

Frame Distributed Loads

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments Direction: Gravity (Proc)

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

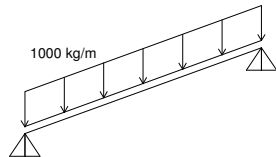
Trapezoidal Loads:

| | 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 ☐ Moments Direction: Gravity

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

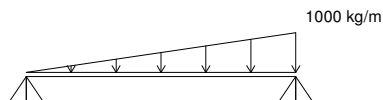
Trapezoidal Loads:

| | 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 ☐ Moments Direction: Gravity

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

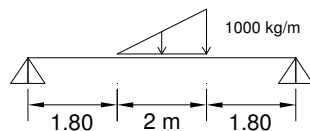
Trapezoidal Loads:

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

☒ Relative Distance from End-I ☐ 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 ☐ Moments Direction: Gravity

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

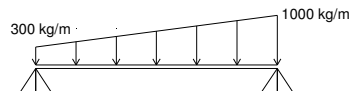
Trapezoidal Loads:

| | 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

Uniform Load: Load: 0

OK Cancel



Frame Distributed Loads

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

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

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

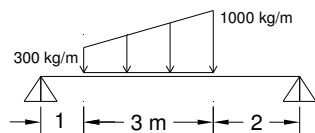
Trapezoidal Loads:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|------|-------|----|-----|
| Distance | 0. | 1. | 0. | 0.1 |
| Load | 300. | 1000. | 0. | 0. |

☒ Relative Distance from End-I ☐ 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 ☐ Moments Direction: Gravity

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

Trapezoidal Loads:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|------|-------|----|----|
| Distance | 1. | 4. | 3. | 0. |
| Load | 300. | 1000. | 0. | 0. |

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

Uniform Load: Load: 0.

OK Cancel

26. برای اختصاص بارهای سطحی گسترده یکنواخت، پس از انتخاب المانهای سطحی کف یا دیوار مورد نظر، گزینه Assign>Shell/Area Loads> Uniform را اجرا نمایید.

Uniform Surface Loads

Load Case Name: DEAD Units: Kgf-m

Uniform Load: Load: 0. Direction: Gravity

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

OK Cancel

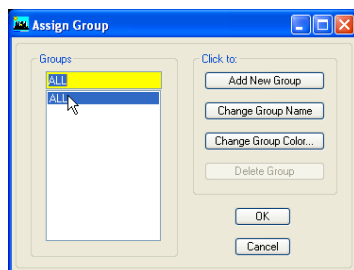
در این قسمت حالت بارگذاری مورد نظر را در قسمت Load Case Name، واحد را در قسمت Units، جهت بارگذاری را در قسمت Direction، و یکی از گزینه های اضافه کردن، جایگزین کردن و پاک کردن را در قسمت Options انتخاب کنید. دقت شود که مانند بارگذاری روی خط، در اینجا نیز بارگذاری می تواند در جهت محورهای محلی 1 و 2 و 3 المان یا محورهای کلی x و y و z و یا تصویر x و y و z باشد. برای یک کف (که به موازات صفحه xy است، محورهای محلی 1 و 2 و 3 به ترتیب به موازات محورهای کلی x و y و z هستند.

✓ بر روی سطوح، تنها می توان بار گسترده یکنواخت قرار داد. در صورتی که بار گذاری مورد نظر هر شکل دیگری مثل منشوری داشته باشد، برای دقت بیشتر بایستی سطح را به یک سری المانهای کوچکتر تقسیم کرده و بارگذاری هر قسمت را که به صورت منشوری و غیر یکنواخت است، برای آن ناحیه معادل سازی و یکنواخت نمائیم.

✓ در صورتی که بار خطی بر روی یک المان سطحی داشته باشیم (مثل بار دیوار روی سطح)، کافی است یک خط با مقطع Null درست در زیر بار خطی ترسیم کرده و بار مورد نظر را روی المان خطی قرار دهیم.

✓ در صورتی که بار نقطه ای روی یک المان سطحی داشته باشیم، کافی است در محل اعمال بار نقطه ای، با استفاده از دستور *Draw > Draw Point Objects* نقطه ای را رسم کنیم. سپس بار نقطه ای مورد نظر را با استفاده از دستور *Assign>Joint / Point Loads>Force* روی نقطه مورد نظر اعمال کنید.

27. در برنامه ETABS این قابلیت وجود دارد که برای یک سری از المانها گروه خاصی را تعریف کنیم. با این کار می توان به هنگام انتخاب، المانهای مورد نظر را براحتی و بطور یکجا انتخاب کرد. همچنین می توان در هنگام طراحی سازه فلزی، از برنامه خواست برای همگی المانهای داخل یک گروه، تنها یک مقطع طراحی کنید. برای تعریف گروه ها، پس از انتخاب دسته المانهای مورد نظر نقطه ای - سطحی - خطی، که می خواهید داخل یک لیست قرار گیرند، گزینه *Assign > Group Names* را اجرا کنید.



در قسمت **Groups** نامی برای گروه موردنظر خود وارد کنید و سپس دکمه **Add New Group** را فشار دهید. با این کار نام گروه تعریف شده، به لیست گروههای موجود در برنامه افزوده می شود. همچنین می توان با انتخاب نام یک گروه و فشار دادن دکمه **Delete Group** نام گروه را از لیست گروههای برنامه حذف کرد.

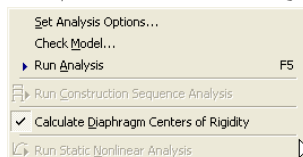
✓ در صورتی که بخواهیم عنصری را به یک گروه اضافه کنیم، بایستی ابتدا تمام عناصر آن گروه را همراه با عنصر مورد نظر انتخاب نموده و با اجرای دستور فوق، از پنجره ظاهر شده، نام گروه موردنظر را انتخاب کنیم.

برنامه ETABS 2000

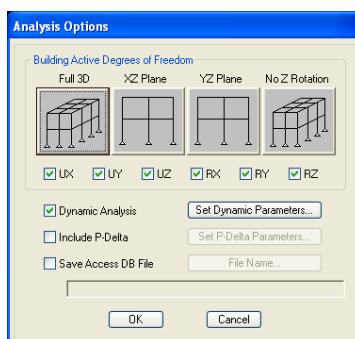
درس شماره 7

تنظیم پارامترهای تحلیل و تحلیل مدل با استفاده از منوی Analysis

از این مرحله به بعد وارد قسمت آنالیز می شویم. برای آنکه تنظیمات مربوط به تحلیل سازه را انجام داده و سازه را تحلیل کنیم، لازم است از منوی *Analyze* استفاده کنیم.



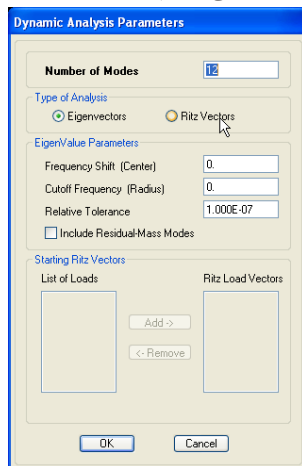
1. گزینه *Set Analysis Options > Analysis* را انتخاب کنید، تا پارامترهای تحلیل سازه را کنترل کنید.



در قسمت *Building Active Degrees of Freedom* درجات آزادی فعال سازه را معرفی نمائید. در این قسمت در مقابل هر درجه آزادی ای که گرهای سازه قابلیت تغییرشکل را در آنها دارند، تیک بزنید. بجای این کار می توانید روی یکی از شکلهای از قبل در نظر گرفته شده برای سازه کلیک کنید. در این حالت برنامه درجات آزادی فعال سازه را اتوماتیک فعال می کند. در حالت کلی و در یک قاب سه بعدی، هر گره دارای 6 درجه آزادی حرکت است. 3 درجه آزادی آن انتقالی و 3 درجه آزادی آن دورانی است. اما یک قاب دو بعدی در صفحه xz ، فقط قادر به انتقال در جهتهای x و z (UX و UZ) و دوران حول محور y (UY) است. بنابراین در این حالت بایستی فقط این گزینه ها تیک بخورند.

