظ نگردد. به جای اینکار می توانید در قسمت مربوط *Material*، به جای انتخاب نوع بتنی برای دال، مصالحی را که با وزن و جرم صفر قبلاً معرفی کرده اید را معرفی کنید، تا ضخامت دال بتنی هیچ تأثیری در بارگذاری مرده نداشته باشد.

✓ برای تعریف دیوار برشی بتنی، در پنجره اصلی، مقطع نوع *WALL* را انتخاب کرده و دکمه *Modify/Show Property...* را فشار دهید.

Wall/Slab Section

Section Name: WALL25

Material: CONC

Thickness:

Membrane: 25

Bending: 25

Type:

☒ Shell ☐ Membrane ☐ Plate

☐ Thick Plate


Load Distribution:

☐ Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color: [Blue]

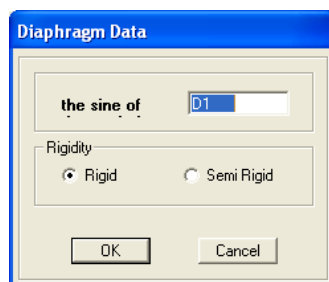
OK Cancel

در این قسمت اسم دیوار، جنس دیوار، ضخامت دیوار را وارد کنید. در ناحیه *Type*، نوع المان سطحی را یکی از انواع *Shell* یا *Membrane* انتخاب کنید. المان سطحی نوع *Membrane* یا المان غشائی، المانی است که فقط نیروهای درون صفحه ای به آن وارد می شود. در نتیجه نیروها، تنشها و کرنشهای آن هم، فقط از نوع درون صفحه ای است. این المانها اکثراً دارای ضخامت بسیار کمی هستند و بنابراین اصلاً نیروهای عمود بر صفحه را نمی توانند تحمل کنند. اگر کاغذی را از دو طرف بکشیم، مثالی از یک المان غشائی خواهد بود. همچنین دیوار برشی ای که فقط تحت نیروهای جانبی درون صفحه ای قرار دارد، مثالی از یک غشاء است. المان سطحی نوع *Plate* یا المان صفحه ای یا ورق، المانی است که فقط نیروهای عمود بر صفحه به آن وارد می شود. در نتیجه نیروها، تنشها و کرنشهای آن هم، فقط از نوع برون صفحه ای است. به عبارت دیگر، در

این نوع المان فقط لنگر خمشی و برش ناشی از لنگر به صورت درون صفحه ای وجود خواهد داشت. این المانها اکثراً دارای ضخامت مناسبی هستند. طوری که توانسته ایم بارهای خارج صفحه به آنها اعمال کنیم. کفها، فونداسیونها، بیس پلیتها و دیوارهای حائل، همگی مثالهایی از المان صفحه هستند. المانی که هم رفتار غشائی و هم رفتار صفحه ای داشته باشد، المان *Shell* یا پوسته نامیده می شود. مثلاً دیوارهای حائلی را در نظر بگیرید که هم تحت اثر فشار جانبی خاک (بار گذاری عمود بر صفحه) و هم تحت اثر بار قائمی در بالای خود (بارگذاری درون صفحه) باشد. نوع این المان، پوسته خواهد بود. از آنجا که المان پوسته، هم المان غشاء و هم المان ورق را در خود دارد، بنابراین در همه حالات می توان، نوع المان سطحی را *Shell* در نظر گرفت. در صورتی که المان سطحی، از نوع *Plate* و یا *Shell* بوده و همچنین نسبت ضخامت آن به کوچکترین بعد آن از نسبت  $1/5$  بیشتر باشد (یعنی ضخامت آن زیاد باشد)، بایستی در اینجا گزینه  را تیک بزنیم.

دقت شود که در قسمت قبل برای تعریف کف با رفتار دوطرفه، نوع المان سطحی را *Membrane* گرفتیم. این یک قرارداد است و فقط مربوط به برنامه *ETABS* می شود. برنامه *ETABS*، اگر المان نوع غشائی ای را در مدل ببیند که به جای آنکه تحت بارگذاری داخل صفحه قرار داشته باشد، تحت بارگذاری عمود بر صفحه قرار دارد، بطور قراردادی متوجه می شود که ما این المان سطحی را، فقط برای انتقال بارهای از کف به اطراف، به صورت دو طرفه مدل کرده ایم، و بنابراین احتیاجی به نیروهای داخلی آن نداریم.

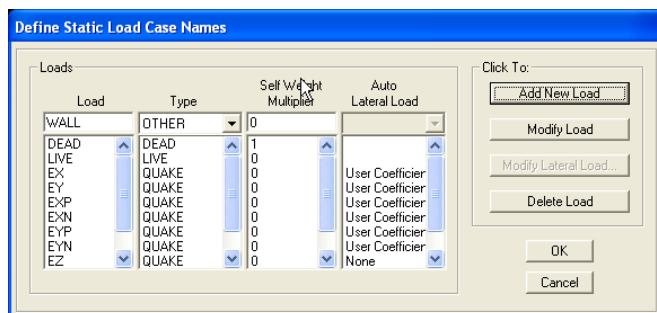
4. با استفاده از گزینه *Define > Diaphragms* نوع سقف را از نظر صلب (*Rigid*) یا غیر صلب (*Semi rigid*) بودن انتخاب کنید.



در صورت انتخاب گزینه غیرصلب، برنامه بر اساس سختی و نرمی سقف، بار جانبی را بین اعضای مقاوم جانبی مختلف پخش خواهد کرد. بنابراین در این حالت معرفی ضخامت و جنس سقف به صورت صحیح، در قسمت *Wall / Slab / Deck Section*، *Define >* مهم است و در توزیع بار جانبی تأثیر دارد. همانطور که در قسمت قبل توضیح داده شد، برای این منظور حتماً بایستی از یکی از دو گزینه *Filled Deck* و یا *Solid Slab* برای تعریف سقف استفاده شود.

برای کل ساختمان کافی است یک دیافراگم صلب معرفی کنیم. خود برنامه متوجه می شود که به کفهای طبقات مختلف، بایستی دیافراگم جداگانه اختصاص دهد. در صورتی که ساختمان طوری باشد که در پلان، دو قسمت جدا از هم داشته باشیم، بایستی در این قسمت برای هر یک، یک دیافراگم صلب جداگانه تعریف کنیم.

5. با استفاده از گزینه *Define > Static Load Cases* انواع حالت‌های بار را برای مسئله تعریف کنید.



✓ یک حالت بار به نام *DEAD* و از نوع *DEAD*، برای معرفی حالت بار مرده تعریف کنید. برای این حالت بار، ضریب در نظر گرفتن وزن خود المانهای سازه شامل: تیر- ستون- مهاربند- کف- دیوار- رمپ را در قسمت

Self Weight Multiplier

برابر با 1 وارد کنید. در این حالت برنامه بصورت اتوماتیک، وزن المانها را حساب کرده (البته در صورتی که در قسمتهای قبلی که آنها را تعریف می کردیم، وزن آنها را صفر نکرده باشیم) و پس از ضرب کردن در عدد 1، با بارگذاری مرده ای که بعداً روی المانها خواهیم گذاشت، جمع خواهد کرد. این ضریب، برای تمامی حالتهای بارگذاری دیگر بایستی 0 در نظر گرفته شود.

✓ یک حالت بار بنام *LIVE* و از نوع *LIVE*، برای معرفی حالت بار زنده تعریف کنید. و ضریب در نظر گرفتن وزن خود المانها را در آن 0 کنید.

✓ در صورتی که بخواهید به بار زنده خود، کاهش سربار را هم اعمال کنید، در اینجا بایستی یک حالت بار دیگر مثلاً بنام *LIVERED* و از نوع *LIVEREDUCE*، علاوه بر حالت بار زنده قبلی، تعریف نمایید. در این صورت در هنگام بارگذاری روی عناصر، در صورتی که بخواهید بار زنده بدون کاهش سربار را اعمال کنید، نوع بار را *LIVE* و در صورتی که بخواهید بار زنده با کاهش سربار اعمال کنید، نوع بار را *LIVEREDUCE* انتخاب نمایید.


برای تعریف فرمولهای کاهش سربار تیرها و ستونها از گزینه *Options>Preferences>Live Load Reduction...* استفاده کنید.


✓ به تعداد جهت های بار زلزله ای که دارید، حالت بار از نوع *QUAKE* تعریف کنید. مثلاً برای بارگذاری زلزله در جهت محور *x*، حالت باری به نام *EX* و برای بارگذاری زلزله در جهت *y*، حالت باری بنام *EY* را تعریف کنید. در صورتی که بخواهید، برون محوری اتفاقی را هم در بارگذاری زلزله در نظر بگیرید، بایستی برای هر کدام، یک حالت بار جداگانه از نوع *QUAKE* تعریف کنید. مثلاً در این حالت به جای تعریف دو حالت بار زلزله در دو جهت *x,y* به نامهای *EX* و *EY*، بایستی شش حالت بار به نامهای *EX*، *EY*، *EXP*، *EYN*، *EYP*، *EXN* را از نوع *QUAKE* تعریف کنید. ضریب لحاظ کردن بار مرده را برای این حالتهای بار، 0 وارد کنید. در صورتی که بخواهید برای بارگذاری زلزله، فقط ضریب برش پایه *C* را به برنامه معرفی کنید

تا خود برنامه بارگذاری زلزله را انجام بدهد، در قسمت *Auto Lateral Load*، نوع بارگذاری جانبی را *User*، *Coeficient* انتخاب کنید. پس از معرفی هر حالت بار، بایستی دکمه *Add New Load* را کلیک کنید تا حالت بار تعریف شده، به لیست حالتهای بارها اضافه شود. حال دکمه *Modify Lateral Load...* را کلیک کنید، تا بتوانید پارامترهای لرزه ای را وارد کنید. در این حالت فرمی به شکل زیر را خواهید دید.


در قسمت اول بایستی محور بارگذاری زلزله مربوط به حالت بار را انتخاب کنید. مثلاً اگر زلزله جهت *y* (*EY*) را



می خواهید تعریف کنید، در این قسمت دکمه  را انتخاب نمایید و در صورتی که می خواهید حالت بار زلزله جهت  $Y$  با در نظر گرفتن برون محوری اتفاقی مثبت را وارد کنید ( $EXP$ )، در این قسمت را انتخاب کنید و به همین ترتیب. در صورتی که یکی از حالت‌های با برون محوری را انتخاب

کرده باشید، در قسمت  مقدار برون محوری را بر طبق آئین نامه وارد نمایید. در صورتی که بخواهید برای هر طبقه مقدار برون محوری متفاوتی را تعریف کنید، از قسمت *Override* استفاده

% Eccentricity   
 Override Eccentricities

نمایید. در قسمت  رنج طبقاتی را که می خواهید بار زلزله بین آنها توزیع شود را مشخص کنید. مثلاً اگر خرپشته را مدلسازی کرده باشید، و طبق آئین نامه نخواهید بار زلزله را به خرپشته هم اعمال کنید، در قسمت *Top Story*، نام طبقه بام را انتخاب نمایید. در قسمت ضریب برش پایه جهت مورد نظر را که قبلاً محاسبه کرده اید، وارد نمایید. در قسمت *Building Height Exp., K* عدد  $I$  را وارد کنید. این ضریب مربوط به نحوه توزیع بار جانبی در ارتفاع می باشد.

Story Range  
 Top Story   
 Bottom Story

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

در آئین نامه 2800 ایران، نحوه توزیع برش پایه بین طبقات، به صورت رابطه  $F_i = (V - F_t) \frac{W_i h_i^k}{\sum W_i h_i^k}$

می باشد. در این رابطه  $k=1$  است و الگوی توزیع برش پایه در طبقات را بفرم خطی می دهد. در بعضی از آئین نامه ها، این توان وابسته به مقدار پریود طبیعی ارتعاشی سازه (به عبارتی ارتفاع سازه) معرفی شده است. توزیع خطی بدان علت است که فرض می شود مود ارتعاشی حاکم بر سازه در هنگام زلزله، مود اول است. مود اول ارتعاشی سازه ها بسیار نزدیک به فرم خطی است. این فرض برای سازه های کوتاه و منظم صحیح است. بنابراین در صورتی که سازه نامنظم یا بلند باشد، طبق آئین نامه 2800، بایستی بار زلزله را با استفاده از روشهای تحلیل دینامیکی بین طبقات توزیع کنیم. دقت شود که طبق آئین نامه، حتی اگر ساختمان را بصورت دینامیکی تحلیل بکنید، باز هم بایستی برش بدست آمده از تحلیل دینامیکی را طوری افزایش یا کاهش دهید که مقدار آن به اندازه برش پایه حالت استاتیکی شود (البته اگر ساختمان منظم باشد و برش پایه دینامیکی کمتر از 90% برش پایه استاتیکی باشد، می توان برش پایه دینامیکی را 90% برش پایه استاتیکی در نظر گرفت). بنابراین با در نظر گرفته این موضوع، تنها تفاوت بین تحلیل استاتیکی و تحلیل دینامیکی، در استفاده از فرمول فوق برای توزیع برش پایه استاتیکی و یا استفاده از تحلیل دینامیکی برای توزیع برش پایه استاتیکی، بین طبقات می باشد.

در هر صورت برای آنکه طبق آئین نامه 2800 ایران توزیع برش پایه را بفرم استاتیکی انجام دهیم، بایستی در قسمت فوق  $k$  را عدد  $I$  معرفی کنیم.

نکته ای که بایستی دقت شود آن است که در صورتی که از گزینه *User Coefficient* برای بارگذاری زلزله استفاده شود، برنامه مقدار اثر شلاقی زلزله ( $F_t$ ) را در بالاترین تراز سازه لحاظ نخواهد کرد. به عبارت دیگر، در صورتی که پریود طبیعی سازه از عدد  $0.7s$  بیشتر باشد، استفاده از این گزینه برای بارگذاری لرزه ای توسط برنامه، مناسب نیست. برای این حالت، بایستی بارگذاری زلزله را مطابق آئین نامه *UBC 94*، که بسیار شبیه به آئین نامه 2800 است، انجام دهیم. در این صورت لازم نیست ضریب برش پایه را به برنامه معرفی کنیم، بلکه فقط پارامترهای مربوطه را معرفی می کنیم تا خود برنامه ضریب  $C$  را حساب کند. برای این کار، در قسمت

گزینه ،  را انتخاب نمایید. پس از اضافه کردن حالت بار مربوطه به لیست حالت‌های بارگذاری، دکمه  را کلیک کنید. در این قسمت، پنجره ای به فرم زیر را خواهید دید.