در صورتی که بخواهید برنامه تحلیل ارتعاشی روی سازه انجام دهد، قسمت *Dynamic Analysis* را تیک بزنید. دقت کنید که انجام تحلیل ارتعاشی به معنی انجام تحلیل دینامیکی و بدست آوردن نیروها و تغییرمکانهای سازه تحت بارهای دینامیکی نیست. بلکه با فعال کردن این گزینه تنها پارامترهای ارتعاشی سازه مثل شکل مودهای طبیعی سازه و پریود مودهای طبیعی سازه محاسبه می شوند. اما برعکس، در صورتی که بخواهیم تحلیل دینامیکی انجام دهیم، حتماً بایستی این گزینه انجام تحلیل ارتعاشی را فعال کنیم. با فشردن دکمه *Set Dynamic Parameters...* می توان تنظیمات مربوط به تحلیل ارتعاشی را انجام داد. در قسمت *Number of Modes* می توان تعداد مودهای ابتدائی ای از سازه را که می خواهیم برنامه محاسبه کند را وارد می کنیم. سازه ای به تعداد درجات آزادی فعال، تعداد مود ارتعاشی دارد. در صورتی که تعداد درجات آزادی جرمی فعال سازه از تعداد درجات آزادی تغییرمکانی کمتر باشد، به آن تعداد فقط مود ارتعاشی داریم. در صورتی که تمامی گرهای کفها به دیافراگم صلب متصل باشند، به ازای هر کف، سازه سه درجه آزادی جرمی متمرکز خواهد داشت. بنابراین در این حالت تعداد مودهای ارتعاشی سازه به ازای هر کف 3 مود است. مثلاً یک سازه 5 طبقه با تعریف کف صلب برای طبقات آن، دارای 15 درجه آزادی جرمی است.

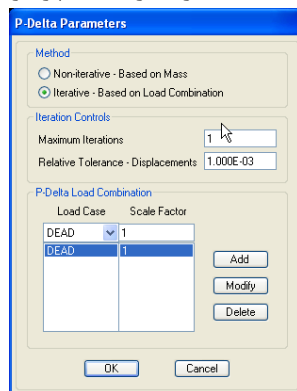
✓ دقت کنید نیازی به در نظر گرفتن تمامی مودهای ارتعاشی سازه در انجام تحلیل دینامیکی نیست. بلکه بطور معمول فقط مودهای اولیه ارتعاشی سازه بیشترین مشارکت را در پاسخ سازه دارند. مطابق آئین نامه در صورتی که نخواهیم همگی مودهای ارتعاشی را در تحلیل دینامیکی لحاظ کنیم، حداقل تعداد مودهایی را که در نظر می گیریم، 3 مود در هر راستای سازه (6 مود برای سازه دو بعدی) است. همچنین تعداد مودهایی که در محاسبات لحاظ می شوند بایستی طوری باشند که 90% جرم سازه را تحریک و مرتعش نمایند. علاوه بر این هیچ مودی را که پریود آن کمتر از 0.4 Sec است را نبایستی از قلم انداخت.



در بقیه قسمت‌ها گزینه های پیش فرض برنامه را دست نزنید.

در قسمت ☒ Include P-Delta می توانید آنالیز $P-\Delta$ را فعال یا غیرفعال کنید. آنالیز $P-\Delta$ نوعی آنالیز غیرخطی هندسی است که به آن آنالیز مرتبه دوم نیز گفته می شود. برای تحلیل دقیق، سازه ها بایستی با این روش تحلیل گردند. اما در صورتی که تغییر مکان جانبی طبقات تحت بار جانبی کم باشد، می توان از اثر این تحلیل صرف نظر کرده و تحلیل را به صورت مرتبه اول انجام داد. در هر صورت فعال کردن انجام این نوع تحلیل می تواند صورت گیرد، اما برای آنکه تحلیل $P-\Delta$ انجام نشود، نیاز به برقراری شرایط خاصی است. در بند 6-7-20 مبحث ششم رابطه ای برای محاسبه شاخص پایداری (θ) تعریف شده است. این شاخص بایستی برای زلزله هر جهت و برای هر طبقه جداگانه محاسبه گردد. این شاخص در حقیقت نشان دهنده میزان کم یا زیاد بودن اثر $P-\Delta$ در آن طبقه و در آن راستاست. در صورتی که این شاخص از مقدار 0.1 بیشتر شود، اثر $P-\Delta$ قابل توجه بوده و حتماً بایستی گزینه تحلیل $P-\Delta$ را فعال کرد.

پس از فعال کردن این گزینه، دکمه [Set P-Delta Parameters...](#) را فشار دهید تا پارامترهای تحلیل $P-\Delta$ را وارد نمایید.

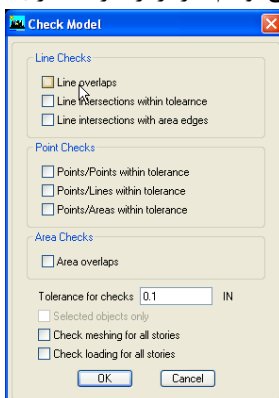


در این قسمت دو روش کلی برای انجام تحلیل $P-\Delta$ وجود دارد. با انتخاب ☐ Non-iterative - Based on Mass تحلیل $P-\Delta$ بر اساس روش تقریبی صورت می گیرد. این روش همان روش تقریبی ای است که در پیوست 6 آئین نامه 2800 برای محاسبه اثر $P-\Delta$ آورده شده است. با انتخاب گزینه ☒ Iterative - Based on Load Combination تحلیل $P-\Delta$ بر اساس روش دقیق که روشی

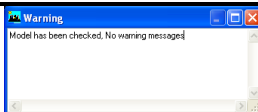
تکراری است صورت می گیرد. در این روش تا زمانی که نسبت تفاوت تغییرمکان محاسبه شده با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ دو مرحله نسبت به تغییرمکان مرحله قبل از مقدار تolerانس تعریف شده توسط کاربر کمتر نشود، انجام تحلیل $P-\Delta$ ادامه می یابد. البته حداکثر تعداد تکرار را نیز می توان به برنامه معرفی نمود. در صورتی که از روش دقیق استفاده نمائید، گزینه های بعدی را که مربوط به پارامترهای این نوع تحلیل است را نیز بایستی فعال نمائید. در قسمت Maximum Iterations حداکثر تعداد تکرار آنالیز $P-\Delta$ را برای رسیدن به همگرایی، وارد کنید. معمولاً در صورتی که سازه مناسب طراحی شده باشد، حداکثر در تعداد 5 یا 10 تکرار آنالیز $P-\Delta$ به همگرایی می رسد. بنابراین وارد کردن عدد 5 در این قسمت می تواند مناسب باشد. در قسمت Relative Tolerance - Displacements تolerانس مناسب مورد نظرتان را (طبق آنچه در قبل توضیح داده شد) وارد کنید. معمولاً عدد پیش فرض برنامه برای این منظور مناسب می باشد. در قسمت ترکیب بار ثقلی ای را که می خواهید برای در نظر گرفتن در تحلیل $P-\Delta$ لحاظ شود را وارد کنید. در صورتی که بخواهیم با استفاده از تحلیل $P-\Delta$ سازه ای را طراحی کنیم، ضرایب بارهای ثقلی، ضرایب این حالت های بار در ترکیب بار طراحی شامل زلزله حاکم است. بنابراین در صورتی که بخواهیم با آئین نامه 99 ACI-318 طرح سازه بتنی را انجام دهیم، ضرایب بارهای ثقلی در ترکیب بار حاکم زلزله $0.75(1.4 DL + 1.7 LL) = 1.05 DL + 1.275 LL$ خواهد بود. در صورتی که سازه فلزی بر مبنای مبحث ششم مقررات ملی یا بر اساس آئین نامه 89 AISC-ASD طراحی شود، ضرایب بارهای ثقلی در ترکیب بار حاکم زلزله برابر $0.75 DL + 0.75 LL$ خواهد بود. در صورتی که بخواهیم تغییرمکان جانبی سازه را کنترل کنیم، ترکیب بار حاکم عبارت است از $DL + 0.2 LL$. این ترکیب بار در صورتی است که مطابق آئین نامه 20% از بار زنده در محاسبه بار ساختمان در هنگام زلزله لحاظ شود، در صورتی که ضرایب دیگری در آنجا اعمال گردد، ضریب یا ضرایب بار یا بارهای مرده بطور مناسبی بایستی تصحیح شود. مثلاً در صورتی که دو نوع بار زنده $LL1$ و $LL2$ تعریف کرده باشیم که درصد بار زنده اولی که بایستی در محاسبات لحاظ شود 20% و درصد بار $LL2$ ای که بایستی در محاسبات لحاظ شود، 40% باشد، ترکیب بار ثقلی کنترل تغییرمکان ساختمان در تحلیل $P-\Delta$ عبارت از $DL + 0.2 LL1 + 0.4 LL2$ خواهد بود. طبق بند 6-7-3-7 در هنگام کنترل تغییرمکان سازه تحت زلزله سطح بهره برداری می توان از اثر $P-\Delta$ صرف نظر کرد.