در قسمت اول، راستای بارگذاری زلزله را مثل شرحی که در قسمت قبل داده شد انتخاب کنید. در قسمت *Time Period*، گزینه *User Defined* را انتخاب کرده و پریود طبیعی سازه را معرفی نمایید. در قسمت *Story Range*، رنج طبقاتی را که بار زلزله بین آنها توزیع می شود را انتخاب کنید. در قسمت *Factors*، ضریب رفتار سازه را وارد کنید. در قسمت *Seismic Zone Factor, Z*، گزینه *User Defined* را انتخاب کرده و شتاب مبنای طرح را وارد کنید. دقت کنید که فرمول محاسبه برش پایه طبق آئین نامه UBC 94 به صورت  $V = \frac{ZIC}{R_w}$  است. در این رابطه  $Z$  شتاب مبنای طرح،  $I$  ضریب اهمیت ساختمان،  $R_w$  ضریب رفتار سازه است.  $C$  ضریبی است که وابسته به پریود طبیعی سازه و نوع خاک است و از رابطه  $C = \frac{1.25S}{T^3} \leq 2.75$  بدست می آید (همچنین در آئین نامه UBC 94 محدودیت  $\frac{C}{R_w} \geq 0.075$  وجود دارد که این محدودیت در آئین نامه 2800، بصورت  $\frac{B}{R} \geq 0.10$  است.  $C$  آئین نامه UBC94 با  $B$  آئین نامه 2800 یکی است). از طرفی طبق آئین نامه 2800 ایران، رابطه ضریب برش پایه، به صورت  $V = \frac{ABI}{R}$  است که در آن  $B$  وابسته به پریود طبیعی سازه، نوع خاک و منطقه لرزه خیزی است. بنابراین برای آنکه آئین نامه 2800 را با آئین نامه UBC 94 شبیه سازی کنیم، کافی است مقدار  $B$  را طبق آئین نامه 2800 ایران محاسبه کرده، سپس آنرا با مقدار  $C$  آئین نامه UBC 94 مساوی قرار دهیم، تا مقدار  $S$  تنها مجهول مسئله بدست آید. حال در پنجره فوق، در قسمت *Site Coefficient, S* بایستی ضریب  $S$  و در قسمت *Importance Factor, I* بایستی ضریب اهمیت سازه را وارد نماییم. از آنجا که اعداد قسمت  $S$  فقط اعداد 1، 1.2، 1.5، 2 هستند و عدد دیگری را نمی توان وارد کرد، و از طرفی اثر ضریب  $S$  و  $I$  در آئین نامه UBC 94، هر دو خطی است، بنابراین در قسمت مربوط به وارد کردن  $S$ ، عدد مربوط به ضریب اهمیت را وارد می کنیم و در قسمت مربوط به وارد کردن  $I$ ، عدد مربوط به وارد کردن  $S$  را می نویسیم. نحوه محاسبه نیروی شلاقی و محدودیت مربوطه، در آئین نامه UBC 94، دقیقاً مانند آئین نامه 2800 می باشد. در هر دو، از فرمول زیر برای محاسبه  $F_t$  استفاده می گردد:

$$\text{If } T \leq 0.7 \text{ sec, then } F_t = 0$$

$$\text{If } T > 0.7 \text{ sec, then } F_t = 0.07TV \leq 0.25V$$

به این نکته دقت داشته باشید که مقدار ضریب رفتاری ( $R$ ) را که آئین نامه 2800 ارائه کرده، برای وقتی است که طراحی به روش تنش مجاز باشد. مثلاً وقتی سازه ای فلزی را بر اساس مبحث دهم و به روش تنش مجاز طراحی می کنیم، از همان مقدار ضریب رفتاری که آئین نامه 2800 ارائه کرده است، استفاده می کنیم. اما در صورتی که روش طراحی، روش حدی یا  $LSD$  (مانند روش طراحی مبحث نهم) و یا روش مقاومت نهائی یا  $USD$  باشد (مانند روش طرح بتن در آئین نامه  $ACI 318$ ) در این حالت بایستی ضریب رفتار را با ضریب مناسب افزایش داد. این ضریب را بطور معمول 1.4 در نظر می گیرند. نکته حائز اهمیت آن است که این ضریب در خود ترکیبات بار مربوط به آئین نامه  $ACI 318-99$  و ویرایشهای قبل از آن و همچنین در آئین نامه بتن ایران (مبحث نهم مقررات ملی) لحاظ شده است و نیازی اصلاح این ضریب نیست. زیرا تا قبل از سال 99 آئین نامه های بارگذاری زلزله آمریکا (مثل  $UBC-97$ ) مقدار ضریب  $R$  ای که معرفی کرده بودند بر اساس طراحی به روش تنش مجاز بود. اما پس از سال آن آئین نامه های بارگذاری لرزه ای آمریکا (مثل  $IBC 2000$ )، ضریب رفتاری را که ارائه نمودند بر اساس روش طراحی به روش حدی بود. به عبارت دیگر پس از آن، ضریب رفتار معرفی شده توسط آئین نامه های آمریکا، به مقدار مورد نیاز، افزایش داده شدند. بنابراین در ترکیبات بارگذاری آئین نامه های  $ACI 318-02$  و  $ACI 318-05$  و به بعد، افزایش بار زلزله بخاطر ضریب رفتار مربوط به تنش مجاز وجود ندارد. بنابراین در صورتی که بخواهیم از این آئین نامه ها رد طرح سازه بتنی استفاده کنیم، بایستی ضریب رفتار ساختمان را افزایش دهیم.

بطور خلاصه می توان گفت:

- ✓ در صورتی که بخواهیم سازه ای فلزی را با آئین نامه مبحث دهم مقررات ملی طراحی کنیم، بایستی از ضریب رفتار ( $R$ ) آئین نامه 2800 بدون تغییر استفاده کنیم.
- ✓ در صورتی که بخواهیم سازه ای بتنی را با آئین نامه مبحث نهم مقررات ملی طراحی کنیم، بایستی از ضریب رفتار ( $R$ ) آئین نامه 2800 بدون تغییر استفاده کنیم.
- ✓ در صورتی که بخواهیم سازه ای بتنی را با آئین نامه  $ACI 318-99$  و یا ویرایشهای قبل از آن طراحی کنیم، بایستی از ضریب رفتار ( $R$ ) آئین نامه 2800 بدون تغییر استفاده کنیم.
- ✓ در صورتی که بخواهیم سازه ای بتنی را با آئین نامه  $ACI 318-02$  یا  $ACI 318-05$  و یا ویرایشهای بعد از آن طراحی کنیم، بایستی ضریب رفتار ( $R$ ) آئین نامه 2800 را بر عدد 1.4 تقسیم کنیم و از آن در محاسبات مربوط به برش پایه استفاده کنیم. به طور مثال برای قاب خمشی بتنی بایستی از ضریب رفتار  $5/1.4=7$  به جای ضریب رفتار 7 استفاده کنیم.

✓ در صورتی که زلزله جهت قائم هم داشته باشیم، بایستی در این قسمت برای آن یک حالت بار مثلاً بنام  $EZ$  معرفی کنیم که مثل حالت قبل، ضریب در نظر گرفتن وزن خود المان در آن بایستی 0 لحاظ شود.

همچنین در قسمت Auto Lateral Load بایستی گزینه None انتخاب گردد تا برنامه محاسبه برای بار زلزله انجام ندهد و در عوض خودمان بصورت دستی بایستی این بار را روی عناصر مورد نظر قرار دهیم.

✓ در صورتی که بخواهید بارگذاری باد بر روی سازه انجام دهید (مثلاً در سوله ها)، برای هر راستا بایستی یک حالت بار باد از نوع  $WIND$  تعریف کنید. در اینجا نیز ضریب مربوط به در نظر گرفتن وزن المانها در حالت بار، صفر لحاظ گردد.

✓ برنامه  $ETABS$  جرم ساختمان را از روی بارهای اعمالی به سازه (مرده و زنده) و وزن المانها محاسبه می کند. در طبقات آخر ساختمان، یا در طبقاتی که ارتفاع طبقات یا جنس دیوارهای بالا و پائین طبقات با هم

تفاوت دارند، احتیاج است، بار اضافه ای را لحاظ کنیم، که در محاسبات جرم سازه وارد شود ولی در محاسبات بارگذاری روی المانها به منظور محاسبه تنشها، لحاظ نگردد. برای این منظور یک حالت بار بنام WALL از نوع Others تعریف کرده و ضریب وزن المان را در آن 0 می کنیم.

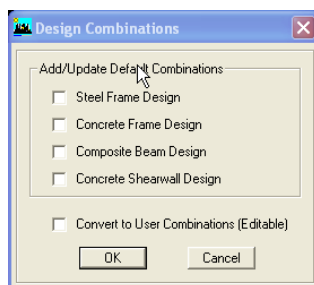
6. می خواهیم ترکیبات بارگذاری طراحی و یا کنترل تغییر مکان را تشکیل دهیم. قبل از تعریف ترکیبات بارگذاری، آئین نامه طراحی مورد نظر را انتخاب کنید، برای این منظور از گزینه های زیر استفاده کنید :

برای مشخص کردن آئین نامه طراحی فولادی Options > Preferences > Steel Frame Design

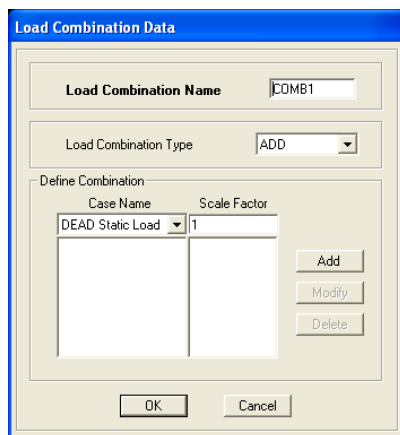
برای مشخص کردن آئین نامه طراحی بتنی Options > Preferences > Concrete Frame Design

مثلاً برای طراحی سازه های بتنی می توانید آئین نام ACI 318-99 و برای طراحی سازه های فولادی آئین نامه AISC-ASD89 و یا آئین نامه UBC-ASD 97 را انتخاب کنید.

7. برای اضافه کردن ترکیب بارهای آئین نامه هایی که توسط برنامه پشتیبانی می شوند، به لیست ترکیب بارهای قابل مشاهده، گزینه Define > Add Default Design Combos را انتخاب کرده و نوع اسکلت (بتنی یا فلزی) را انتخاب نمایید.



8. برای دیدن ترکیب بارهای قبلی یا اضافه کردن ترکیب بارها، گزینه Define > Load Combinations را انتخاب کرده و دکمه 'Add New Combo...' را برای اضافه کردن یک ترکیب بار و دکمه 'Modify/Show Combo...' را برای تغییر دادن یک ترکیب بار تعریف شده قبلی، انتخاب کنید. پنجره ای به فرم زیر را خواهید دید:



در اینجا اسمی برای ترکیب بار مورد نظرتان انتخاب کنید. در قسمت Define Combination، هر حالت باری را که می خواهید در ترکیب بار مورد نظر باشد را انتخاب کرده، ضریب آن را در قسمت بعدی وارد نموده و سپس دکمه Add را فشار دهید. دقت کنید در صورتی که در قسمت Load Combination Type نوع ADD را انتخاب کنید، حالت های بار انتخابی ضریب دار به هم افزوده می شوند. در صورتی که در اینجا نوع ENVE را انتخاب کنید، بین همه حالت های

بار انتخابی ضریبدار معرفی شده، مقادیر بحرانی (حداکثر و حداقل) پیدا خواهند شد. به عبارت دیگر پوش مقادیر محاسبه می شوند.

طرح سازه های فلزی بایستی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی صورت گیرد. روش طراحی در مبحث دهم مقررات ملی، روش طرح تنش مجاز یا ASD (*Alloable Stress Design*) می باشد. همچنین در پیوست این آئین نامه روش طرح بصورت پلاستیک (خمیری) نیز آورده شده است. روش طرح بصورت تنش مجاز در سازه های فلزی تقریباً قدیمی شده و کم کم از آئین نامه های کشورهای مختلف دنیا کنار گذاشته شده است. اما هنوز طراحی سازه های فلزی در ایران بر اساس این روش قدیمی صورت می گیرد. آئین نامه AISC آخرین بار این روش را در سال 1989 در آئین نامه خود ذکر کرد. آئین نامه UBC که مجموعه مقررات ملی آمریکاست و ضوابط تکمیلی برای طرح سازه ها را نیز ارائه کرده است، برای طراحی سازه های فلزی در مناطق لرزه خیز، کنترل های ویژه ای را بر این آئین نامه افزود (UBC-ASD 97). مبحث دهم مقررات ملی در حقیقت کپی تمام و کمالی از آئین نامه AISC-ASD 89 است که کنترلهای لرزه ای آئین نامه UBC-ASD 97 نیز بر آن افزوده شده است. بنابراین برای طرح سازه های فلزی در برنامه ETABS دو راه وجود دارد. یکی اینکه آئین نامه طراحی را آئین نامه AISC-ASD 89 انتخاب کرده ولی کنترل های لرزه ای را خودمان بصورت دستی انجام دهیم. در این حالت بایستی دقت کرد که برنامه خودش هنگام کنترل ترکیب بارهایی که در آنها حالت بار زلزله وجود دارد، تنشهای مجاز را در عدد 4/3 ضرب می کند. بنابراین نیازی به ضرب کردن عدد 0.75 در ترکیب بارهای مورد نظر وجود ندارد. روش دوم برای طرح سازه های فلزی در برنامه ETABS آن است که نوع آئین نامه طراحی را UBC-ASD 97 انتخاب کنیم. در این حالت برنامه بطور اتوماتیک، کنترلهای خاص لرزه ای مورد نظر آئین نامه را بطور کامل انجام می دهد و بنابراین نیازی به کنترل توسط کاربر نخواهد بود. فقط در این حالت بایستی دقت شود که برنامه ETABS تنشهای مجاز را برای ترکیبات باری که دارای حالت بار زلزله هستند، افزایش نخواهد داد. بنابراین بایستی خود کاربر در ترکیبات بارگذاری شامل حالت بار زلزله، ضریب 0.75 را لحاظ کند. در صورتی که EX، EXP، EXN بترتیب نشان دهنده حالت بارهای زلزله در جهت X، جهت X با در نظر گرفتن برون محوری مثبت و منفی باشند، همچنین EY، EYP، EYN همین حالت بارهای زلزله ولی در جهت Y باشند، همچنین EZ حالت بار زلزله قائم باشد، ترکیبات بار طراحی برای طرح سازه فلزی مطابق مبحث دهم و با استفاده از آئین نامه UBC-ASD 97 بقرار زیر خواهد بود:

- 1) DL
- 2) DL+LL

$$3\sim 4) 0.75(DL+LL \pm EXN)$$

$$5\sim 6) 0.75(DL+LL \pm EXP)$$

$$7\sim 8) 0.75(DL+LL \pm EYP)$$

$$9\sim 10) 0.75(DL+LL \pm EYN)$$

$$11\sim 12) 0.75(DL \pm EXN)$$

$$13\sim 14) 0.75(DL \pm EXP)$$

$$15\sim 16) 0.75(DL \pm EYP)$$

$$17\sim 18) 0.75(DL \pm EYN)$$

$$19\sim 22) 0.75(DL+LL \pm EXN \pm 0.3EY)$$

$$23\sim 26) 0.75(DL+LL \pm EXP \pm 0.3EY)$$

$$27\sim 30) 0.75(DL+LL \pm EYP \pm 0.3EX)$$

$$31\sim 34) 0.75(DL+LL \pm EYN \pm 0.3EX)$$

$$35\sim 38) 0.75(DL \pm EXN \pm 0.3EY)$$

$$39\sim 42) 0.75(DL \pm EXP \pm 0.3EY)$$

$$43\sim 46) 0.75(DL \pm EYP \pm 0.3EX)$$

$$47\sim 50) 0.75(DL \pm EYN \pm 0.3EX)$$

$$51\sim 58) 0.75(DL+LL \pm EXP \pm 0.3EY \pm 0.3EZ)$$

$$59\sim 66) 0.75(DL+LL \pm EXN \pm 0.3EY \pm 0.3EZ)$$

$$67\sim 74) 0.75(DL+LL \pm EYP \pm 0.3EX \pm 0.3EZ)$$

$$75\sim 82) 0.75(DL+LL \pm EYN \pm 0.3EX \pm 0.3EZ)$$

$$83\sim 86) 0.75(DL+LL + EZ \pm 0.3EX \pm 0.3EY)$$

$$87\sim 90) 0.75(-EZ \pm 0.3EX \pm 0.3EY)$$

$$91\sim 98) 0.75(DL \pm EXP \pm 0.3EY \pm 0.3EZ)$$

$$99\sim 106) 0.75(DL \pm EXN \pm 0.3EY \pm 0.3EZ)$$

$$107\sim 114) 0.75(DL \pm EYP \pm 0.3EX \pm 0.3EZ)$$

$$115\sim 122) 0.75(DL \pm EYN \pm 0.3EX \pm 0.3EZ)$$

$$123\sim 126) 0.75(DL + EZ \pm 0.3EX \pm 0.3EY)$$

$$127\sim 130) 0.75(-EZ \pm 0.3EX \pm 0.3EY)$$

توضیح 1: مطابق بند 4-4-0-10 ترکیب بارهای در نظر گرفته شده برای طرح مطابق مبحث دهم مقررات ملی، ترکیب بارهای بدون ضریب (حالت بهره برداری) هستند.

توضیح 2: مطابق بند 2-5-0-10 در صورتی که در ترکیب باری حالت بار زلزله یا باد وجود داشته باشد، می توان تنش مجاز را در عدد 4/3 ضرب کرد. بجای این کار می توان تنشهای موجود را در عدد 0.75 ضرب نمود، که در ترکیبات بار فوق این چنین عمل کرده ایم.

توضیح 3: مطابق بند 4-1-2-7-6 نیروی زلزله بصورت رفت و برگشتی در نظر گرفته شده است.

توضیح 4: در ترکیب بارها، هر جا  $EXP$  و  $EXN$  داریم، دیگر اثر  $EX$  لحاظ نشده است. علت آن است که نیروهای موجود المانها تحت زلزله بدون برون محوری، همیشه بین دو حالتی است که برون محوری لحاظ شده است. بنابراین لحاظ کردن ترکیب بارهای اضافی برای لحاظ کردن زلزله بدون برون محوری، بی مورد و باعث اضافه شدن حجم عملیات طراحی می شود. به همین ترتیب هر جا  $EYP$  و  $EYN$  لحاظ شده است، اثر  $EY$  لحاظ نشده است.

توضیح 5: مطابق بند 3-1-2-7-6 الف، کلیه ستونهایی که در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند- مثل ستونهایی که در دو راستای مختلف مهاربندی شده باشد، یا ستونهایی که در محل تقاطع یک قاب خمشی و یک مهاربندی در جهت متعامد آن واقع شده اند و در نهایت مثل ستونهایی که در محل تقاطع دو قاب خمشی در دو راستای مختلف قرار گرفته اند- بایستی برای 100% نیروی زلزله در هر امتداد بعلاوه 30% نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن طرح شوند. ترکیب بارهای 19 تا 50 بدین منظور نوشته شده اند.

توضیح 6: بایستی دقت کرده که مطابق تبصره 1 بند 3-1-2-7-6 چنانچه تنش ناشی از نیروی محوری اثر زلزله در هر یک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از 20% تنش مجاز محوری ستون باشد، در نظر گرفتن این ترکیب بارها لازم نیست. بطور معمول چک کردن این تبصره بسیار زمانبر است و ترجیح داده می شود به جای آن ترکیب 30% اثر زلزله

جهت دیگر لحاظ گردد.

توضیح 7: ترکیب بارهای فوق را برای همه اعضای ساختمان بکار می بریم. در صورتی که ستونی محل تقاطع دو سیستم باربر لرزه ای واقع شده باشد، ترکیبات فوق کاملاً در آنها موثر خواهد بود و در صورتی که ستونی اینگونه نباشد، اثر زلزله یک جهت یا هر دو جهت خود بخود صفر خواهد بود. برای تیرها و مهاربندهایی که در یک راستای خاص واقع شده اند، خود بخود اثر زلزله جهت دیگر، در این ترکیبات بارگذاری صفر خواهد بود. اما تیرها یا مهاربندهایی که در هر دو راستای ساختمان مولفه دارند را نیز بهتر است این ترکیبات بار را لحاظ کنیم.

توضیح 8: در صورتی که نیروی قائم زلزله داشته باشیم، مطابق بند 6-7-2-5-11-3 بایستی ترکیب بارهای 51 تا 130 برای آنها لحاظ گردد. در این حالت مطابق آئین نامه، نباید اثر کاهنده بار ثقلی در نظر گرفته شود. بنابراین در صورتی که نیروی قائم زلزله در جهت ثقل اعمال گردد، در ترکیب بارهایی که EZ- وجود دارد (ترکیب بارهای 87~90 و 127~130) می بایستی بارهای مرده و زنده در نظر گرفته نشود.

توضیح 9: مطابق تبصره 2 بند 6-7-2-3، در تمام مواردی که 100% نیروی زلزله هر امتداد با 30% نیروی زلزله امتداد متعامد در نظر گرفته می شود، منظور کردن برون محوری اتفاقی برای نیروی زلزله جهتی که 30% آن لحاظ می شود، الزامی نیست. بنابراین در تمام ترکیبات بارهای فوق این حالت در نظر گرفته شده است.

توضیح 10: دقت شود، در صورتی که آئین نامه طراحی را در برنامه ETABS2000، آئین نامه 89 AISC-ASD انتخاب کنیم، از آنجا که خود برنامه تنشهای مجاز را در عدد 4/3 ضرب خواهد کرد، نبایستی ضریب 0.75 در ترکیب بارهای فوق لحاظ گردد.

طرح سازه بتنی بر اساس مببحث نهم مقررات ملی صورت می گیرد. این مببحث تقریباً برگرفته از آئین نامه بتن کانادا (CSA A23.3) می باشد. روش طراحی این آئین نامه بر مبنای روش طراحی حدی یا (Limit State Design) می باشد. در این روش بارها یا تنشهای ناشی از بارها، بر حسب نوع بار در ضرایب بزرگتر از 1 ای ضرب می گردند. همچنین مقاومت بتن در ضریب کاهش مقاومت  $\phi_c = 0.6$  و مقاومت فولاد در ضریب کاهش مقاومت  $\phi_s = 0.85$  ضرب می گردد. متأسفانه در صورتی که بخواهیم با برنامه ETABS2000 سازه ای بتنی را طرح کنیم، امکان استفاده از مببحث نهم مقررات ملی ساختمانی ایران وجود ندارد. هر چند برنامه ETABS آئین نامه کانادا (CSA A23.3) را پشتیبانی کرده و می توان با اصلاحاتی از آن به جای آئین نامه مببحث نهم مقررات ملی استفاده کرد. همچنین می توانیم از آئین نامه معتبر دیگری که توسط برنامه پشتیبانی می شود، استفاده کنیم. آئین نامه 318-ACI معتبرترین آئین نامه طرح سازه های بتنی در دنیا می باشد. روش طراحی این آئین نامه، روش طرح مقاومت نهائی یا (Ultimate Strength Design) USD می باشد که بسیار شبیه به روش طراحی LSD است. در واقع روش LSD روش تکامل یافته روش USD است. در این روش مشابه روش LSD بارها یا تنشهای ناشی از آنها، بر حسب نوع بار در ضرائب بزرگتر از 1 ای ضرب می شوند. همچنین مقاومت های اسمی نهائی مقاطع بر حسب نوع مقاومت (و یا نوع شکست حاکم)، در ضرائب کاهش مقاومتی ضرب می گردد. ضرائب کاهش مقاومت مطابق آئین نامه 318-99 ACI بقرار زیر است:

ضریب کاهش مقاومت خمشی یا کششی  $\phi = 0.9$

ضریب کاهش مقاومت فشاری (استفاده از خاموت)  $\phi = 0.7$

ضریب کاهش مقاومت فشاری (استفاده از دورپیچ)  $\phi = 0.75$

ضریب کاهش مقاومت برشی  $\phi = 0.85$

ضریب کاهش مقاومت برشی برای طرح دیوار برشی در مناطق لرزه خیز  $\phi = 0.6$

ترکیب بارهای آئین نامه ACI 318-99 بقرار زیر اند:

- 1) 1.4DL
- 2) 1.4DL+1.7LL

$$3\sim4) 0.75(1.4DL+1.7LL\pm1.875 EXN)$$

$$5\sim6) 0.75(1.4DL+1.7LL\pm1.875 EXP)$$

$$7\sim8) 0.75(1.4DL+1.7LL\pm1.875 EYP)$$

$$9\sim10) 0.75(1.4DL+1.7LL\pm1.875 EYN)$$

$$11\sim12) 0.9DL\pm1.43 EXN$$

$$13\sim14) 0.9DL\pm1.43 EXP$$

$$15\sim16) 0.9DL\pm1.43EYP$$

$$17\sim18) 0.9DL\pm1.43 EYN$$

$$19\sim22) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EXN\pm0.3EY))$$

$$23\sim26) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EXP\pm0.3EY))$$

$$27\sim30) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EYP\pm0.3EX))$$

$$31\sim34) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EYN\pm0.3EX))$$

$$35\sim38) 0.9DL+1.43(\pm EXN\pm0.3EY))$$

$$39\sim42) 0.9DL+1.43(\pm EXP\pm0.3EY))$$

$$43\sim46) 0.9DL+1.43(\pm EYP\pm0.3EX)$$

$$47\sim50) 0.9DL+1.43(\pm EYN\pm0.3EX)$$

$$51\sim58) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EXP\pm0.3EY\pm0.3EZ))$$

$$59\sim66) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EXN\pm0.3EY\pm0.3EZ))$$

$$67\sim74) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EYP\pm0.3EX\pm0.3EZ))$$

$$75\sim82) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(\pm EYN\pm0.3EX\pm0.3EZ))$$

$$83\sim86) 0.75(1.4DL+1.7LL+1.875(+EZ\pm0.3EX\pm0.3EY))$$

$$87\sim90) 0.75(1.875(-EZ\pm0.3EX\pm0.3EY))$$

$$91\sim98) 0.9DL+1.43(\pm EXP\pm0.3EY\pm0.3EZ))$$

$$99\sim106) 0.9DL+1.43(\pm EXN\pm0.3EY\pm0.3EZ)$$

$$107\sim114) 0.9DL+1.43(\pm EYP\pm0.3EX\pm0.3EZ))$$

$$115\sim122) 0.9DL+1.43(\pm EYN\pm0.3EX\pm0.3EZ))$$

$$123\sim126) 0.9DL+1.43(+EZ\pm0.3EX\pm0.3EY))$$

$$126\sim130) 1.43(-EZ\pm0.3EX\pm0.3EY))$$

توضیحات مربوط به این قسمت دقیقاً مشابه توضیحات مربوط به ترکیبات بار طرح سازه فلزی است.

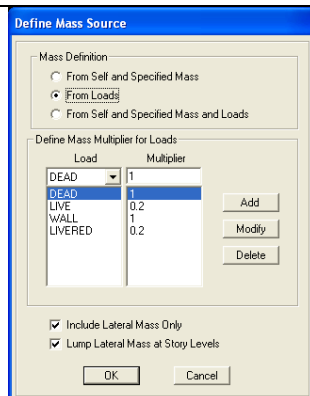


9. دستور *Define > Special Seismic Load Effects...* در نظر گرفتن ترکیبات بارگذاری خاص در هنگام طراحی است. ، در صورتی که بخواهید سازه بتنی را طراحی کنید و یا بخواهید سازه فلزی را با آئین نامه *AISC-ASD 89* طراحی کنید، این دستور را بایستی غیرفعال کنید. این کار با انتخاب گزینه *Do Not Include Special Seismic Design Data* در قسمت *Use for Design* انجام می شود. در صورتی که این لیست علامت نخورد، برنامه ترکیب بارهای خاصی را برای طراحی سازه لحاظ می کند که با ترکیب بارهای مورد نظر متفاوت خواهد بود. در این حالت برای طراحی سازه فلزی بایستی ترکیبات بارگذاری ویژه طراحی ناحیه لرزه خیز را خودمان وارد کرده و کنترل نماییم. اگر از آئین نامه *UBC-ASD97* برای طراحی سازه فلزی استفاده کنیم، بایستی این دستور را از طریق گزینه *Include Special Seismic Design Data* فعال کنیم.

در این فرم، در قسمت *RHO Factor*، گزینه *User Defined* را فعال کرده . عدد 1 را وارد کنید. در قسمت *Omega Factor*، گزینه *User Defined* را انتخاب کرده و ضریب  $\Omega_0$  را مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی وارد نمایید. این ضریب برای ساختمانهای با قاب خمشی (تنها یا بصورت مختلط)، 3.2، برای ساختمانهای دارای مهاربندی برون محور، 2.8 و برای ساختمانهای با مهاربندی هم محور، 2.4 است. در قسمت *DL Multiplier*، گزینه *User Defined* را انتخاب کرده و عدد 0 را وارد کنید. دقت کنید با این تنظیماتی که صورت گرفت، طراحی طوری صورت می گیرد که بجای آنکه مطابق آئین نامه *UBC-ASD 97* صورت گیرد، مطابق مبحث دهم مقررات ملی صورت گیرد.

نکته ای که در این قسمت وجود دارد آن است که همانطور که در درسهای بعدی نیز گفته خواهد شد، در منوی *Option* در قسمت *Options > Preferences > Steel Frame Design ...* نیز در صورتی که آئین نامه طراحی را *UBC-ASD 97* انتخاب کنیم، ضریب  $\Omega_0$  دوباره پرسیده می شود. دقت کنید اگر در *Special Seismic Load Effects...* گزینه عدم در نظر گرفتن ضوابط خاص لرزه ای را انتخاب کنید ( *Do Not Include Special Seismic Design Data* ) در صورتی که در منوی *Option* منطقه لرزه خیزی *Zone 3* یا *Zone 4* انتخاب گردد، باز هم برنامه ضوابط خاص لرزه ای را لحاظ خواهد کرد.

10. در قسمت *Define > Mass Source* گزینه *From Load* را انتخاب کرده و حالتی باری که در محاسبه جرم سازه برای محاسبات بار لرزه ای یا محاسبات تحلیل ارتعاشی وارد می گردد و ضرایب مربوط به هر کدام را وارد کنید.



مثلاً می توانید برای حالت بار مرده (*DEAD*) و حالت بار اضافی مربوط به جرم (*WALL*)، ضریب 1 و برای حالت بار زنده (*LIVE*) و حالت بار زنده با کاهش سربار (*LIVERED*)، ضریب 0.2 (برای ساختمانهای مسکونی) تعریف کنید. در ناحیه انتهایی، دو قسمت را حتماً تیک بزنید. گزینه اول برای آن است که برای جرمها فقط درجات آزادی انتقالی در جهت محوره‌های  $x, y$  و دوران حول محور قائم  $z$  لحاظ شود. دومی برای آن است که اگر در تراز بین طبقات جرمی را داشتیم، بین دو طبقه بالا و پائین منتقل گردند.

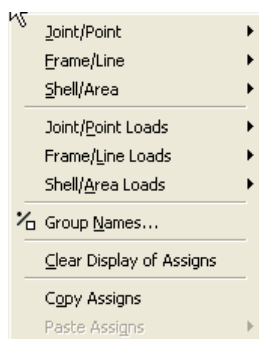
- ✓ در پائین این کادر دو آیتم وجود دارند. هر دو آیتم را تیک بزنید. کار آیتم ☒ Include Lateral Mass Only آن است که در هنگام انجام تحلیل ارتعاشی، برنامه فقط جرمهای انتقالی هر کف را فعال می کند. بدین مفهوم که هر گره سه جرم برای راستاهای  $Ux$ ،  $Uy$  و  $Rz$  فقط خواهد داشت. در صورتی که برای کف دیافراگم صلب تعریف کنید، برنامه جرم طبقه را در مرکز جرم متمرکز (*Lump*) خواهد کرد. از طرفی مطابق این آیتم این جرم فقط 3 مولفه جرمی در جهتهای مذکور خواهد داشت. به عبارت دیگر به ازای هر دیافراگم فقط 3 مود ارتعاشی خواهیم داشت. علامت زدن یا نزدن این قسمت تنها در تحلیل مودال سازه تاثیر دارد و در تحلیل استاتیکی سازه بی تاثیر است.
- ✓ در صورتی که آیتم ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels تیک بخورد، برنامه در صورتی که بین طبقات جرمی وجود داشته باشد، آن را بین دو کف مجاور به نسبت مساوی توزیع و متمرکز خواهد کرد. در غیر این صورت این جرم فقط به کف تراز بالاتر اختصاص خواهد یافت. توجه کنید که در هر صورت برنامه به کفها و جرمهایی که بین طبقات هستند، بار زلزله ای اختصاص نمی دهد، زیرا جرم آنها و بار زلزله ناشی از آن را به طبقات بالا و پائین منتقل خواهد کرد.