در صورتی که ☒ Save Access DB File را تیک بزنیم و در مسیر و نام خاصی را معرفی نمائیم، برنامه پس از انجام تحلیل، همه نتایج تحلیل را در فایل با فرمت Access ذخیره خواهد کرد.

2. با اجرای دستور *Analyze > Check Model* می توانیم سازه را از نظر مدل سازی یک چک کلی کنیم.



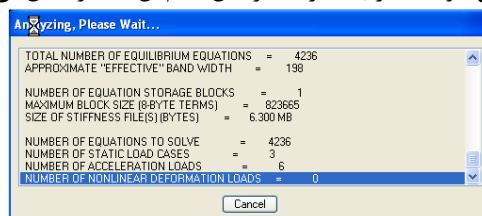
این دستور فقط سازه را از نظر *overlap* چک می کند. مثلاً چک می کند اگر یک المان تیر روی یک المان تیر دیگر همپوشانی داشته باشد، با دادن پیامی شماره آن تیرها و طبقه مربوطه را گزارش می دهد. بنابراین ایم چک هیچ کنترلی روی پایداری و یا ناپایداری سازه انجام نمی دهد. کنترل پایداری و ناپایداری فقط هنگامی صورت می گیرد که سازه تحلیل شود. برای انجام این چک پس از اجرای دستور فوق، همگی قسمتها را تیک زده و در قسمت Tolerance for checks مقدار تolerانس مورد نظر (طولی که در صورتی که دو المان بیش از آن طول روی هم همپوشانی داشته باشند) را معرفی کنید. پس از انجام این چک در صورتی که هیچ مشکل در مدل سازی وجود نداشته باشد، پیام زیر ظاهر می شود.



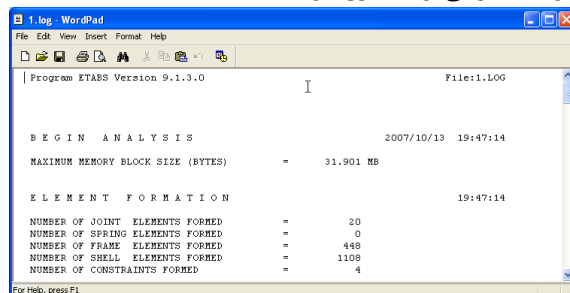
3. برنامه ETABS این قابلیت را دارد که در صورتی که برای طبقات دیافراگم تعریف کرده باشیم، مرکز سختی دیافراگم را محاسبه نماید. این کار با انجام چند بار تحلیل مجدد سازه و با استفاده از روش و فرمول ابداعی خاصی صورت می گیرد. برای آنکه برنامه مرکز سختی هر دیافراگم را محاسبه کند، بایستی گزینه *Analyze>Calculate Diaphragm Centers of Rigidity* را تیک بزنید. در این صورت پس از انجام تحلیل می توانید با استفاده از دستور *Display>Show Tables>Analysis Results> Building Outputs> Building Outputs> Center Mass Rigidity* محل مرکز جرم و مرکز صلبیت هر کف (هر دیافراگم را مشاهده کنیم).

4. مدل شما آماده تحلیل است. دستور *Analyze > Run Analysis* را اجرا کنید یا دکمه *F5* در صفحه کلید را فشار دهید تا برنامه شروع به تحلیل کند.

5. در هنگام تحلیل صفحه ای باز می شود که کاری که برنامه در حال انجام آن است را نشان می دهد.



در صورتی که مدل شما دارای اشکال یا ایرادی از لحاظ مدلسازی یا پایداری داشته باشد، پیام *Warning* ای مبنی بر وجود مشکل در مدل نمایش داده می شود. در صورتی که تعداد پیامهای *Warning* زیاد باشند، برنامه از تحلیل باز می ایستد و پیام *Error* را نمایش می دهد. پس از اتمام آنالیز این پنجره بسته می شود. برای آنکه این پنجره را دوباره باز کرده و به دقت بررسی کنید، و احتمالاً خطا هایی که برنامه گرفته است را برطرف کنید، دستور *File>Last Analysis Run Log...* را اجرا کنید. در این حالت فایل گزارش نحوه تحلیل در محیط *WordPad* باز خواهد شد و می تواند کنترل شود.



6. علت های مختلفی برای وجود خطا وجود دارد. برای بررسی منشأ خطا می بایستی فایل مربوط به گزارش تحلیل را بررسی کرد. این فایل دارای قسمتهای مختلفی است. در ابتدای این فایل بلوکی به شرح زیر، شروع عملیات تحلیل را نشان می دهد:

```

Program ETABS Version 9.1.3.0                                File:1.LOG

BEGIN ANALYSIS                                              2007/10/13 19:47:14
MAXIMUM MEMORY BLOCK SIZE (BYTES) = 31,901 MB

ELEMENT FORMATION                                           19:47:14
NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED = 20
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED = 0
NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 448
NUMBER OF SHELL ELEMENTS FORMED = 1108
NUMBER OF CONSTRAINTS FORMED = 4
  
```

در ادامه، برنامه شروع به ساخت ماتریس سختی سازه می کند. بلوک زیر این مطلب را گزارش می کند.

```

ELEMENT FORMATION                                           21:56:03
  
```

```

NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED      =      20
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED      =      0
NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED      =     160
NUMBER OF SHELL ELEMENTS FORMED      =     36
NUMBER OF CONSTRAINTS FORMED          =      4

```

REDUCTION OF CONSTRAINTS AND RESTRAINTS:

```

NUMBER OF
CONSTRAINT MASTER DOF BEFORE REDUCTION =     12
COUPLED CONSTRAINT/RESTRAINT MASTER DOF =      0
CONSTRAINT MASTER DOF AFTER REDUCTION  =     12

```

پس از تشکیل ماتریس سختی سازه، برنامه سراغ حل معادله تعادل ($KU=R$) می رود و بلوک اطلاعاتی زیر را نمایش می دهد:

EQUATION SOLUTION

22:03:25

```

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS =     252
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH   =      46

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS    =      1
MAXIMUM BLOCK SIZE (8-BYTE TERMS)    =    10881
SIZE OF STIFFNESS FILE(S) (BYTES)    =    86.008 KB

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE          =     252
NUMBER OF STATIC LOAD CASES          =      3
NUMBER OF ACCELERATION LOADS         =      6
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS =      0

CURRENT P-DELTA ANALYSIS ITERATION   =      0
MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS ALLOWED =      5

CURRENT DISPLACEMENT MAGNITUDE      =    0.039555

```

در صورتی که مدل‌تان دارای مشکل ناپایداری باشد، در این بلوک اطلاعاتی پیامی را مشاهده خواهید کرد که در آن نشانی نقطه و درجه آزادی ای از آن نقطه که مشکل ناپایداری دارد، گزارش می شود. در بلوک فوق هیچ پیام خطایی دیده نمی شود. اما مثلاً بلوک زیر، همان بلوک فوق است، منتها برای سازه ای که داری مشکلی در یکی از درجات آزادی یک نقطه می باشد.