## برنامه ETABS 2000

## درس شماره 6

## استفاده از منوی Assign برای اختصاص خصوصیات به عناصر

این منو برای اختصاص مشخصات مدل استفاده می گردد. در اینجا قصدمان این نیست که همگی دستورات این منو را بررسی کنیم. بلکه تنها دستوراتی از این منو که در تحلیل سازه های ساختمانی متعارف کاربرد دارند را تشریح خواهیم کرد. دقت کنید در صورتیکه کار اختصاص خصوصیات به عناصر را، به همان ترتیبی که دستورات در منوها چیده شده اند، جلو رفته و انجام دهید، چیزی از قلم نخواهد افتاد.



1. برای آنکه نقاط تکیه گاهی را به صورت مورد نظر ببندیم، ابتدا گره های تکیه گاهی (گره های تراز Base) را انتخاب کرده و سپس گزینه *Assign > Joint / Point > Restraints (Supports)* را اجرا می کنیم.



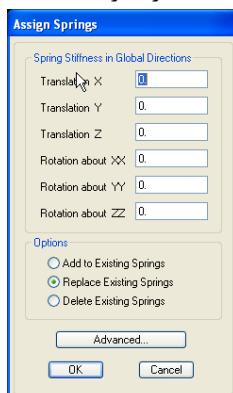
هر گره ای قادر است 6 درجه آزادی حرکتی داشته باشد. 3 درجه آزادی حرکت انتقالی در جهت های  $X$  و  $Y$  و  $Z$  بنامهای  $Translation X (U_x)$ ،  $Translation Y (U_y)$ ،  $Translation Z (U_z)$  و 3 درجه آزادی حرکت دورانی حول محورهای  $X$  و  $Y$  و  $Z$  بنامهای  $Rotation about X (R_x)$ ،  $Rotation about Y (R_y)$ ،  $Rotation about Z (R_z)$  دارد. در صورتی که بخواهیم حرکت نقطه ای را در هر یک از این جهات ببندیم، نقطه مورد نظر را انتخاب کرده و با اجرای دستور فوق در مقابل آزادی حرکتی مورد نظر تیک می زنیم. بجای این کار می توان از دکمه های پائین این کادر نیز استفاده کرد. این گزینه ها *Fast Restraints* نام دارند. در اینجا کافی است شکل تکیه گاهی مورد نظر را انتخاب کرده تا در کادر بالا بصورت خودکار آزادی های حرکتی لزوم بسته شوند. علامت نشان دهنده تکیه گاه گیردار، تکیه گاه مفصل، تکیه گاه مفصل و نشان دهنده نقطه ای است که به هیچ تکیه گاهی متصل نشده است.

✓ دقت کنید در هنگام انتخاب نقاط روی فونداسیون (نقاط تراز Base) قابلیت *Similar Stories* یا *All Stories*

فعال نباشد. زیرا در این حالت، بجز نقاط روی فونداسیون، یک سری نقاط دیگر سازه نیز به زمین متصل خواهند شد. در صورتی که یک سری نقاط را به اشتباه به زمین وصل کرده باشید، کافی است آنها را انتخاب

کرده و سپس با اجرای این دستور، تمامی درجات آزادی را باز کنید (تیکها را بردارید). یا بجای آن دکمه را فشار دهید.

2. برای آنکه بتوانید به نقاط مورد نظر تکیه گاه فنری (انعطاف پذیر) اختصاص دهید، آن نقاط را انتخاب کرده و سپس دستور *Assign > Joint / Point > Point Springs...* را اجرا کنید.

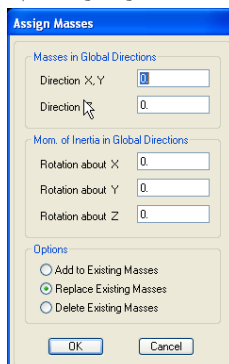


در این قسمت می توانید سختی های انتقالی و پیچشی (دورانی) را برای فتر وارد کنید. کادرهای با نامهای *Translation X*, *Translation Y*, *Translation Z* برای معرفی سختی های انتقالی در جهتهای *X* و *Y* و *Z* و کادرهای با نامهای *Rotation about XX*, *Rotation about YY*, *Rotation about ZZ* برای معرفی سختی های پیچشی (دورانی) حول محورهای *X* و *Y* و *Z* هستند.

در کادر پائین (قسمت *Options*) می توانید به برنامه بگوئید، سختی وارد شده را با سختی قبلی جمع کنید (گزینه *Add to Existing Springs*), یا سختی وارد شده را جایگزین سختی قبلی کنید (گزینه *Replace Existing Springs*) و یا اینکه اصلاً سختی فنری اختصاص داده شده به نقطه مورد نظر را پاک کنید (گزینه *Delete Existing Springs*). همچنین دکمه ای به نام *Advanced...* در این کادر می بینید. کار این دکمه آن است که بجای آنکه سختی فتر را در راستاهای مورد نظر وارد کنیم، مستقیماً ماتریس سختی فتر را پر کنیم.

بطور معمول در طرح ساختمانهای متعارف، فرض می شود همگی تکیه گاههای سازه سخت بوده و تکیه گاه فنری وجود ندارد. ممکن است بخواهیم یک پی را در برنامه *ETABS2000* با مدل سازی خاک بصورت تکیه گاه انعطاف پذیر مدلسازی کنیم. در این صورت می توانیم پی مورد نظر را مش بندی کرده و به نقاط داخل المان تکیه گاه فنری (انعطاف پذیر) اختصاص دهیم.

3. برای آنکه به یک سری از نقاط جرم متمرکز اضافی اختصاص دهیم، کافی است آن نقاط را انتخاب کرده و دستور *Assign > Joint / Point > Additional Point Mass...* را اجرا نمائیم.



به هر نقطه ای می توان در جهت هر یک از درجات آزادی اش، جرم اضافی اختصاص داد. بنابراین برای هر گره می توان 3 جرم انتقالی در جهتهای *X* و *Y* و *Z* و 3 جرم دورانی حول محورهای *X* و *Y* و *Z* تعریف کرد. همچنین با استفاده از گزینه *Options* می توان یکی از گزینه های اضافه شدن (*Add...*), جایگزین شدن (*Replace...*) و حذف شدن (*Delete...*) مقادیر جرم متمرکز انتخاب صورت گیرد.

Mass per unit Volume 244.8012

**Assign Frame Properties**

**Properties**

Type in property to find:

A-Comp2m

- A-Comp2m
- A-GravBm
- A-GravCol
- A-LatBm
- A-LatCol
- A-TrChdw10
- A-TrChdw12
- A-TrChdw14
- A-Trweb8
- A-Trweb10
- A-Trweb12

**Click to:**

Import I/Wide Flange

Add I/Wide Flange

Modify/Show Property...

Delete Property

OK

Cancel



✓ بطور معمول، درس‌سازهای فلزی،

مفصلی در نظر می گیرند. زیرا در اینجا، برای پایداری سازه در برابر بارهای جانبی، نیازی به صلب نمودن اتصالات تیر به ستون نیست و مهاربندها پایداری مناسب را در مقابل بارهای جانبی ایجاد می کنند. از طرفی اجرای اتصال صلب تیر به ستون هزینه بر و نیاز به دقت اجرایی بالاتری دارد.

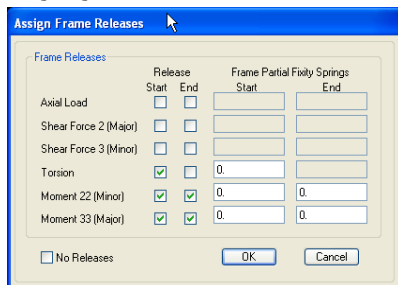
✓ اتصال مهاربندها به تیر و ستون در ساختمانهای فلزی همیشه مفصلی در نظر گرفته و اجرا می شود. زیرا اولاً در اکثر موارد نیازی به صلب کردن این اتصال وجود ندارد و ثانیاً اجرای اتصال صلب مهاربند به تیر و ستون بسیار هزینه بر و نیاز به دقت اجرایی بالایی دارد (برای اتصال صلب مهاربند به تیر و ستون و یا تیر، بایستی مهاربند را بدون ورق و لب به لب روی محل اتصال قرار داده و جوش شیاری با نفوذ کامل اجرا نمود).

✓ در سازه های فلزی، اتصال تیرچه به تیرهای اصلی و کلاً اتصال تیر به تیر را مفصلی در نظر می گیرند. زیرا در اینجا نیز اتصال صلب تیر به تیر، تقریباً غیر ممکن است. معمولاً تیرهایی که تیری به آنها متصل می گردد، مقاومت پیچشی بسیار ناچیزی دارند و تاب تحمل لنگر خمشی تیرچه را ندارند. فقط در یک حالت که در دو طرف تیر اصلی، تیرچه وجود داشته باشد، امکان اتصال یکسره تیرچه های دو طرف به یکدیگر وجود دارد. اما باز در اکثر موارد نیازی به اتصال صلب تیرچه به تیر اصلی یا اجرای اتصال یکسره تیرچه های دو طرف تیر اصلی نیست.

✓ در اسکلت فلزی در راستایی که امکان اجرای دهانه های مهاربندی وجود ندارد، از قابهای با اتصال صلب تیر به ستون استفاده می شود تا این اتصال با ایجاد تلاشهای خمشی و برشی در تیرها و ستونهای متصل به خود بتواند پایداری قاب را بطور مناسبی در برابر نیروهای جانبی تأمین نماید. در این حالت نیازی نیست اتصال تیرهای تراز نیم طبقه (مانند تیر تراز نیم طبقه پله) را صلب مدلسازی و اجرا کنیم. همچنین اتصالات تیرهایی را که در این راستا قرار گرفته ولی روی تیر دیگری قرار می گیرند نیز مطابق توضیح قسمت قبل—مفصلی در نظر می گیریم.

✓ در اسکلت های بتنی نیز بطور معمول اتصال تیرهایی که روی تیر دیگری قرار گرفته اند و از سمت دیگر نیز ادامه نیافته اند را مفصلی می گیریم.

برای آنکه نیروها و یا لنگرهای یکی از دو انتها یا هر دو انتهای المانی را آزاد کنید، کافی است المان مورد نظر را انتخاب کرده و دستور *Assign > Frame /Line > Frame Releases / Partial Fixity...* را اجرا کنید.



در این کادر در قسمت *Release* دو ستون یکی برای ابتدا و دیگری برای انتهای المان تعبیه شده است. همچنین شش ردیف برای آزاد سازی شش نیرو و یا لنگر انتهایی (نیروی محوری- برش در راستای محور محلی 2 المان- برش در راستای محور محلی 3 المان- لنگر پیچشی (مولفه لنگر حول محور طولی المان) - لنگر خمشی حول محور فرعی یا محور محلی 2 و لنگر خمشی حول محور اصلی یا محور محلی 3 وجود دارد. کدام از این تلاشها، در هر یک از دو انتهای المان را بخواهید آزاد کنید، در مقابل کادری که وجود دارد، علامت  $\sqrt{\phantom{x}}$  را فعال کنید. مثلاً برای آنکه به برنامه بگوئیم، تیری در دو انتهای خود قادر به تحمل و انتقال لنگر نیست (دو انتها مفصل است) کافی است، مطابق شکل فوق، کادرها را تیک بزیم.

دقت کنید که بعضی از آزادسازی ها در یک المان خطی، باعث ایجاد ناپایداری موضعی در المان می شود و بنابراین قابل انجام نیستند. لیست این قبیل آزادسازی ها به شرح زیراند:

✓ نمی توان در عین حال هم در ابتدا و هم در انتهای یک المان، نیروی محوری را آزاد کرد. زیرا بالاخره بایستی یکی از دو انتهای المان خطی قادر به تحمل و انتقال نیروی محوری موجود در المان باشند. در غیر اینصورت المان ناپایداری موضعی در برابر نیروی محوری خواهد داشت.

✓ نمی توان در عین حال هم در ابتدا و هم در انتهای یک المان، لنگر پیچشی را آزاد کرد. زیرا حداقل بایستی یکی از دو انتهای المان خطی قادر به تحمل و انتقال لنگر پیچشی موجود در المان باشند. در غیر اینصورت المان ناپایداری موضعی در برابر پیچش خواهد داشت.

✓ در صورتی که در هر دو انتهای المان خطی، لنگر خمشی حول محور محلی 3 را آزاد نمائیم، دیگر نمی توانیم نیروی برشی در راستای محور محلی 2 المان را در هر یک از دو انتها آزادی کنیم و برعکس. زیرا باعث ناپایداری خمشی می شود.

✓ در صورتی که در هر دو انتهای المان خطی، لنگر خمشی حول محور محلی 2 را آزاد نمائیم، دیگر نمی توانیم نیروی برشی در راستای محور محلی 3 المان را در هر یک از دو انتها آزادی کنیم و برعکس. زیرا باعث ناپایداری خمشی می شود.

✓ در صورتی که لنگرخمشی حول محور محلی 3 را در یکی از دو انتهای المانی آزاد کنیم، دیگر به آزادسازی نیروی برشی در هر دو انتهای المان و در راستای محور محلی 2 نخواهیم بود. بلکه حداکثر یک انتها را می توانیم مفصل برشی قرار دهیم و برعکس. زیرا باعث ناپایداری خمشی می شود.

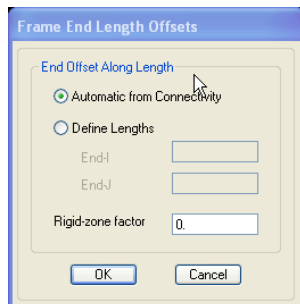
✓ در صورتی که لنگرخمشی حول محور محلی 2 را در یکی از دو انتهای المانی آزاد کنیم، دیگر به آزادسازی نیروی برشی در هر دو انتهای المان و در راستای محور محلی 3 نخواهیم بود. بلکه حداکثر یک انتها را می توانیم مفصل برشی قرار دهیم و برعکس. زیرا باعث ناپایداری خمشی می شود.

توضیح اینکه برنامه ETABS2000 بطور خودکار، این ناپایداری های موضعی را شناسائی کرده و از اجرای آنها خودداری می کند.

به قسمت *Frame Partial Fixity/Springs* نگاه کنید. در این قسمت می توان اتصال انتهائی اعضا را بجای آنکه کاملاً آزاد سازی کنیم، بصورت جزئی آزاد سازی نمائیم. فرض کنید اتصال تیر به ستونی نه کاملاً مفصل و نه کاملاً صلب است، بلکه حالت بینابینی و نیمه صلب را داشته باشد (در صورتی که در اتصال تیر به ستون در اسکلت فلزی، از ورق روسری یا *Top Plate* با جوش نفوذی کامل برای اتصال بال بالائی تیر و از نبشی نشیمن در قسمت تحتانی تیر استفاده شود، اتصال تیر به ستون را می توان در زمره اتصال نیمه صلب با حدود 50% ظرفیت انتقال لنگر تیر به ستون و ظرفیت تحمل در مقابل دوران فرض کرد). مدلسازی این نوع اتصالات از طریق کادرهای این قسمت صورت می گیرد، هرچند این مدلسازی پیچیده و زمانبر می باشد. علت پیچیدگی این مدلسازی در آن است که در این قسمت بایستی مقدار سختی اتصال تیر به ستون را برای هر یک از شش راستای مختلف انتهائی، با سختی فنر معادلسازی کرده و در این کادرها وارد نمائیم. بدلیل همین پیچیدگی مدلسازی، بطور معمول از اتصالات نیمه صلب در سازه های فزی استفاده نمی شود.

6. بطور معمول در مدلسازی، المانهای تیر- ستون- مهاربند، با یک خط مدلسازی می شوند. طول این خط از آکس تا آکس المان است. در این مدلسازی، سختی ناحیه ای از ستون که داخل تیر قرار می گیرد و همچنین ناحیه ای از تیر که در داخل ستون فرو می رود به درستی لحاظ نمی گردد. زیرا برای این ناحیه از همان مقطع تیر یا ستون استفاده می شود. اما در حقیقت به علت آنکه در این نواحی، ستون و یا تیر، به یکباره دارای بعد بزرگی می شوند، می توان فرض کرد که سختی ستون یا تیر در این نواحی بی نهایت می شود. به عبارت دیگر می توان فرض کرد که ستون یا تیر، در این نواحی به ای آنکه مقطعشان، پروفیل اختصاص یافته باشد، مقطعی است که از لحاظ سختی، صلب است. اکثر برنامه های کامپیوتری این قابلیت را دارند که نواحی صلب انتهایی (ناحیه ای از ستون که داخل تیر فرو می رود و ناحیه ای از

تیر که داخل ستون قرار می گیرد) را در آنالیز با سختی بی نهایت (صلب) در نظر بگیرند. از جمله این برنامه ها، می توان به برنامه ETABS2000 و SAP2000 اشاره کرد. برای آنکه به برنامه ETABS2000 بگوئیم که نواحی صلب انتهایی را در تحلیل سازه لحاظ کند، کافی است المانهای خطی مورد نظر را انتخاب کرده و گزینه *Assign > Frame / Line > End (Length) Offsets* را اجرا کنیم.



در اینجا دو راه برای مشخص کردن طول نواحی صلب انتهایی المانهای خطی وجود دارد. راه اول آن است که گزینه *Automatic from Connectivity* را انتخاب کنیم. در این حالت برنامه بطور اتوماتیک و از روی ابعاد المانها، طول نواحی صلب انتهایی را محاسبه می کند. طول ناحیه صلب انتهایی تیر در هر انتها، برابر با نصف بعد ستون در راستای آن تیر است. همچنین طول ناحیه صلب انتهایی ستون در هر انتها، نصف ارتفاع تیر خواهد بود. توجه شود که اگر المان انتخابی مهاربند باشد، از آنجا که هیچ قسمتی از مهاربند داخل تیر یا ستون وارد نمی شود، طول ناحیه صلب انتهایی ای برای آن لحاظ نمی شود. بنابراین همیشه می توان ابتدا با کلیک روی دکمه *all* همه المانها را انتخاب کرده و سپس این دستور را اجرا نمائیم. سپس از این دستور، زیرگزینه محاسبه خودکار طول ناحیه انتهایی را انتخاب کنیم.

راه دوم در معرفی طول ناحیه صلب انتهایی، معرفی این طول بطور مستقیم به برنامه است. در این روش خودمان طول نواحی ای از تیر که داخل ستون فرو می رود و یا طول نواحی ای از ستون که داخل تیر فرو می رود، را محاسبه کرده و با استفاده از گزینه *Define Lengths* به برنامه معرفی می کنیم. در این قسمت دو باکس وجود دارد که گزینه *End-I* برای وارد کردن طول ناحیه صلب ابتدای المان و *End-J* برای وارد کردن طول ناحیه صلب انتهایی است. بطور معمول نیازی به استفاده از روش دوم برای معرفی طول نواحی صلب انتهایی وجود ندارد و تقریباً همیشه از روش اول برای معرفی این طول استفاده می شود.

به پائین این کادر دقت کنید. در این قسمت می توان ضریب اطمینانی بین 0 و 1 را به برنامه معرفی کرد. این ضریب، ضریب اطمینانی است که در مقدار صلبیت ناحیه انتهایی ضرب می شود. معمول است که در طراحی، مقدار صلبیت ناحیه انتهایی را در عدد 0.5 ضرب می کنند. این عدد را در کادر *Rigid-zone factor* وارد نمائید.

✓ ناحیه صلب انتهایی ربطی به مفصلی و یا صلب بودن اتصال تیر به ستون ندارد و در حالت می تواند لحاظ شود.

✓ ناحیه صلب انتهایی ربطی به بتنی و یا فلزی بودن تیر و ستون ندارد و در هر حالت می تواند لحاظ شود. هر چند از آنجا که بعد ستون فلزی از پشت به پشت مقطع لحاظ می گردد، و وقتی مقطع تیر داخل جان ستون فلزی می خورد، طول ناحیه صلب انتهایی که برنامه در نظر می گیرد، بیشتر از طول واقعی است، به نظر می رسد برای سازه های فلزی بایستی عدد کمتری را در ناحیه *Rigid Zone Factor* وارد کرد.

✓ ناحیه صلب انتهایی را می توان در محاسبات لحاظ نکرد. منتها وقتی صلبیت این ناحیه را در محاسبات لحاظ می کنیم، سازه را افزایش می یابد. در این حالت، خیز تیرها و تغییرمکان جانبی سازه، کاهش می یابد.

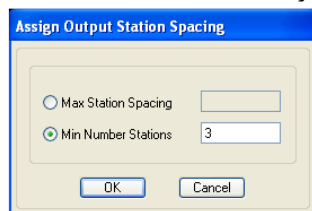
✓ برای طرح المانهای تیر و ستون، کافی است مقادیر نیروها (مثلاً لنگر و برش) را در بر المان استفاده کنیم و نیازی به استفاده از مقادیر نیروها در محل مرکز اتصال المانها نیست. وقتی گزینه در نظر گرفتن ناحیه صلب



انتهایی را فعال می کنیم، برنامه به جای آنکه نیروها را در مرکز بخواند، برای طرح المان، از مقادیر نیروها در بر ناحیه صلب انتهایی استفاده می کند. مطمئناً این مقادیر از مقادیر نیروها در محل مرکز کمتر هستند. بنابراین با فعال کردن این گزینه، المانهای طرح شده اقتصادی تر خواهند بود.

✓ ضریب *Rigid Zone Factor* تأثیری در طول ناحیه صلب انتهایی ندارد و فقط باعث می شود میزان صلبیت لحاظ شده در محاسبات تغییر کند.

7. برای تعریف تعداد ایستگاههای نتایج خروجی المانهای خطی مورد نظر، آنها را انتخاب کرده و گزینه *Assign > Frame Output Stations / Line > Frame Output Stations* را اجرا نمایید.



در قسمت *Max Station Spacing* 0.5 می توان فاصله ایستگاههای خروجی از هم را معرفی کنید و در قسمت *Min Number Stations* 3 می توانید تعداد ایستگاههای خروجی را برای یک المان معرفی کنید.



✓ ایستگاههای خروجی، ایستگاههایی از المان خطی هستند که برنامه در آن نقاط مقادیر، نیروها و لنگرها را محاسبه می کند. این ایستگاهها سه جا توسط برنامه استفاده می شوند. اول آنکه در صورتی که به برنامه بگوئیم، نتایج تحلیل المانها مانند نیروی محوری- نیروی برشی و لنگر را پرینت خروجی بدهد، این نتایج را در این نقاط چاپ خواهد کرد.

دوم در صورتی که نمودارهای نیروهای داخلی را بخواهیم مشاهده کنیم، برنامه بر اساس مقادیر بدست آمده نیروها در ایستگاههای معرفی شده و وصل کردن آنها به یکدیگر، نمودار نیروی داخلی المان را نمایش می دهد. بنابراین در صورتی که برای یک تیر، 3 ایستگاه خروجی اختصاص دهیم، بایستی انتظار داشته باشیم مستقل از نوع بارگذاری، شکل نمودار لنگر خمشی به صورت مثلثی (اتصال دو خط به هم) باشد. زیرا برنامه در این حالت فقط در 3 نقطه مقادیر لنگر خمشی را محاسبه خواهد کرد و نمودار لنگر خمشی از برازش این سه نقطه بدست خواهد آمد که قاعدتاً شکلی غیر از مثلث نخواهد داشت.

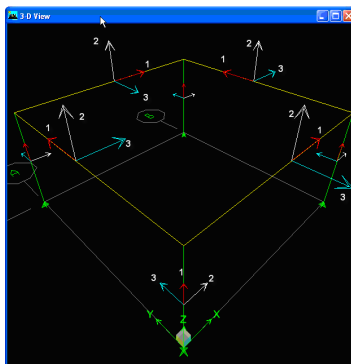
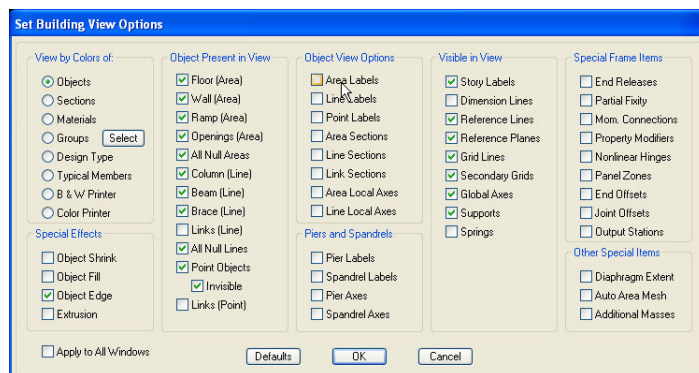
سوم در هنگام طراحی است که ایستگاههای خروجی مورد استفاده قرار می گیرند. برنامه وقتی میخواهد یک المان را برای یک ترکیب بار (*combo*) طرح یا چک کند، در محل ایستگاههای معرفی شده این کار را انجام می دهد. بدیهی است هر چه تعداد ایستگاههای معرفی شده بیشتر باشد، زمان انجام محاسبات نیز افزایش خواهد یافت.

✓ پیش فرض برنامه آن است که برای تیر در هر 0.5 متر به 0.5 متر نتایج خروجی ارائه می گردد و برای مهاربندها در 3 ایستگاه (ابتدا - وسط - انتها) نتایج خروجی داده می شود. اما همانطور که در بالا توضیح داده شد، می توان پیش فرضهای برنامه را تغییر داد.

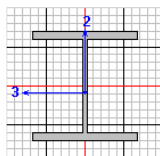
✓ علاوه بر ایستگاههای معرفی شده توسط کاربر یا ایستگاههای پیش فرض خود برنامه، هر جا بار متمرکزی روی المان قرار گرفته باشد و یا المانی به المان مورد نظر وصل شده باشد، برنامه یک ایستگاه در آن نقطه نیز در نظر می گیرد.

8. در برنامه *ETABS2000* برای هر المان خطی یک دستگاه مختصات راستگرد تعریف می شود. این دستگاه مختصات، محلی است و راستای آن با دستگاه مختصات کلی *X* و *Y* و *Z* متفاوت است. محورهای محلی با اسامی 1 و 2 و 3 نامگذاری می شوند. برای دیدن محورهایی محلی المان های خطی کافی است علامت  را کلیک کرده تا کادر زیر باز شود. در این کادر *Line Local Axes*  را از قسمت *Object View Option* تیک بزنید. در این حالت مشاهده خواهید کرد که

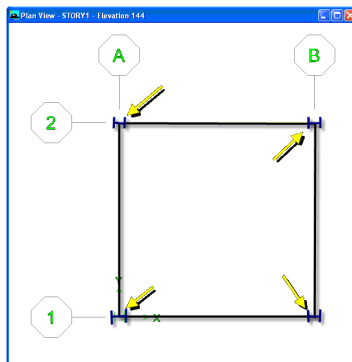
روی هر المان خطی سه محور با رنگهای سفید، قرمز، آبی نمایش داده می شود. این سه محور به ترتیب نشان دهنده محورهای محلی 1 و 2 و 3 المان خطی اند. بطور پیش فرض محور محلی 1 همیشه در راستای خود المان است و جهت آن وابسته به آن است که المان را از کدام طرف شروع به رسم کرده باشیم. پس محور محلی 1 همیشه از ابتدای المان به سمت انتهای المان است. در صورتی که المانهای خطی را با ابزار رسم المان خطی با کلیک و یا با باز کردن کادر دور یک ناحیه رسم کرده باشیم، در این صورت بطور پیش فرض برنامه المانها را در جهت مثبت محورهای مختصات سم خواهد کرد. مثلاً ستون را از پائین به بالا رسم می کند تا در جهت مثبت محور  $z$  باشد. وتیرها را در جهت مثبت محور  $x$  (از چپ به راست) و یا در جهت مثبت محور  $y$  (از پائین به بالا) و مهاربندها را در جهت مثبت  $z$  (از پائین به بالا) ترسیم می نماید. در صورتی که خودمان با استفاده از ابزار رسم خط المانهای خطی را رسم کنیم، بهتر است ما نیز به همین صورت المانها را رسم نمائیم. محور محلی 2 المان تیر در راستای محور  $z$  مثبت و محور محلی 3 آن به موازات صفحه  $xy$  است و طوری است که با دو محور دیگر از قانون دست راست پیروی می کند. در ستونها محور محلی 2 و 3 و بترتیب به موازات محورهای اصلی  $x$  و  $y$  می باشند.



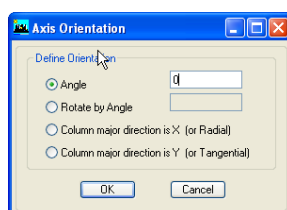
محورهای محلی ثابت نیستند و قابل چرخش اند، طوریکه محور محلی 2 و 3 را می توان حول محور محلی 1 چرخاند. چرخاندن محورهای محلی ممکن است برای چرخاندن راستای مقطع صورت گیرد. در برنامه ETABS برای هر مقطع نیز یک سیستم محورهای محلی تعریف می گردد. این محورها نیز با نامهای 1 و 2 و 3 نامگذاری می شود که محور محلی 2 به موازات جان مقطع و محور محلی 3 مقطع عمود بر راستای جان می باشد. برای دیدن این محورها کافی است وقتی در منوی *Define>Frame Section* مقاطع را تعریف می کنیم، به محورها 2 و 3 ترسیم شده دقت کنیم.



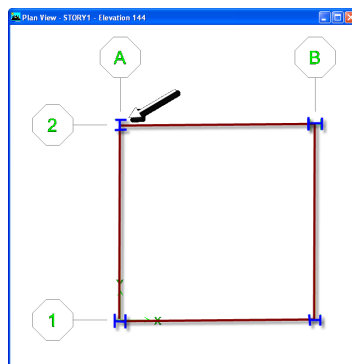
وقتی که مقطعی را به یک المان اختصاص می دهیم، مقطع طوری روی المان قرار می گیرد که محور 3و2 مقطع روی محور 3و2 المان قرار بگیرند. بنابراین وقتی مقطعی را به ستونی اختصاص می دهیم، مقطع طوری در پلان قرار می گیرد که جان آن به موازات محور  $x$  و بال آن به موازات محور  $y$  باشد. به عبارت دیگر هر مقطعی که در هنگام تعریف مقطع در قسمت *Define>Frame Section* می بینیم، وقتی به ستونی اختصاص می دهیم،  $90^\circ$  در پلان چرخیده و سپس بر روی المان واقع می گردد.



در صورتی که جهت قرار گیری ستون ما با جهت قرار گیری فوق متفاوت باشد، کافی است ستون مورد نظر را انتخاب کرده و با اجرای دستور *Assign > Frame / Line > Local Axes* زاویه مورد نظر برای چرخش المان را در قسمت *Angle* وارد کنیم.



در این حالت محورهای محلی 3و2 به اندازه زاویه وارد شده حول محور 1 چرخیده خواهد شد و به طبع آن مقطعی را هم که به المان اختصاص داده ایم خواهد چرخید.