EQUATION SOLUTION

22:07:13

```

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS =     258
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH   =      45

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS    =      1
MAXIMUM BLOCK SIZE (8-BYTE TERMS)    =    10866
SIZE OF STIFFNESS FILE(S) (BYTES)    =    85.914 KB

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE          =     258
NUMBER OF STATIC LOAD CASES          =      3
NUMBER OF ACCELERATION LOADS         =      6
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS =      0

```

*** WARNING ***

```

THE SOLUTION LOST 15.5 DIGITS OF ACCURACY FOR DOF RX OF JOINT      2
LOCATED AT X =      .000000, Y =  948.283325, Z =  576.000000,
STIFFNESS MATRIX DIAGONAL VALUE =  3.0606E+06

```

*** WARNING ***

```

EXCESSIVE LOSS OF ACCURACY WAS DETECTED DURING THE SOLUTION OF EQUATIONS
NUMBER OF DIGITS LOST EXCEEDED 11.0

```

*** WARNING ***

```

THE STRUCTURE IS UNSTABLE OR ILL-CONDITIONED !!
CHECK THE STRUCTURE CAREFULLY FOR:
- INADEQUATE SUPPORT CONDITIONS, OR
- ONE OR MORE INTERNAL MECHANISMS, OR
- ZERO OR NEGATIVE STIFFNESS PROPERTIES, OR
- EXTREMELY LARGE STIFFNESS PROPERTIES, OR
- BUCKLING UNDER P-DELTA LOADS (IF ANY), OR
- AN EIGEN SHIFT (IF ANY) ONTO A NATURAL FREQUENCY

```

پیام خطای اول می گوید نقطه 2 برای دوران حول محور x (درجه آزادی R_x) مشکل دارد. مثلاً این پیام می تواند برای حالتی باشد که در نقطه 2 یک کنسول به سازه متصل بوده و در عین حال این اتصال را مفصلی کرده باشیم، طوری که تیر طره برای دوران حول محور

x ناپایدار باشد. دو پیام خطای بعد چیز جدیدی را نشان نمی دهند و همیشه در انتهای پیامهای خطای مدل، ظاهر می شوند. مثلاً پیام خطای آخر این مطلب را دوباره تکرار می کند که سازه شما دارای مشکل ناپایداری است و دلایل مختلفی را که ممکن است برای این حالت وجود داشته باشد را نام می برد. این پیام دلایل زیر را برای وجو ناپایداری سازه نام می برد:

- ✓ سازه دارای تکیه گاه به تعداد مناسب و یا با آرایش مناسب نیست (مثلاً همه تکیه گاههای سازه غلطکی باشند).
- ✓ در یک یا چند قسمت از سازه ناپایداری موضعی وجود دارد (مثلاً در یک تیر، سه مفصل در یک راستا قرار

گرفته باشند).

- ✓ المانهای روی قطر ماتریس سختی سازه، منفی یا صفر شوند.
- ✓ مشخصاتی که مربوط به سختی سازه باشند را نامتناسب معرفی کرده باشیم (مثلاً مقدار مدول الاستیسیته را

بجای $2.1e6 \text{ kgf/cm}^2$ عدد $2.1e6 \text{ Ton/cm}^2$ معرفی کرده باشیم)

منشاء عمده خطاهایی که در این قسمت دیده می شود به شرح زیر است:

- ✓ انتهای طره ای را که با دستک و یا آویز به سازه وصل نکرده ایم، مفصلی کرده باشیم.
- ✓ در یک تیر، سه مفصل را در یک راستا قرار دهیم.
- ✓ در یک نقطه تمامی المانهایی که به آن نقطه می رسند را مفصلی کرده باشیم.
- ✓ اتصال ستون به ستون را مفصلی کرده باشیم.
- ✓ برای سازه تکیه گاه معرفی نکرده باشیم.
- ✓ تکیه گاههای سازه را همگی غلطک در نظر گرفته باشیم.
- ✓ مدول الاستیسیته را مقدار خیلی بزرگی وارد کرده باشیم (مثلاً واحد را اشتباه کرده باشیم).
- ✓ مقاطع اعضاء را نامتناسب معرفی کرده باشیم (مثلاً ابعاد المانها را با واحد اشتباه معرفی کرده باشیم).

پس از بلوک اطلاعاتی مربوط به تحلیل مرتبه اول سازه، در صورتی که تحلیل $P-\Delta$ را فعال کرده باشیم، بلوک اطلاعاتی زیر نمایش داده خواهد شد:

```

B E G I N   P - D E L T A   I T E R A T I O N                               22:34:49

E L E M E N T   F O R M A T I O N                                         22:34:49

NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED      =          160
NUMBER OF SHELL ELEMENTS FORMED       =           36

E Q U A T I O N   S O L U T I O N                                         22:34:49

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS  =          252
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH    =           46

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS      =           1
MAXIMUM BLOCK SIZE (8-BYTE TERMS)      =        10881
SIZE OF STIFFNESS FILE(S) (BYTES)      =        86.008 KB

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE            =          252
NUMBER OF STATIC LOAD CASES             =           3
NUMBER OF ACCELERATION LOADS            =           6
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS   =           0

CURRENT P-DELTA ANALYSIS ITERATION      =           1
MAXIMUM NUMBER OF ITERATIONS ALLOWED    =           5

CURRENT DISPLACEMENT MAGNITUDE         =        0.039556
RELATIVE DISPLACEMENT CHANGE           =        2.23E-05
RELATIVE DISPLACEMENT TOLERANCE        =        0.001000

I T E R A T I O N   C O N V E R G E D

```

مراحل انجام تحلیل $P-\Delta$ نیز مانند انجام تحلیل مرتبه اول است. یعنی در ابتدا ماتریس سختی سازه تشکیل میگردد. با این تفاوت

که این ماتریس سختی، ماتریس سختی اصلاح شده، بر اساس نیروهای محوری مربوط به ترکیب بار تحلیل $P-\Delta$ می باشد. پس از آن معادله تعادل ($KU=R$) بر اساس ماتریس سختی جدید حل می گردد. در نهایت برنامه چک می کند آیا همگرایی تحلیل صورت گرفته است یا نه. مثلاً بلوک اطلاعاتی فوق نشان می دهد که پس از انجام اولین تحلیل $P-\Delta$ ، همگرایی حاصل شده است. بنابراین پیام **ITERATION CONVERGED** ظاهر گردیده است. در صورتی که همگرایی صورت نگرفته باشد، پیام **ITERATION NOT CONVERGED** ظاهر گردیده و تحلیل $P-\Delta$ دوباره تکرار می گردد. این تکرار تا آنجا ادامه می یابد که همگرایی حاصل گردد و یا تعداد تکرار به حداکثر تعداد تکرار مورد نظر کاربر برسد.

دقت کنید در بلوک اطلاعاتی مربوط به تحلیل $P-\Delta$ دوباره خطاهای مربوط به بلوک اطلاعاتی تحلیل مرتبه اول ظاهر می شوند. علاوه بر آن ممکن است یک سری دیگر از پیامهای خطاء، به پیامهای خطای قبلی افزوده شوند. پیامهایی که می گویند ماتریس سختی سازه در یک قسمت دارای سختی منفی است، نشان از آن است که تحت اثر تحلیل $P-\Delta$ سازه در یک یا چند المان دچار کمانش شده است. خط زیر مثالی از این پیام خطاء را نشان می دهد.

```

*** WARNING ***
NEGATIVE STIFFNESS FOUND DURING SOLUTION FOR DOF RX OF JOINT      54
LOCATED AT X = 864.000000, Y = 576.000000, Z = 144.000000,
STIFFNESS MATRIX DIAGONAL VALUE = -615151.309,

```

معمولاً در مدلسازی سازه های فلزی، در اولین مرتبه تحلیل، از آنجا که المانهای سازه المانهایی بدون طراحی بوده و بصورت تصادفی انتخاب شده اند، ممکن است این مشکل پیش بیاید. یعنی یک سری از ستونها و یا مهاربندها تحت اثر نیروی فشاری کمانه کنند (نیروی فشاری داخل المان، از بار کمانشی اولر المان، بیشتر شود). در این حالت بایستی تحلیل $P-\Delta$ را در مرتبه اول طراحی غیر فعال کرده و سازه را تحلیل و طراحی کنیم. پس از انجام طراحی مقدماتی، می توانیم گزینه تحلیل $P-\Delta$ را فعال نماییم. احتمالاً در این حالت دیگر پیام خطای مربوط به تحلیل $P-\Delta$ را نخواهیم دید. زیر المانها اگر درست طراحی شوند، نیروی فشاری آنها از نیروی فشاری اولر، بسیار کمتر خواهد بود.

پس از این خط اطلاعاتی، در صورتی که گزینه انجام تحلیل ارتعاشی را فعال کرده باشیم، بلوک اطلاعاتی زیر نمایش داده می شود:

```

E I G E N   A N A L Y S I S                                     23:03:01

NUMBER OF STIFFNESS DEGREES OF FREEDOM      =      252
NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM           =       12
NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT                =       12
NUMBER OF RESIDUAL-MASS MODES SOUGHT        =        0
NUMBER OF SUBSPACE VECTORS USED              =       12

RELATIVE CONVERGENCE TOLERANCE               =    1.00E-07
FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME)         =    .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME)        =    .000000

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND                  =       12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED               =        1

```

ممکن است تعداد مودهای ارتعاشی مورد نظر کاربر از تعداد مودهایی که سازه داشته باشد، بیشتر باشد، در این صورت پیام خطایی نمایش داده خواهد شد. این پیام خطاء هیچ مشکلی را برای تحلیل سازه ایجاد نمی کند و نیازی به برطرف کردن این پیام خطاء نیست. بلوک اطلاعاتی زیر، این حالت را نشان می دهد:

```

E I G E N   A N A L Y S I S                                     23:06:44

NUMBER OF STIFFNESS DEGREES OF FREEDOM      =      252
NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM           =       12
NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT                =       30
NUMBER OF RESIDUAL-MASS MODES SOUGHT        =        0
NUMBER OF SUBSPACE VECTORS USED              =       12

RELATIVE CONVERGENCE TOLERANCE               =    1.00E-07
FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME)         =    .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME)        =    .000000

```

```

*** WARNING ***

```

NUMBER OF MODES SOUGHT REDUCED TO THE NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12
 NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 1

پس از این قسمت برنامه مقدار خطای مربوط به محاسبات خودش را محاسبه و نمایش می دهد. این مقدار خطاء عبارتست از مقدار $KU-R$ به عبارت دیگر عبارتست از مقدار نیروی گره ای که بر اساس مقدار تغییرمکان در هر گره بدست آمده است منهای مقدار نیروی معادل موجود در آن گره. این مقدار خطاء وابسته به دقت کامپوتر می باشد و در المانهای خطی، ربطی به مدلسازی ما ندارد. بلوک اطلاعاتی زیر این مورد را نشان می دهد:

JOINT OUTPUT

23:06:45

GLOBAL FORCE BALANCE RELATIVE ERRORS

PERCENT FORCE AND MOMENT ERROR AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DEAD | 1.38E-17 | 6.47E-17 | 3.90E-14 | 2.89E-14 | 2.32E-14 | 9.57E-18 |
| LIVE | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| EX | 4.88E-12 | 2.25E-13 | 1.44E-15 | 2.72E-13 | 3.36E-12 | 4.90E-12 |
| TRIBUTAR | 1.02E-17 | 3.05E-17 | 7.80E-15 | 1.17E-14 | 5.83E-15 | 2.48E-18 |

| MODE | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1.06E-12 | 8.16E-12 | 2.57E-14 | 5.74E-12 | 8.90E-13 | 6.34E-12 |
| 2 | 4.14E-12 | 1.53E-13 | 1.82E-15 | 1.50E-13 | 3.08E-12 | 5.16E-12 |
| 3 | 4.28E-12 | 1.74E-12 | 1.62E-14 | 9.19E-13 | 2.61E-12 | 1.38E-12 |
| 4 | 1.08E-12 | 5.02E-13 | 1.56E-14 | 8.41E-13 | 6.04E-13 | 9.27E-13 |
| 5 | 1.53E-14 | 8.97E-14 | 6.96E-15 | 1.37E-13 | 3.65E-13 | 4.36E-13 |
| 6 | 8.33E-13 | 2.60E-13 | 5.14E-14 | 4.50E-14 | 5.41E-13 | 8.18E-13 |
| 7 | 1.05E-13 | 2.50E-13 | 6.69E-15 | 3.39E-13 | 4.57E-13 | 1.78E-13 |
| 8 | 1.32E-13 | 1.71E-13 | 1.66E-14 | 6.58E-14 | 9.25E-14 | 4.77E-14 |
| 9 | 5.17E-13 | 1.79E-13 | 5.28E-14 | 1.52E-13 | 2.86E-13 | 5.97E-13 |
| 10 | 7.83E-13 | 4.07E-13 | 1.31E-13 | 6.42E-13 | 7.61E-13 | 4.51E-13 |
| 11 | 8.63E-13 | 2.06E-13 | 1.53E-13 | 2.06E-13 | 1.65E-13 | 9.48E-13 |
| 12 | 3.18E-13 | 1.20E-14 | 4.64E-14 | 5.20E-13 | 3.01E-13 | 1.52E-13 |

پس از آن برنامه شروع به محاسبه نیروهای خروجی در المانها کرده و آنها را ذخیره می کند، پیام زیر این مطلب را نشان می دهد:

ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT

23:06:45

NUMBER OF JOINT ELEMENTS SAVED = 20
 NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 160
 NUMBER OF SHELL ELEMENTS SAVED = 36

ELEMENT OUTPUT

23:06:45

در نهایت برنامه پیامی مبنی بر پایان عملیات تحلیل را نشان می دهد:

ANALYSIS COMPLETE

2007/10/14 23:06:45

Program ETABS Version 9.1.3.0

File:1.LOG

در صورتی که از برنامه خواسته باشیم مرکز سختی دیافراگمها را محاسبه کند، بلوک اطلاعاتی زیر این مطلب را نمایش می دهد:

CENTERS OF RIGIDITY

23:06:45

Program ETABS Version 9.1.3.0

File:1.LOG

BEGIN ANALYSIS

2007/10/14 23:06:45

MAXIMUM MEMORY BLOCK SIZE (BYTES) = 31.901 MB

```

ELEMENT FORMATION                                23:06:45
NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED                   =          20
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED                   =           0

LOAD RE - SOLUTION                                23:06:45
NUMBER OF STATIC LOAD CASES                        =           4

ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT                        23:06:45
NUMBER OF JOINT ELEMENTS SAVED                     =          20
NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED                     =         160
NUMBER OF SHELL ELEMENTS SAVED                     =          36



ANALYSIS COMPLETE                                2007/10/14 23:06:45

```

✓ دقت کنید که نداشتن خطاء در این فایل، مبنی بر آن نیست که مدلمان هیچ مشکلی ندارد. بقیه مشکلات ممکن را بایستی با بررسی تغییرشکلهای سازه بررسی کرد که نحوه انجام این کار در منوی *Display* شرح داده خواهد شد. تغییرشکلهای سازه اطلاعات خوبی از مدل به ما می دهند. تغییرشکلهای مشکوک در قسمتهایی از سازه می تواند نشان دهند عدم مدل سازی صحیح آن قسمت از سازه خواهد بود.

✓ علاوه بر این ممکن است در هنگام بارگذاری، واحدها را اشتباه وارد کرده باشیم و یا اصلاً باری را جا انداخته باشیم. با کنترل نمودارهای نیروهای داخلی می توانیم به این خطاها پی ببریم. نحوه انجام این کار در منوی *Display* شرح داده خواهد شد.

✓ کنترل مقدار برش پایه ای که توسط برنامه محاسبه شده است، نیز یکی از کنترلهای مهم پس از مدلسازی است. نحوه انجام این کار در منوی *Display* شرح داده خواهد شد. با فرمولهای تقریبی می توان حدودی از برش پایه بدست آورده و با برش پایه محاسبه شده توسط برنامه مقایسه کرد. تفاوت فاحش بین این دو یا ناشی از اشتباه در وارد کردن بارها، اشتباه در تعریف نحوه محاسبه جرم و یا ناشی از اشتباه در تعریف ضریب برش پایه در قسمت *Static Load Cases* است.

7. دقت کنید که پس از هر بار تحلیل مدل شما قفل می شود. یعنی دیگر مدل تان را نمی توانید تغییر دهید. برای تغییر مدل بایستی علامت قفل  را در قسمت آیکن های برنامه باز کنید.  در این حالت نتایج تحلیل نیز پاک خواهند شد.