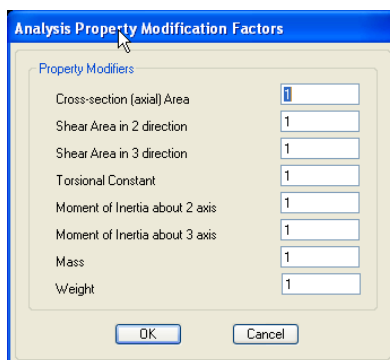
- ✓ در صورتی که در قسمت *Angle* عددی را وارد کنیم، محور محلی 3و2 المان یا المانهای انتخاب شده، حول محور محلی 1، به اندازه زاویه وارد شده نسبت به جهت پیش فرض برنامه دوران خواهد کرد.
- ✓ در صورتی که در قسمت *Rotate by Angle* عددی را وارد کنیم، محور محلی 3و2 المان یا

المانهای انتخاب شده، حول محور محلی 1، به اندازه زاویه وارد شده نسبت به زاویه قبلی محور دوران خواهد کرد.  
 ✓ در صورتی که گزینه **Column major direction is X (or Radial)** را انتخاب کنیم، محور محلی اصلی ستون (محور محلی 3) به موازات محور x دستگاه مختصات کلی قرار می گیرد.

✓ در صورتی که گزینه **Column major direction is Y (or Tangential)** را انتخاب کنیم، محور محلی اصلی ستون (محور محلی 3) به موازات محور x دستگاه مختصات کلی قرار می گیرد.

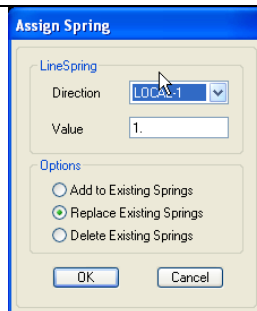
نکته: در برنامه ETABS2000 المانهای خطی و المانهای سطحی دارای محورهای محلی اند. در برنامه SAP2000 علاوه بر المانهای خطی و سطحی و حجمی (که المانهای حجمی را در برنامه ETABS2000 نداریم)، نقاط هم دارای محورهای محلی اند. در صورتی که در برنامه ETABS، محورهای محلی جداگانه ای برای نقاط نداریم.

9. برای آنکه، برای مشخصات مکانیکی المانهای خطی (نظیر  $I_x$ ،  $I_y$  و ... ) ضرایب اصلاحی را لحاظ کنیم، آن المانها را انتخاب کرده و گزینه **Assign > Frame / Line > Frame Property Modifiers** را اجرا کنید. در اینجا می توانید برای جرم و وزن هم، ضرائب اصلاحی تعریف کنید. مقادیر مشخصات مکانیکی مقطع، فقط در هنگام تحلیل سازه، در این ضرائب ضرب خواهند شد. ضرائب تعریف شده در این قسمت، جایگزین ضرائبی خواهند شد که از طریق دستور **Define>Frame Section** و در هنگام معرفی مقطع تعریف شده بودند.



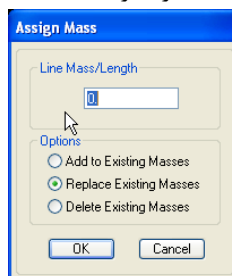
بطور معمول برای در نظر گرفتن اثر ترک خوردگی در مقاطع بتنی، بایستی ممان اینرسی آنها را کاهش داد. بدین منظور مطابق آیین نامه ACI 318 و یا مبحث نهم مقررات ملی، برای تیرها این ضریب کاهش عدد 0.35 و برای ستونها عدد 0.7 می باشد. در این صورت از این گزینه برای تصحیح استفاده می کنیم. همچنین ممکن است برای بعضی از مقاطع بخواهیم برای بعضی مشخصات، صلبیت خاصی را در نظر بگیریم. مثلاً بخواهیم به برنامه بگوئیم سختی خمشی یا برشی یا محوری مقطع بی نهایت است - صلب خمشی، برشی یا محوری است - . در صورتی که بخواهیم مقطعی را صلب خمشی کنیم، ممان اینرسی آن را در یک عدد بزرگ (مثلاً در  $10^5$ ) ضرب می کنیم. دقت کنید که این عدد نبایستی خیلی بزرگ - مثلاً  $10^{20}$ ، بسته به دقت عددی کامپیوتر- باشد، زیرا در این صورت برنامه در هنگام تحلیل دچار ناپایداری عددی شده و پیغام هشدار (Warning) می دهد. در صورتی که بخواهیم مقطعی را صلب محوری کنیم نیز به همین ترتیب، مساحت مقطع را در یک عدد بزرگ (مثلاً در  $10^5$ ) ضرب می کنیم. اما اگر بخواهیم مقطعی را صلب برشی کنیم، بایستی مساحت برشی آنرا در عدد صفر ضرب نمائیم.

10. اگر بخواهیم به یک المان خطی، تکیه گاه فنری خطی اختصاص دهیم، کافی است المان را انتخاب کرده و دستور **Assign>Frame/Line>Line Springs** را اجرا کنید.



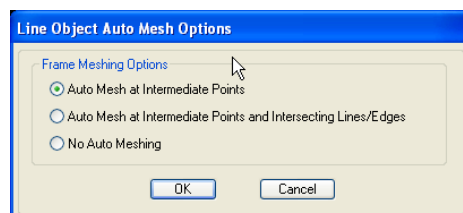
- ✓ در قسمت Direction LOCAL-1 یکی از سه محور محلی 1 و 2 و 3 را برای معرفی راستای فنر انتخاب کنید. این محورها، محوره‌های محلی المان خطی هستند. مثلاً همانطور که گفته شد، برای یک تیر، محور محلی 2 در راستای محور کلی z قرار دارد.
- ✓ در قسمت Value 1. مقدار سختی فنر بر واحد طول المان را (مثلاً در واحد  $\text{kgf/cm}^2$ ) وارد کنید.
- ✓ در قسمت Options یکی از سه گزینه مربوط به اضافه کردن سختی به سختی قبلی (Add...)، جایگزین کردن سختی با سختی قبلی (Replace...) و یا پاک کردن سختی (Delete...) را انتخاب کنید.

11. برای تعریف جرم خطی اضافی بر روی یک المان خطی، آن المان را انتخاب کرده و دستور *Assign>Frame/Line>Additional Line Mass...* را اجرا کنید.



در کادر خالی بالای این پنجره، مقدار جرم واحد طول اضافی مورد نظرتان را وارد کنید. مثلاً این مقدار می‌تواند در واحد  $\text{kg/m}$  باشد. در قسمت Options یکی از سه گزینه مربوط به اضافه کردن جرم به جرم قبلی (Add...)، جایگزین کردن جرم با جرم قبلی (Replace...) و یا پاک کردن جرم قبلی (Delete...) را انتخاب کنید.

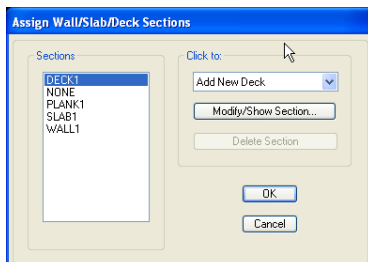
12. برای آنکه مشخص کنید المانهای خطی ای که با هم برخورد کرده اند در هنگام آنالیز، به هم وصل شوند یا خیر؟ المانهای متقاطع مورد نظر را انتخاب کرده و دستور *Assign > Frame /Line > Automatic Frame Subdivide* را اجرا کنید.



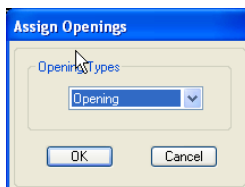
در صورتی که گزینه اول را انتخاب کنید، در هر قسمت از المان که نقطه ای وجود داشته باشد، المان در آن نقطه خواهد شکست. در صورتی که گزینه دوم را انتخاب کنید، المان انتخابی در محل نقاط میانی و یا در محل تقاطعشان با المانهای دیگر، در هنگام تحلیل وصل خواهند شد. در صورتی که گزینه سوم را انتخاب کنید، المانهای انتخابی در محل تقاطعشان، به

هم وصل نخواهند شد.

13. برای اختصاص مقاطع عناصر سطحی (مثل دیوار و کف و رمپ) ابتدا عناصر سطحی مورد نظر را انتخاب کرده و سپس با استفاده از گزینه *Assign > Shell / Area > Wall / Slab / Deck Section...* نوع مقاطعی را که قبلاً تعریف کرده اید، از قسمت *Sections* به آنها اختصاص دهید. در صورت تمایل می توانید همین جا نیز مقاطع کف- دیوار و یا رمپ جدیدی را تعریف کرده و اختصاص دهید.



14. در صورتی که بخواهید در قسمتی از کف بازشویی را تعریف کنید، کافی است در آن قسمت المان سطحی ای را ترسیم کرده و پس از انتخاب آن المان، دستور *Assign > Shell / Area > Opening* را اجرا کنید.



15. شتاب زلزله، در محلهائی که جرم وجود دارند، ایجاد نیرویی در جهت تحریک زلزله می کند، که به آن نیروی ناشی از شتاب زلزله و یا به اختصار، نیروی زلزله گفته می شود. این موضوع با استفاده از قانون دوم نیوتن ( $F=ma$ ) قابل توجیه است. از آنجا که قسمت اعظم جرم ساختمان، در کفها متمرکز اند، بنابراین می توان فرض کرد که نیروی زلزله در تراز کفها به سازه اعمال می شوند، هر چند اگر بین طبقات نیز جرمی وجود داشته باشد، مثلاً جرم ستون - دیوار برشی - باندند و یا نیم طبقات کوچک بین دو طبقه، می توان این جرمها را با تقریب خوبی بین دو طبقه نزدیک توزیع و متمرکز کرد. در هر صورت در نهایت جرمهای ساختمانی در تراز طبقات، متمرکز خواهند شد.

پس از محاسبه برش پایه و توزیع آن در تراز طبقات، یا توسط برنامه و یا توسط کاربر، بایستی نیروی زلزله طبقه را بین نقاط موجود در آن طبقه تقسیم کرد. نحوه انجام این توزیع و سهمی که هر نقطه از نیروی زلزله می برد، وابستگی زیادی به سختی درون صفحه ای سقف دارد. در صورتی که سختی درون صفحه ای سقف زیاد باشد، تمام نقاط واقع در طبقه، حرکت جانبی شان با هم یکسان می گردد و بنابراین توزیع نیروی زلزله به نسبت سختی هر نقطه انجام می گیرد. در این حالت گوئیم که سقف صلب است (همانطور که گفته شد، منظور صلبیت درون صفحه سقف است). در صورتی که سختی درون صفحه ای سقفی، کم می باشد، دیگر توزیع نیروی زلزله بین نقاط داخل سقف با حالت قبلی متفاوت خواهد بود. در این حالت توزیع زلزله بین عناصر باربر، تقریباً به نسبت مساحتی از کف که به آن وصل است، انجام می شود. در این حالت گوئیم سقف غیر صلب است.

طراح سازه همیشه سعی می کند شرایط مناسب برای صلب بودن سقف را بخصوص در سازه های بلند فراهم کند، چه در این حالت رفتار سقف در برابر بارهای جانبی مناسب تر بوده و توزیع بار بصورت یکنواخت تری صورت می گیرد. همچنین در این حالت امکان ارتعاش غیرهمزمان سقف که باعث تشدید نیروهای داخل دیافراگم سقف می شود، کاهش می یابد.

برای آنکه صلبیت سقف تأمین گردد، نیاز به تأمین شرایطی است. از جمله آنکه جنس سقف سختی مناسب برای انتقال نیروهای درون صفحه را داشته باشد. مطابق آئین نامه، حداقل ضخامت دال سقف تیرچه بلوک برای تأمین این شرط، 5 cm

است. حداقل ضخامت سقف کامپوزیت که مطابق آئین نامه  $8\text{ cm}$  می باشد، این شرط را بطور مناسبی تأمین می کند. در دالهای بتنی نیز در تأمین این نیاز، خوب عمل می کنند. اما در سقفهای تاق ضربی، که تقریباً منسوخ شده اند، جنس سقف که آجر فشاری و ملات گچ و خاک است، نمی تواند صلبیت مناسب برای انتقال نیروهای درون صفحه ای را تأمین کند. بنابراین بایستی با اجرای مهارهای ضربدری، سقف را در داخل صفحه، بطور مناسبی صلب کرد.

بایستی به این نکته توجه داشت که در سقفهای تیرچه دار، مثل سقف تیرچه بلوک، سقف کامپوزیت و سقف تیرک دار (تیردال)، در راستای تیرچه ریزی سقف دارای صلبیت بیشتری نسبت به جهت عمود بر آن است. بنابراین برای اینکه سقف در هر دو راستای اصلی عمود برهم صلبیت مناسب داشته و نیروی زلزله بطور مناسبی توزیع گردد، تیرچه ریزی در صورت امکان بفرم شطرنجی ریخته شود.

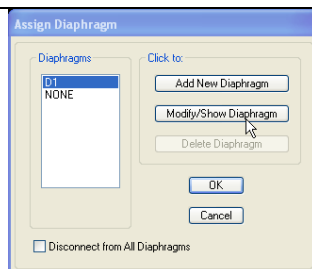
پارامتر دیگری که در صلب عمل کردن سقف مؤثر است، فاصله بین تکیه گاههای جانبی سقف می باشد. این تکیه گاهها ممکن است قابهای خمشی، قاب مهاربندی و یا دیوار برشی باشد. این تکیه گاهها مانند تکیه گاههای سخت نبوده، بلکه بصورت تکیه گاههای فنری دیافراگم سقف را *support* می کنند. در صورتی که فاصله تکیه گاههای جانبی از هم زیاد باشد، طوری که تحت بارهای جانبی، نقاط مختلف داخل سقف، تغییرمکانهای متفاوت زیادی نسبت به هم داشته باشند، در این صورت رفتار سقف را نمی توان صلب فرض کرد. بطور مثال ساختمان فلزی ای را در نظر بگیرید که در یک راستا دارای تعداد دهانه های زیادی است و تنها دهانه اول و آخر از این سازه مهار شده باشد. بنابراین فاصله تکیه گاههای جانبی سقف زیاد بوده و دهانه ای که سقف روی آن خیمه زده است، بلند خواهد بود. در این حالت احتمالاً تحت بار جانبی اعمالی به سقف، نقاط وسط سقف، بین دو تکیه گاه، بیشتر تغییرمکان داشته و در عوض نقاطی از سقف که نزدیک تکیه گاهند، تغییرمکان کمی خواهند داشت. پس در این حالت نمی توان رفتار سقف را تحت بارهای جانبی زلزله، صلب فرض کرد. برای آنکه بتوان رفتار سقف را به رفتار صلب نزدیک کرد، بایستی دهانه یا دهانه های وسطی را نیز مهاربند زد. در غیر اینصورت بایستی در مدلسازی کامپیوتری سازه، سقف را بصورت غیر صلب (انعطاف پذیر) مدلسازی کرد.

در صورتی که بازشوهای داخل سقف زیاد باشند، باز هم از سختی داخل صفحه سقف کاسته شده و بنابراین امکان آنکه بتوان در مدلسازی کامپیوتری، سقف را صلب در نظر گرفت، کاهش می یابد. در این حالت برای صلب کردن سقف، می توان از مهارهای افقی، برای کنترل تغییر شکلهای داخل صفحه سقف استفاده کرد.