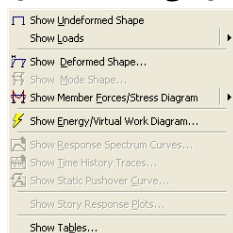
8. مرحله تحلیل سازه به پایان رسیده است. می توانید از مدلی که ساخته اید، لذت ببرید!

برنامه ETABS 2000

درس شماره 8

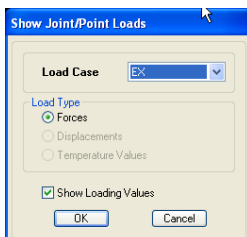
استفاده از منوی Display برای مشاهده نتایج تحلیل و کنترل صحت مدلسازی

پس از آنکه تحلیل سازه به پایان رسید، می خواهیم نتایج تحلیل را مشاهده و بررسی کنیم. مثلاً می خواهیم دیاگرام لنگر-برش-نیروی محوری اعضا را تحت حالت بار یا ترکیب بار خاصی مشاهده کنیم. یا ممکن است بخواهیم شکل تغییر فرم یافته سازه را تحت حالت بار یا ترکیب بار خاصی مشاهده کرده و مقادیر تغییر مکانها را مشاهده و کنترل نمائیم. این مشاهده ممکن است برای استفاده از نتایج و انجام طراحی دستی و یا کنترل صحت و سقم مدلسازی و تحلیل باشد. همه کارهایی که گفته شد، از طریق منوی Display انجام می گردد.



1. بلافاصله پس از آنالیز مدل، فرم تغییر شکل یافته سازه نمایش داده می شود. برای برگشتن به فرم تغییر شکل نیافته گزینه *Display > Show Undeformed Shape* را اجرا کنید. به جای اجرای این دستور، می توانید آیکن را در قسمت ابزارهای فوقانی فشار دهید.

2. برای دیدن بارهایی که به نقاط گرهی اختصاص داده اید و یا برای مشاهده مقدار بار جانبی (مثلاً بار زلزله) ای که به هر کف رسیده است، از گزینه *Display > Show Loads > Joint / Point ...* استفاده کنید.



در این قسمت حالت باری را که می خواهید بارهای گرهی اختصاص یافته به سازه در آن حالت را مشاهده کنید، انتخاب نمائید و دکمه را فشار دهید.

✓ در صورتی که گزینه *Show Loading Values* تیک خورده باشد، مقادیر بارهای گرهی نیز در کنار علامت بارگذاری نقطه ای نمایش داده خواهد شد.

✓ در صورتی که در حالت باری که انتخاب کرده اید، هیچ باری به هیچ نقطه ای اختصاص نیافته باشد، دکمه غیر فعال خواهد بود.

✓ با استفاده از این دستور می توانیم بار زلزله ای را که برنامه به مرکز جرم هر دیافراگم اختصاص داده است، مشاهده کنیم.

3. برای دیدن بارهایی که روی هر المان خطی گذاشته ایم و یا برای مشاهده مقدار باری که از هر کف به تیرهای اطراف رسیده است، از دستور *Display > Show Loads > Frame / Line ...* استفاده کنید.

در پنجره ای که ظاهر می شود، حالت باری را که می خواهید مشاهده کنید را انتخاب کرده و دکمه را فشار دهید.

✓ در صورتی که گزینه *Span Loading Applied Directly to the Line Object (Forces)* انتخاب شود، تنها بارهای خطی را که خودتان

روی هر المان قرار داده اید، نمایش داده خواهد شد.

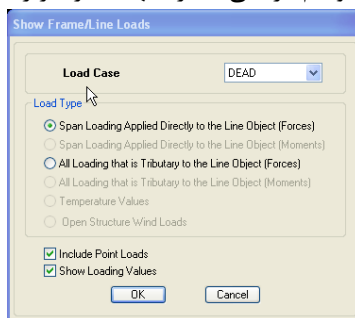
✓ در صورتی که گزینه **All Loading that is Tributary to the Line Object (Forces)** را انتخاب کرده باشید، تمامی باری که روی هر المان خطی قرار دارد، (اعم از باری که خودتان روی تیر قرار داده اید و یا باری که از کف به تیر مربوطه رسیده است) نمایش داده خواهد شد.

✓ در صورتی که گزینه **Include Point Loads** تیک خورده باشد، بارهای نقطه ای روی تیرها هم، علاوه بر بار گسترده آنها، نشان داده خواهند شد.

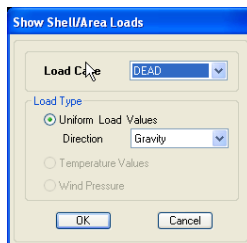
✓ در صورتی که گزینه **Show Loading Values** تیک خورده باشد، مقادیر بارها نیز در کنار علامت بارگذاری، نمایش داده خواهد شد.

✓ در صورتی که در حالت باری که انتخاب کرده اید، هیچ باری به هیچ نقطه ای اختصاص نیافته باشد، دکمه **OK** غیر فعال خواهد بود.

✓ با استفاده از این گزینه می توانیم بارهایی که از کفها به هر تیر رسیده است را بررسی و مشاهده نمائیم.




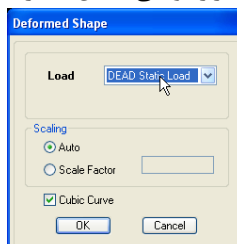
4. برای مشاهده بارهایی که روی کف ها گذاشته اید، گزینه **Display > Show Loads > Shell / Area** را استفاده کنید.



در پنجره ای که ظاهر می شود، حالت باری را که می خواهید مشاهده کنید را انتخاب کرده و دکمه **OK** را فشار دهید.

✓ در صورتی که در حالت باری که انتخاب کرده اید، هیچ باری به هیچ نقطه ای اختصاص نیافته باشد، دکمه **OK** غیر فعال خواهد بود.

5. برای مشاهده فرم تغییر شکل سازه تحت حالت های بار و یا ترکیبات بارگذاری تعریف شده، گزینه **Display > Show Deformed Shape** را اجرا کرده و یا از نوار ابزار فوقانی، آیکن  را انتخاب نمائید.



در پنجره ای که ظاهر می شود، حالت بار مورد نظرتان را انتخاب کرده و دکمه **OK** را فشار دهید.

✓ در قسمت **Scaling** می توانید یکی از دو گزینه **Auto** و یا **Scale Factor** را انتخاب نمائید. در صورتی که

گزینه *Auto* را انتخاب نمائید، برنامه تغییرشکلها را به اندازه مناسبی مقیاس خواهد کرد. در صورتی که گزینه *Scale Factor* را انتخاب کنید، پنجره کناری فعال گردیده و می توانید خودتان هر مقیاسی که خواستید برای نمایش تغییرشکل سازه وارد کنید.

✓ پس از اجرای این دستور، فرم تغییرشکل یافته سازه نمایش داده خواهد شد. همچنین با کلیک راست روی هر یک از گرهای سازه، پنجره ای باز می شود که مقادیر تغییر مکان انتقالی و دوران آن گره نشان داده خواهد شد.



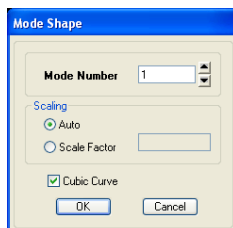
دریافت مقادیر تغییرمکان انتقالی در راستای سه محور مختصات کلی x و y و z را بر حسب واحد جاری نشان می دهد. دریافت $Rotn$ 0.000250 0.000106 0.000000 بر حسب رادیان نشان می دهد. برای آنکه مقادیر تغییر مکان انتقالی در جهت x و y ، برای نقاط نظیر نقطه مورد نظر را در بقیه طبقات ببینید، دکمه **Lateral Drifts...** را فشار دهید. در این حالت همچنین تغییر مکان نسبی (*Drift*) آن نقاط در جهت x و y نیز در هر طبقه نیز نشان داده خواهد شد.

| STORY | DISP-X | DISP-Y | DRIFT-X | DRIFT-Y |
|--------|-----------|-----------|----------|----------|
| STORY4 | 0.001022 | -0.001344 | 0.000004 | 0.000005 |
| STORY3 | -0.000282 | 0.000289 | 0.000001 | 0.000001 |
| STORY2 | -0.000014 | -0.000052 | 0.000002 | 0.000003 |
| STORY1 | -0.000464 | 0.000001 | 0.000002 | 0.000003 |

✓ دقت کنید که *Displacement* به معنای تغییرمکان مطلق یک نقطه می باشد. در صورتی که *Drift* مربوط به یک نقطه، عبارت است از تغییرمکان نقطه موردنظر، تقسیم بر تغییرمکان نقطه نظیر آن نقطه در طبقه پائین تر، تقسیم بر ارتفاع آن طبقه.