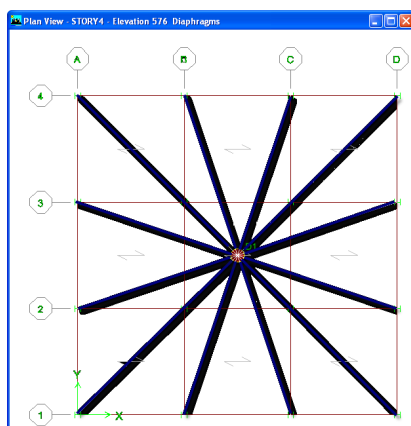
بطور خلاصه برای آنکه بتوان سقفی را صلب فرض کرد، بایستی سه شرط زیر همزمان برقرار باشد: 1- مصالح سقف دارای جنس با سختی مناسب (مدول الاستیسیته مناسب) باشد 2- فاصله بین تکیه گاههای جانبی (مثلاً مهارها) از هم زیاد نباشد 3- بازشوهای داخل سقف زیاد نباشند.

برای کنترل صلب بودن سقف، مبحث ششم مقررات ملی، کنترلی را قرار داده است. در صورتی که به صلب بودن سقف شک داریم، می توانیم آنرا به صورت غیر صلب در مدلسازی کامپیوتری در نظر گرفته و تحت بارهای جانبی وارد بر دیافراگم، مطابق رابطه 6-7-15، تغییرشکل نقاط مختلف سقف را نسبت به هم بررسی کنیم. در صورتی که حداکثر خیز افقی ای که در سقف ایجاد می شود، از  $\frac{1}{2}$  تغییر شکل متوسط نسبی ایجاد شده در کف بیشتر باشد، کف را نمی توان صلب فرض کرد. در اینصورتی بایستی با مدلسازی خود سقف، و بر اساس روش اجزاء محدود، توزیع مناسب نیروی جانبی صورت گیرد. به عبارت دیگر، در این حالت بایستی سقف را انعطاف پذیر مدلسازی کرد.

در برنامه ETABS2000 تعریف سقف، چه بصورت صلب و چه بصورت انعطاف پذیر، براحتی قابل انجام است. برای این منظور کافی است دستور *Define>Diaphragms* نوع سقف را صلب (*Rigid*) یا غیر صلب (*Semi Rigid*) تعریف کنیم. برای اختصاص خصوصیت دیافراگم، چه صلب چه غیر صلب، کافی است کفهای طبقات مورد نظر را انتخاب کرده و دستور *Assign>Shell /Area >Diaphragm* را اجرا کنیم.



16. در این حالت برنامه تمامی نقاط اطراف کفهای انتخاب شده در هر طبقه را، به مرکز جرم آن طبقه وصل می کند. در صورتی که نوع دیافراگم سقف صلب باشد، برنامه حرکت نقاط سقف را به حرکت مرکز جرم وابسته می کند. شکلی که در برنامه نشان داده می شود، بطور شماتیک این موضوع را نمایش خواهد داد. وصل کردن نقاط مختلف به مرکز جرم، در صورتی که نوع سقف صلب باشد، واقعی و در غیر این صورت اتصال نشان داده شده وجود نخواهد داشت.



✓ نقطه ای که بصورت شماتیک نشان داده می شود، مرکز جرم واقعی کف نیست. بلکه مرکز هندسی نقاطی است که به هم وصل شده اند.

✓ در صورتی که سقفی را صلب مدلسازی کنیم، از آنجا که تغییر مکان نقاط مختلف کف به هم بسته می شوند و تغییر مکان افقیشان با هم یکسان خواهد بود و در نتیجه تغییر مکان نسبی المان متصل به دو نقطه نیز صفر می شود. نتیجه اینکه اگر سقفی را صلب مدلسازی کنیم، نیروی محوری داخل تیرها تحت اثر بارگذاری جانبی، همگی صفر خواهند بود. اگر سقفی را انعطاف پذیر مدل کنیم، تحت اثر بارگذاری لرزه ای، در تیر نیروی محوری بوجود می آید که هر چه سقف انعطاف پذیرتر باشد، مقدار این نیروی محوری بیشتر خواهد بود.

✓ همانطور که گفته شد، بعضی اوقات در کفها بازشوهای بزرگی وجود دارند. برای آنکه سقف را صلب کرد، می توان از مهار افقی در داخل سقف استفاده نمود. برای ایجاد صلبیت، این مهارها بایستی شکلهای مثلثی خرپاگونه، مثل X یا A یا V یا K داشته باشند. برای طرح این اعضا کافی است سقف را در مدلسازی انعطاف پذیر در نظر گرفته و سپس تحت بارهای جانبی، نیروهای محوری بوجود آمده در این المانها را بدست آوریم. سپس این المانها را دقیقاً مانند بادبندهای ساختمانهای فلزی و برای نیروهای بدست آمده طراحی نمائیم.

✓ در صورتی که در ETABS سقف را انعطاف پذیر بخواهیم مدل کنیم، حتماً بایستی مشخصات سقف سازه ای را مانند آنچه موجود است، مدلسازی نمائیم. مثلاً در صورتی که جنس سقف تیرچه بلوک باشد، بایستی در قسمت *Define > Wall / Slab / Deck Sections*، در هنگام تعریف سقف نوع *Deck*، از گزینه *Filled Deck* استفاده کرده و دقیقاً ابعاد تیرچه و بتن دال روی آن را تعریف نمائیم. همچنین در قسمت *Material* نوع

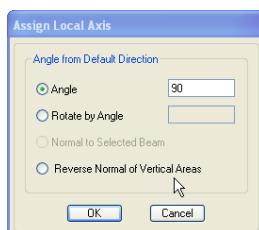


سقف را بطور مناسبی، با توجه به جنس سقف انتخاب کنیم. زیرا وقتی نوع سقف انعطاف پذیر مدلسازی می شود، مشخصات سقف مثل ضخامت و مدول الاستیسیته آن، در توزیع بار جانبی بین نقاط، مؤثر خواهد بود.

✓ برای تعریف و اختصاص کف صلب، لازم نیست برای هر کف، یک دیافراگم جداگانه در برنامه تعریف کنیم. و کافی است یک دیافراگم تعریف کرده و به همه طبقات اختصاص دهیم. زیرا برنامه ETABS با مفهوم طبقات آشنا بوده و دیافراگمهای طبقات مختلف را هر چند با یک نام باشند، به هم وصل نمی نماید.

✓ در صورتی که در یک طبقه دو کف جدا از هم داشته باشیم، بطوریکه هر کف برای خود دیافراگم صلب باشد، نمی توان برای کل آن کف یک دیافراگم تعریف کرد. زیرا در این صورت حرکت تمام نقاط این کف که در دو قسمت جداگانه از هم قرار گرفته اند، به هم وابسته خواهد شد که این درست نمی باشد. در این حالت بایستی برای هر قسمت جداگانه، دیافراگم جداگانه تعریف کرد.

17. المانهای سطحی نیز در برنامه برای خود دارای محورهایی محلی هستند. محورهایی محلی کف دارای نامهای 1و2و3 می باشند. در کفها، جهت محورهایی محلی 1و2و3 به ترتیب به موازات محورهایی کلی  $x$  و  $y$  و  $z$  است. در صورتی که کفی دارای رفتار یک طرفه باشد، برنامه بطور پیش فرض جهت تیرچه یا جهت انتقال بار را در جهت محور محلی 1 کف قرار می دهد. بنابراین در صورتی که بخواهیم، جهت انتقال بار سقف (جهت تیرچه ریزی) را بچرخانیم، بایستی جهت محور محلی سقف را بچرخانیم. برای این منظور کف یا کفهای موردنظر را انتخاب کرده و دستور `Assign>Shell/Area>Local Axes` را اجرا کنید.



بنابراین در حالت پیش فرض، برنامه جهت تیرچه ریزی را در جهت محور محلی 1 که به موازات محور کلی  $x$  است، در نظر می گیرد. بنابراین در صورتی که بخواهیم، جهت تیرچه ریزی سقفی را در جهت محور  $y$  قرار دهیم، کافی است آن سقف را انتخاب کرده و با اجرای دستور فوق، در کادر بالا عدد  $90^\circ$  را وارد کنیم.

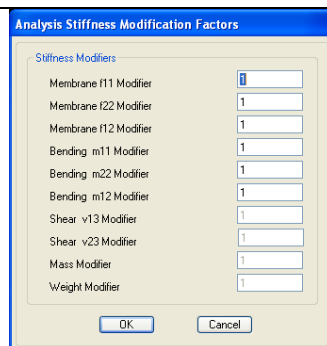
✓ در صورتی که در قسمت `Angle` عددی را وارد کنیم، محور محلی 1و2 سقف یا سقفهای انتخاب شده، حول محور محلی 3، به اندازه زاویه وارد شده نسبت به جهت پیش فرض برنامه دوران خواهد کرد.

✓ در صورتی که در قسمت `Rotate by Angle` عددی را وارد کنیم، محور محلی 2و3 المان یا المانهای انتخاب شده، حول محور محلی 1، به اندازه زاویه وارد شده نسبت به زاویه قبلی محور دوران خواهد کرد.

✓ در صورتی که یک سقف و یک تیر دیگر را انتخاب کرده و گزینه `Normal to Selected Beam` را انتخاب کنیم، در این حالت جهت سقف طوری می چرخد که بر تیر عمود باشد.

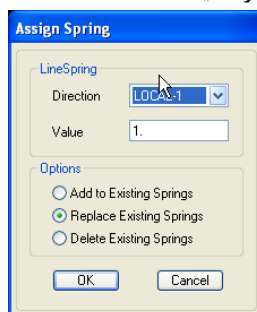
✓ در صورتی که کفی را انتخاب کرده و گزینه `Reverse Normal of Vertical Areas` را اجرا کنید، محور محلی 3 کف که عمود بر کف است، جهت اش معکوس می گردد.

18. در صورتی که بخواهید ضرایب اصلاحی را در نیروهای داخلی المانهای سطحی اعمال کنید، آن سطوح را انتخاب کرده و گزینه `Assign > Shell / Area > Shell Stiffness Modifiers` را اجرا کنید. در اینجا می توانید برای نیروهای داخل صفحه (*Membrane Forces*) که شامل  $f11$  و  $f22$  و  $f12$  می باشد و همچنین نیروهای ناشی از خمشی (*Bending Forces*) شامل  $m11$  و  $m22$  و  $m12$  ضرایب اصلاحی تعریف کرد. این مشخصات، فقط در هنگام محاسبه سختی المان و برای تحلیل سازه، استفاده خواهند شد. ضرایب تعریف شده در این قسمت، جایگزین ضرایبی خواهند شد که از طریق دستور `Define>Shell / Area / Deck Section` و در هنگام معرفی مقطع سطحی تعریف شده بودند.



بطور معمول برای در نظر گرفتن اثر ترک خوردگی در مقاطع بتنی، بایستی ممان اینرسی آنها را برای تحلیل کاهش داد. بدین منظور مطابق آئین نامه *ACI 318* و یا مبحث نهم مقررات ملی، برای تیرها این ضریب کاهش عدد  $0.35$  و برای ستونها عدد  $0.7$  می باشد. برای دیوارهای برشی، این ضریب کاهش عددی برابر  $0.7$  و یا  $0.35$  و برحسب مقدار تنشهای کششی ایجاد شده در بتن می باشد. در حقیقت مقدار این ضریب، پس از انجام یک بار آنالیز سازه مشخص می شود. فرض کنید می خواهیم ضریب ترک خوردگی ای برابر  $0.7$  را برای ممان اینرسی دیوار برشی حول محور اصلی، اعمال کنیم. در این صورت دیوار مورد نظر را انتخاب کرده و دستور فوق را اجرا کنید. سپس در قسمت *Membrane f22 Modifier* عدد  $0.7$  را وارد نمایید. دقت کنید از آنجا که دیوار برشی، لنگر خمشی ایجاد شده را با نیروهای درون صفحه ای تحمل می کند، برای آنکه سختی خمشی دیوار را در عدد  $0.7$  ضرب کنیم، کافی است سختی داخل صفحه دیوار را در عدد  $0.7$  ضرب نمائیم. همچنین ممکن است برای بعضی از مقاطع بخواهیم برای بعضی مشخصات، صلبیت خاصی را در نظر بگیریم. مثلاً بخواهیم به برنامه بگوئیم سختیهای داخل صفحه مقطع صفر است، کافی است در این قسمت، برای سختی مربوط به نیروهای داخل صفحه، ضریب  $0$  را معرفی کنیم.

19. اگر بخواهیم به یک المان سطحی، تکیه گاه فنری سطحی اختصاص دهیم، کافی است المان را انتخاب کرده و دستور *Assign>Shell /Area>Area Springs* را اجرا کنید.



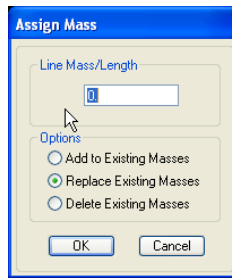
✓ در قسمت *Direction* LOCAL-1 را انتخاب کنید. یکی از سه محور محلی 1 و 2 و 3 را برای معرفی راستای فنر انتخاب کنید. این محورها، محورهای محلی المان سطحی هستند. مثلاً همانطور که گفته شد، برای یک کف، محور محلی 3 در راستای محور کلی  $z$  قرار دارد.

✓ در قسمت *Value* مقدار سختی فنر بر واحد سطح المان را ( مثلاً در واحد  $\text{kgf/cm}^3$ ) وارد کنید.

در قسمت *Options* یکی از سه گزینه مربوط به اضافه کردن سختی به سختی قبلی (*Add ...*)، جایگزین کردن سختی با سختی قبلی (*Replace ...*) و یا پاک کردن سختی (*Delete...*) را انتخاب کنید.

20. برای تعریف جرم سطحی اضافی بر روی یک المان سطحی، ابتدا آن المان را انتخاب کرده و دستور

Assign>Shell/Area >Additional Line Mass... را اجرا کنید.

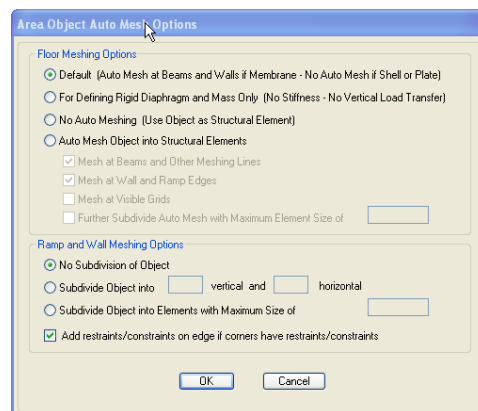


در کادر خالی بالای این پنجره، مقدار جرم واحد سطح اضافی مورد نظرتان را وارد کنید. مثلاً این مقدار می تواند در واحد  $kg/m^2$  باشد. در قسمت Options یکی از سه گزینه مربوط به اضافه کردن جرم به جرم قبلی (Add...), جایگزین کردن جرم با جرم قبلی (Replace...) و یا پاک کردن جرم قبلی (Delete...) را انتخاب کنید.

21. ممکن است به دلایل مختلف بخواهیم المانهای سطحی کف، رمپ یا دیوار را تقسیم بندی کنیم. تقسی بندی سقف بیشتر برای تعریف نحوه انتقال بار از کف و نقاط اتصال کف انجام می پذیرد. اما تقسیم بندی دیوار برای انجام تحلیل دقیقتر صورت می گیرد. زیرا همانطور که می دانیم، از آنجا که برنامه برای انجام تحلیل، از روش اجزای محدود (F.E.) استفاده می کند، که روشی تقریبی است و معمولاً هرچه تقسیم بندی صورت گرفته بیشتر باشد، نتایج تحلیل دقیقتر خواهد بود.

برای آنکه المانهای سطحی مثل کف یا دیوار را تقسیم کنیم، یک راه آن است که از دستور Edit > Mesh Areas ... استفاده شود. در این حالت برنامه المان سطحی را بر اساس گزینه انتخاب شده، تقسیم بندی خواهد کرد و این تقسیم بندی توسط کاربر قابل دیدن است.