✓ برای آنکه تغییر شکل سازه تحت حالت های بار یا ترکیبات بار بعدی دیگر را مشاهده کنید، کافی است در قسمت پائین و سمت راست پنجره مورد نظر، فلشهای **<<** و **>>** را یک یا چند بار فشار دهید. همچنین برای آنکه تغییرشکل سازه را به فرم انیمیشنی مشاهده کنید، دکمه **Start Animation** را کلیک کنید.

6. در صورتی که تحلیل ارتعاشی را فعال کرده باشید، با استفاده از گزینه *Display> Show Mode Shape* و یا با استفاده از آیکن در نوار ابزار فوقانی، می توانید شکل مودهای مختلف ارتعاشی سازه و پریود ارتعاشی طبیعی نظیر هر مود را مشاهده کنید.




در قسمت **Mode Number** شماره مود مورد نظرتان را وارد نمائید.


✓ در قسمت **Scaling** می توانید یکی از دو گزینه **Auto** و یا **Scale Factor** را انتخاب نمائید. در صورتی که گزینه *Auto* را انتخاب نمائید، برنامه تغییرشکلها را به اندازه مناسبی مقیاس خواهد کرد. در صورتی که گزینه *Scale Factor* را انتخاب کنید، پنجره کناری فعال گردیده و می توانید خودتان هر مقیاسی که خواستید برای نمایش تغییرشکل سازه وارد کنید.

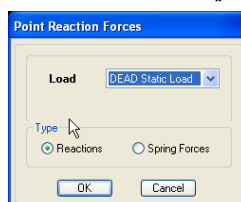
✓ در قسمت **Cubic Curve** می توان به برنامه گفت که برای نمایش شکل مودهای سازه، از منحنی های درجه


سوم استفاده کند.

✓ پس از اجرای این دستور، شکل مود مورد نظر از سازه نمایش داده خواهد شد. با کلیک راست روی هر یک از گرهمای سازه، پنجره ای باز می شود که مقادیر تغییر مکان انتقالی و دوران آن گره، بطور نسبی و برای آن مود مورد نظر، نمایش داده خواهد شد. همچنین در نوار بالای هر پنجره، مقدار پریود ارتعاشی مود مورد نظر، بر حسب واحد ثانیه نشان داده خواهد شد.

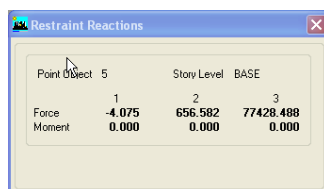
✓ برای آنکه شکل مود بعدی ارتعاشی سازه را مشاهده کنید، کافی است در قسمت پائین و سمت راست پنجره مورد نظر، فلشهای << >> را یک یا چند بار فشار دهید. همچنین برای آنکه فرم تغییرشکل مودی سازه را بصورت انیمیشنی مشاهده کنید، دکمه  را کلیک کنید.

7. برای مشاهده عکس العملهای تکیه گاهی قسمت حالتیهای بار تعریف شده و یا ترکیب بار تعریف شده گزینه *Display > Show Member Forces/ Stresses Diagrams > Support / Spring Reactions* را اجراء کرده و یا از طریق آیکن  در نوار ابزار فوقانی، اقدام کنید.



در پنجره ای که ظاهر می شود، حالت بار مورد نظرتان را انتخاب کرده و دکمه  را فشار دهید.

✓ پس از اجرای این دستور، مقادیر عکس العملهای نقاط تکیه گاهی سازه، روی آنها نمایش داده خواهد شد. علامت فلش نشان دهنده نیرو و علامت دو فلش نشان دهنده لنگر اعمالی به تکیه گاه است. با کلیک راست روی هر یک از گرهمای تکیه گاهی سازه، پنجره ای باز می شود که مقادیر نیرو و لنگر اعمالی به آن گره تکیه گاهی نشان داده خواهد شد.



ردیف

| | | | |
|-------|--------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Force | -4.075 | 656.582 | 77428.488 |

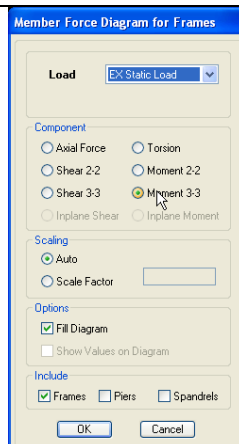
 مقادیر نیروهای اعمالی به تکیه گاه در راستای سه محور مختصات کلی x و y و z را بر حسب واحد جاری نشان می دهد. ردیف

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Moment | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

 مقادیر لنگر اعمالی به تکیه گاه حول سه محور مختصات کلی x و y و z را بر حسب رادیان نشان می دهد.

✓ برای آنکه مقادیر عکس العمل تکیه گاهی تحت حالت بار بعدی را مشاهده کنید، کافی است در قسمت پائین و سمت راست پنجره مورد نظر، فلشهای << >> را یک یا چند بار فشار دهید.

8. برای مشاهده نیروهای داخل المانهای خطی مانند نیروهای محوری - برشی - خمشی - پیچشی، تحت حالت های بار یا بارگذاری های مختلف *Display > Show Members Forces / Stress Diagram > Frame/ Pier / Spandnal Forces* را انتخاب کنید.



در مورد ستونها و مهاربندها با کلیک راست روی هر عضو، پنجره ای ظاهر می شود که شکل نمودار نیروی مربوطه را برای آن عضو نشان می دهد. با تغییر مکن روی هر ناحیه از المان مقدار نیرو در آن نقطه نشان داده می شود. در مورد تیرها با کلیک راست روی هر عضو در صورتی که نمایش برش و لنگر تیر را انتخاب کرده باشید، پنجره ای باز می شود که بار اعمالی به تیر، برش تیر در راستای محور قائم، همان تیر حول محور قوی و تغییر مکان تیر در طول آن را نمایش می دهد. در اینجا نیز با حرکت موس روی تیر می توان مقادیر نیروها و تغییر مکانها را در نقطه مورد نظر تیر مشاهده کرد.

9. در صورتی که المانهای صفحه ای داشته باشید (دیوار برشی - کف - رمپ)، برای مشاهده مقادیر تنش ها، یا نیروهای منتهجه داخل المانهای صفحه ای می توانید از گزینه *Display> Show Member Forces / stress* یا *Diagram> Shell Stress / Forces*

10. در صورتی که حالت بار زلزله (Quake) را در قسمت Define تعریف کرده باشید، می توانید در یک نوار ارتفاعی، تغییرات مقادیر بار اعمالی به طبقات مختلف، تغییرات نیروی برشی هر طبقه، تغییرات لنگر واژگونی ناشی از زلزله در هر ارتفاع، تغییرات تغییر مکان نقاط مختلف در طبقات، تغییرات مقدار Drift در طبقات و تغییرات سختی در طبقات را مشاهده نمایید. برای این منظور از گزینه *Display> Show Story Response Plots* استفاده کنید. در این حالت می توانید از پنجره باز شده خروجی تصویری هم دریافت کنید.

11. در صورتی که بخواهید مشخصات مدل از قبیل : مشخصات هندسه مدل - طبقات - خطوط ترسیمی - نقاط - دیافراگم ها - وزن اسکلت ساختمان - تعریفاتی که منوی Define انجام داده اید، بارهایی که اختصاص داده اید، دیگر مشخصات که به المانهای نقطه - خطی - سطحی اختصاص داده اید، پارامترهای طراحی ای که تعریف کرده اید و ... و یا نتایج آنالیز از قبیل : تغییر مکانها - عکس العمل های تکیه گاهی - نیروهای المانها - نتایج تحلیل ارتعاشی - نحوه بارگذاری لرزه ای - مقدار جرم طبقات و مرکز جرم طبقات - مرکز سختی طبقات و ... را به صورت جداول متنی مشاهده کنید و یا سپس در جایی ذخیره کنید، گزینه *Display> Show Tables* را انتخاب کنید.