را دیگر برای تقسیم بندی المانهای سطحی آن است که ابتدا المان سطحی مورد نظر را انتخاب کرده و سپس دستور Assign > Shell / Area> Area Object Mesh Options را اجرا کنیم.



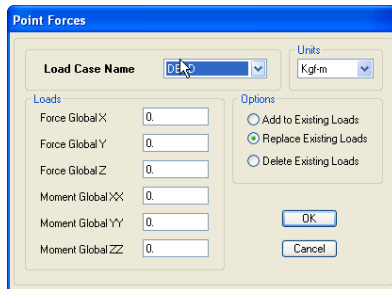
در این دستور دو قسمت کلی، یکی برای تقسیم بندی کف و دیگری برای تقسیم بندی دیوار وجود دارد. دقت شود که پس از اجرای این دستور، برنامه تقسیم بندی های صورت گرفته را نمایش نمی دهد، بلکه فقط هنگام تحلیل است که بطور داخلی این المانها را تقسیم بندی خواهد کرد.

✓ استفاده از این گزینه برای تقسیم بندی دیوارهای برشی متصل به فونداسیون مناسب نمی باشد و برای مش بندی این دیوارها بهتر است از دستور Edit > Mesh Areas ... استفاده شود. علت این مسئله آن است که وقتی المانهای سطحی را بصورت داخلی مش بندی می کنیم، در محل اتصال المانها به پی، گره های اضافه

ای ایجاد نمی شود. در صورتی که وقتی از دستور *Edit > Mesh Areas ...* استفاده می گردد، تقسیم بندی صورت گرفته در دیوار، همراه با گره هایی که در محل اتصال دیوار به پی هستند، نمایش داده خواهد شد. بنابراین می توان این گره ها را بصورت تکیه گاه تعریف کرد و آنها را به پی متصل کرد که در واقعیت هم این اتصال وجود دارد. و هرچه تعداد این نقاط اتصال بیشتر باشند (تعداد مشها بیشتر باشند)، مدل سازی به مدل حقیقی نزدیکتر است. اما در صورتی که به دیوار به صورت داخلی مش بخورد، فقط در محل دولبه یا دو ستون انتهای دیوار، اتصال بین دیوار و فونداسیون را خواهیم داشت. بنابراین در این محل بایستی کل نیروی زلزله اعمالی به دیوار به فونداسیون منتقل شود که بطور غیر واقعی، نیروهای بزرگی خواهند بود.

✓ اتصال پای دیوار برشی به فونداسیون، چه بصورت مفصلی و چه بصورت صلب مدلسای شود، تأثیری بر نتایج نخواهد داشت، علت آن است که لنگر خمشی اعمال شده به دیوار، توسط نیروهای محوری و درون صفحه در دیوار تحمل می شود. و با عملکرد خمش صفحه ای این انتقال صورت نمی گیرد. بنابراین به صورت صلب مدل سازی کردن اتصال پای دیوار، بی مورد است.

22. در صورتی که روی یک سری نقاط گرهی، نیروهای متمرکز دارید، آن گره ها را انتخاب کرده و با استفاده از دستور *Assign > Joint / Point Loads > Force* آنها اختصاص دهید.



در قسمت *Load Case Name* DEAD در حالت بار مورد نظر را از بین حالت بارهایی که قبلاً از طریق دستور *Define>Static Load Cases* تعریف کرده اید، انتخاب کنید.

در قسمت *Units* می توانید واحد مورد نظر برای بارگذاری را تغییر دهید.

در قسمت *Loads* در هر یک از جهتهای اصلی  $x$  یا  $y$  یا  $z$  و همچنین لنگر حول محورهای  $x$  و  $y$  و  $z$  که مایل هستید، می توانید بارگذاری موردنظرتان را وارد کنید.

در قسمت *Options* یکی از گزینه های اضافه کردن مقدار بار به مقدار بار قبل در همان حالت بار انتخاب شده (*Add to Existing Loads*)، جایگزینی مقدار بار با مقدار بار قبلی در همان حالت بار انتخاب شده (*Replace Existing Loads*) و یا پاک کردن تمام بار که در حالت بار مورد نظر روی گره انتخاب شده اعمال شده است (*Delete Existing Loads*) را انتخاب کنید.

✓ دقت داشته باشید، در صورتی که باری را اضافه و کم، جایگزین و یا پاک کنید، این تغییر فقط در همان حالت باری که در قسمت بالای کادر انتخاب کرده اید، اعمال می گردد و در بقیه حلت بارها تأثیری نخواهد داشت.

✓ بطور معمول در ساختمانهای متعارف، بارهای اعمالی شامل بارهای کف و دیوار، بارهای گسترده سطحی یا خطی اند و کمتر با بارهای متمرکز سرو کار داریم. اما ممکن است برای اعمال بار زلزله جهت قائم، روی نوک طره ها و یا اعمال بار ناشی از آسانسور در بالاترین نقطه ستونهای سازه که متصل به آسانسوراند، سراغ بارهای نقطه ای برویم.

23. در صورتی که بخواهیم در یکی از تکیه گاههای سازه، نشست تکیه گاهی اعمال کنیم و آن را در تحلیل سازه وارد نمائیم، پس از انتخاب گره های تکیه گاهی مورد نظر، گزینه *Assign > Joint / Point Loads > Ground*

*Displacement* را انتخاب کنید.

گزینه های این کادر، دقیقاً مانند گزینه های کادر قسمت قبل است. فقط در اینجا بجای بار گرهی متمرکز در جهت محوره های اصلی بایستی انتقال گرهی در جهت محوره های اصلی و بجای لنگر حول محوره های اصلی، بایستی مقدار دوران حول محوره های اصلی را وارد کنیم.

✓ بطور معمول در طرح سازه، پی ها طوری طرح می شوند که نشستهای تکیه گاهی از مقادیر مجازی بیشتر نشوند. در این حالت نیازی به اعمال کردن نشستهای تکیه گاهی- که مقادیر کوچکی دارند- در تحلیل سازه نیست.

24. برای اعمال بار نقطه ای روی یک المان خطی، ابتدا آن را انتخاب کرده و سپس دستور *Assign>Frame/Line Loads>Point* را انتخاب کنید.

حالت بار را در قسمت *Load Case Name* ، واحد موردنظر را در قسمت *Units* انتخاب کنید. یکی از گزینه های اضافه کردن بار، جایگزینی بار و یا پاک کردن بارهای اعمالی را در قسمت *Options* انتخاب کنید. در قسمت *Load Type and Direction* یکی از دو نوع، نیرو و یا لنگر را برای بارگذاری خود انتخاب کنید. جهت مورد نظر برای بارگذاری را در قسمت *Direction* انتخاب نمایید. جهت هایی که می توانید بار متمرکز را اعمال کنید، یکی از جهت های اصلی  $x$  و  $y$  و  $z$  (*Gravity*) و یا محوره های محلی 1 و 2 و 3 و 4 المان خطی می باشند. جهت *Gravity* همان جهت راستای ثقل یا  $z$ - است. بنابراین وقتی می خواهیم باری به سمت ثقل معرفی کنیم، بایستی جهت *Gravity* را انتخاب کرده و عددی که وارد می کنیم، با علامت مثبت باشد و برعکس اگر بخواهیم جهت بارگذاری در جهت خلاف راستای ثقل (جهت  $+z$ ) باشد، بایستی عدد اعمالی در این قسمت منفی باشد. همانطور که قبلاً گفته شد، جهت محوره های محلی 1 و 2 و 3 برای تیرها (المانهایی هستند که موازی صفحه  $xy$  می باشند) به ترتیب در راستای خود المان، موازی محور  $z$  و موازی صفحه  $xy$  است. برای ستونها (المانهایی هستند که راستای آنها در راستای محور  $z$  است) محوره های محلی 1 و 2 و 3 به ترتیب در راستای خود المان، به موازات محوره های  $x$  و  $y$  است. برای مهاربندها (المانهایی هستند که به موازات صفحه  $xy$  نیستند و درعین حال در محور طولی آنها به موازات محور  $z$  هم نیست) محوره های محلی 1 و 2 و 3 به ترتیب به موازات محور طولی مهاربند، در صفحه مهاربند و عمود بر راستای مهاربند، عمود بر صفحه مهاربند می باشد. بطور معمول وقتی از راستای محوره های محلی استفاده می شود که المان مورد نظر

مایل باشد و بخواهیم بارگذاری اعمال شده در راستای محورهای محلی که با محورهای اصلی زاویه دارند، باشند. در قسمت **Point Loads** محل اعمال بارهای نقطه ای از ابتدای المان و مقادیر آنها را حداکثر در چهار نقطه مورد نظر وارد کنید. در صورتی که در زیر این قسمت گزینه **Relative Distance from End-I** را انتخاب کرده باشید، فاصله های وارد شده بایستی نسبی باشند. مثلاً عدد 0.2 وارد شده در قسمت وارد کردن فواصل، به معنی آن است که بار نقطه ای مورد نظر در فاصله  $0.2L$  از ابتدای المان واقع است. در عوض چنانچه گزینه **Absolute Distance from End-I** انتخاب شده باشد، فاصله بار بایستی بصورت مطلق وارد شود. مثلاً عدد 0.2 وارد شده در این حالت، نشان دهنده فاصله 0.2 متری بار اعمالی از ابتدای المان است (در صورتی که واحد جاری متر باشد).

✓ در صورتی که بیش از چهار بار نقطه ای بر روی المان وجود داشته باشد. بایستی آنها را چهار تا چهار تا وارد کرد و هر بار که بارهای نقطه ای جدید را وارد می کنیم، بایستی گزینه **Add to Existing Loads** را انتخاب کنیم تا بار تعریف شده، به بار قبلی افزوده شود.

شکل زیر حالتی را نشان می دهد که بخواهیم یک بار نقطه ای  $5\text{ Ton}$  در نقطه  $1/2$  تیر و یک بار نقطه ای  $3\text{ Ton}$  در نقطه  $3/4$  تیر و در حالت بار **Live** اعمال کنیم. در اینجا چون گزینه **Replace Existing Loads** انتخاب شده است، مقادیر بار قبلی ای که رد حالت بار **Live** اعمال شده اند، پاک شده (در صورتی که اصلاً اعمال شده باشند) و مقادیر جدید جایگزین آنها خواهند شد.

25. برای آنکه بارهای خطی گسترده چه به صورت یکنواخت مستطیلی، مثلثی و یا دوزنقه ای را به المان یا المانهایی اعمال کنیم، پس از انتخاب المانهای مورد نظر، گزینه **Assign > Frame/Line Loads > Distributed** را اجرا کنید.

حالت بار را در قسمت **Load Case Name** **DEAD** ، واحد موردنظر را در قسمت **Units** **Kgf-m** انتخاب کنید. یکی از گزینه های اضافه کردن بار، جایگزینی بار و یا پاک کردن بارهای اعمالی را در قسمت **Options** انتخاب کنید. در قسمت **Load Type and Direction** یکی از دو نوع، نیرو و یا لنگر را برای بارگذاری خود انتخاب کنید. جهت مورد نظر برای بارگذاری را در قسمت **Direction** **Gravity** انتخاب نمایید. جهتهایی که می توانید بار متمرکز را اعمال کنید، یکی از

جهتهای اصلی  $x$  و  $y$  و  $z$  (Gravity) یا محوره‌های محلی 1 و 2 و 3 المان خطی و یا در راستای تصویر راستاهای محور اصلی هستند که با نامهای  $Global X-Projection$ ،  $Global Y-Projection$ ،  $Gravity Projection$  می‌باشند. بطور مثال در صورتی که بخواهیم باری در جهت ثقل روی یک المان خطی اعمال کنیم، طوری که در راستای خود المان باشد، جهت Gravity و در صورتی که بخواهیم باری در جهت ثقل منتها در راستای تصویر افق به المان خطی اعمال کنیم، جهت Gravity Projection را بایستی انتخاب کرد. بدیهی است در صورتی که مثلاً المان مورد نظر به موازات صفحه  $xy$  باشد، انتخاب هر یک از این دو گزینه تفاوتی نمی‌کند. ولی اگر المان خطی به موازات صفحه  $xy$  نبوده بلکه مایل باشد، در این حالت، انتخاب هر یک از این دو حالت با هم فرق می‌کند. بطور معمول در سقفهای شیب دار، بارهای اعمالی مرده و برف را در راستای تصویر افق ثقل می‌دهند و بنابراین برای اعمال آنها بایستی گزینه Gravity Projection را بایستی انتخاب کرد.

Uniform Load  
Load 0

در صورتی که بخواهیم بار خطی گسترده یکنواختی را به المان اعمال کنیم بایستی در قسمت

مقدار بار مورد نظر را وارد کنیم.

در صورتی که بخواهیم باری به غیر از یکنواختی را و به هر شکل دلخواهی مثل مثلی، دوزنقه ای را روی المان اعمال

Trapezoidal Loads

1	2	3	4
Distance 0	0.25	0.75	1
Load 0	0	0	0

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

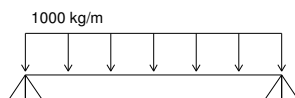
کنیم، کافی است در قسمت این کار را انجام دهیم. در این قسمت بایستی معادله

خط بارگذاری مورد نظر را با وارد کردن چهار نقطه از خط بارگذاری، معرفی کنیم.

در قسمت Point Loads محل اعمال بارهای نقطه ای از ابتدای المان و مقادیر آنها را حداکثر در چهار نقطه مورد نظر وارد

کنید. در صورتی که در زیر این قسمت گزینه Relative Distance from End-I را انتخاب کرده باشید، فاصله های وارد شده بایستی نسبی باشند. مثلاً عدد 0.2 وارد شده در قسمت وارد کردن فواصل، به معنی آن است که بار نقطه ای مورد نظر در فاصله 0.2L از ابتدای المان واقع است. در عوض چنانچه گزینه Absolute Distance from End-I انتخاب شده باشد، فاصله بار بایستی بصورت مطلق وارد شود. مثلاً عدد 0.2 وارد شده در این حالت، نشان دهنده فاصله 0.2 متری بار اعمالی از ابتدای المان است (در صورتی که واحد جاری متر باشد).

مثالهایی از نحوه انجام این بارگذاری در شکلهای زیر نشان داده شده اند:



Frame Distributed Loads

Load Case Name: DEAD Units: Kg-m

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments Direction: Gravity

Options: ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

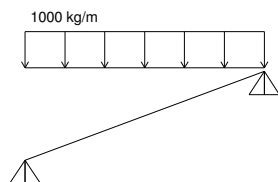
Trapezoidal Loads

1	2	3	4
Distance 0	0.25	0.75	1
Load 0	0	0	0

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load 1000

OK Cancel



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction: Gravity (selected)

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

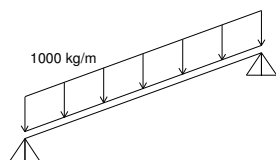
Trapezoidal Loads:

Distance	1	2	3	4
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 1000

OK Cancel



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction: Gravity (selected)

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

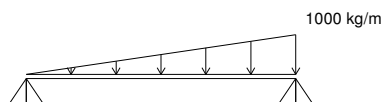
Trapezoidal Loads:

Distance	1	2	3	4
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 1000

OK Cancel



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction: Gravity (selected)

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

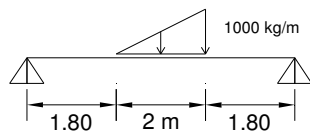
Trapezoidal Loads:

Distance	1	2	3	4
Distance	0	1	0	0
Load	0	1000	0	0

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 0

OK Cancel



**Frame Distributed Loads**

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction: Gravity (selected)

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

Distance	1	2	3	4
Distance	1.8	3.8	3.8	0
Load	0	1000	0	0

Relative Distance from End-I, Absolute Distance from End-I (selected)

Uniform Load: Load: 0

OK Cancel