12. در صورتی که بخواهید، پس از نمایش نیروها و یا تغییر مکانهای سازه در پنجره ای، در یک مقطع از سازه نتایج تحلیل را نگاه کنید، کافی است از گزینه *Draw>Draw Section Cut* استفاده کرده و سپس مقطعی را که می خواهید نتایج در آن قسمت نمایش داده شوند را رسم کنید. مثلاً در صورتی که بخواهید ببینید به هر قاب از برش زلزله چقدر رسیده است (سختی هر قابل دو بعدی چقدر است) بایستی در نمای Elevation آن قاب را بیاورید. سپس در نمایش نیروهای برشی جهت مورد نظر را برای المانهای قابل فعال کنید و سپس با این گزینه مقطعی در پای قاب رسم کنید.

13. توجه کنید که پس از آنالیز بایستی با استفاده از گزینه ها نتایج را کنترل کنید تا از صحت و سقم مدلسازی مطمئن شوید. مواردی که بایستی کنترل شوند به قرار زیراند:

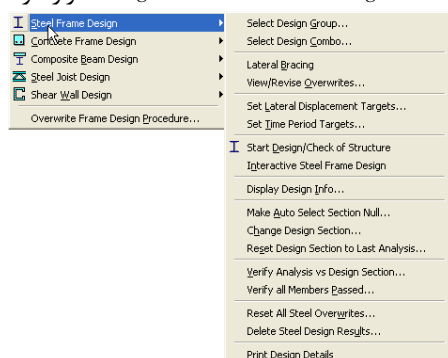
- ✓ توزیع نیروهای زلزله در طبقات چک شود.
- ✓ مقادیر جرم و وزن سازه در طبقات چک شود و با مقادیر محاسبات سرانگشتی مقایسه گردد.
- ✓ تغییر شکل سازه تحت حالت های بار مختلف بررسی شود. این تغییر شکلها اطلاعات خوبی درباره صحت مدل به ما می دهند.
- ✓ تغییر شکل جانبی و *Drift* طبقات با مقادیر مجاز آئین نامه ای مقایسه گردد. (پس از پایان طراحی)
- ✓ خیز تیرها با مقادیر مجاز آئین نامه ای مقایسه گردد. (پس از پایان طراحی)
- ✓ مقادیر نیروهای داخل المانها کنترل شود. مثلاً اگر این مقادیر خیلی زیاد باشند، شاید واحدها را هنگام اعمال بارگذاری اشتباه انتخاب کرده اید. یا چک کنید روی تیرهای مختلف ممکن است فراموش کرده باشید که باری را اعمال کنید.

برنامه ETABS 2000

درس شماره 9

طرح اسکلت فلزی با استفاده از برنامه ETABS 2000

برنامه ETABS این قابلیت را دارد که ساختمانهای فلزی را با در نظر گرفتن تمام ضوابط آئین نامه ای مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران طراحی و یا چک کند. در این درس می خواهیم نحوه طراحی سازه های فلزی با استفاده از این نرم افزار و نحوه لحاظ کردن ضوابط مبحث دهم مقررات ملی را یاد بگیریم. گزینه های مربوط به طراحی سازه فلزی بیشتر در قسمت *Design > Steel Frame Design* قرار گرفته اند.



برخی دیگر از تنظیمات مربوطه، در قسمت *Options > Preferences* و برخی دیگر در منوی *Define* قرار دارند. همانطور که در درسهای قبلی اشاره شد، آئین نامه فولاد آمریکا *AISC* تا سال 1989 روش تنش مجاز *ASD* را در آئین نامه خود داشت. از آن سال به بعد این آئین نامه تنها روش طراحی به روش حدی و یا روش ضرایب بار و مقاومت *LRFD* را در آئین نامه آورد. آیین نامه 89 *AISC-ASD* فاقد ضوابط لرزه ای خاص بود. مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران نیز که اولین بار سالها پیش ارائه شد، برگرفته از این آئین نامه بود. اما نویسندگان آیین نامه فولاد آمریکا، پس از وقوع زلزله های مختلف در این کشور و بررسی آنها ضوابط خاصی را در سالهای بعد به آیین نامه فولاد افزودند. این ضوابط در آیین نامه 97-*UBC* وارد گردید. دقت شود که آئین نامه *UBC* آئین نامه ای مانند آئین نامه *AISC* نیست، بلکه مجموعه ای از مقررات ملی آمریکا است که 23 فصل دارد و مانند مجموعه مقررات ملی ایران، شامل موضوعات مختلف مربوط به ساختمان مانند، ایمنی، حفاظت در برابر آتش سوزی، استانداردهای مصالح و اجزاء، بارگذاری، طرح سازه های بتنی، فلزی، بنایی، چوبی، آلومینیومی و موضوعات مربوطه دیگر است. همچنین مثلا در فصل مربوط به طرح سازه های فلزی یا بتنی، طراحی سازه را به آئین نامه های فولاد و بتن آمریکا ارجاع داده است و تنها ضوابط تکمیلی لرزه ای در آنها ارائه شده اند. دقیقا مانند آنچه در پیوست آئین نامه 2800 برای ضوابط خاص طرح لرزه ای ساختمانهای فولادی وجود دارد. پس از آن، این ضوابط لرزه ای خاص (97-*UBC-ASD*)، در آئین نامه 2800 به صورت پیوست ارائه گردید و سپس در ویرایش سال 1383 مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران، مستقیما در خود مبحث وارد گردید.

پس بطور خلاصه می توان گفت که مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران، آئین نامه 89 *AISC-ASD* است که ضوابط خاص لرزه ای مربوط به سازه های فولادی آن از آئین نامه 97 *UBC-ASD* برداشته شده است. بنابراین در صورتی که در نرم افزار ETABS بخواهیم سازه ای فلزی را بر مبنای آئین نامه فولاد ایران (مبحث دهم) طراحی کنیم، می بایستی نوع آئین نامه را 97 *UBC-ASD* انتخاب نماییم. اما اگر بخواهیم، می توانیم با آئین نامه 89 *AISC-ASD* نیز طرح سازه را انجام دهیم، به شرطی که کنترلهای خاص لرزه ای آئین نامه را که در قسمتهای بعد اشاره می شود، خودمان انجام دهیم.

در زیر مراحل مربوط به طراحی سازه فلزی بر اساس آئین نامه 97 *UBC-ASD* آورده شده اند.

1. دستور Define > Special Seismic Load Effects... را اجرا کنید.

از طریق این پنجره می توان به برنامه گفت که آیا ضوابط خاص طرح لرزه ای مربوط به آیین نامه 97 *UBC-ASD* و یا مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران (که کپی از آیین نامه 97 *UBC-ASD* است) را لحاظ کند ☒ *Include Special Seismic Design Data* یا لحاظ نکند ☐ *Do Not Include Special Seismic Design Data*. دقت کنید تنها در صورتی که بخواهید از آیین نامه 89 *AISC-ASD* برای طراحی استفاده کنید، حتما بایستی این گزینه را غیرفعال کنید. همچنین در صورتی که بخواهید سازه ای بتنی را طرح نمایید، باز هم بایستی این گزینه غیر فعال شود. پس از فعال کردن این گزینه (☒ *Include Special Seismic Design Data*) برای آنکه طراحی با ضوابط مبحث دهم مقررات ملی کاملاً منطبق گردد، بایستی تنظیمات زیر در این پنجره صورت گیرد.

✓ در قسمت مربوط به وارد کردن *Rho Factor* (ρ) مقدار مربوط به این ضریب را عدد 1 وارد کنید. این عدد در ترکیبات بارگذاری پیش فرض خود آیین نامه در مقدار بار زلزله ضرب می گردد. البته اگر در طراحی فقط از ترکیبات باری که خودمان تعریف کرده ایم استفاده کنیم (که همیشه همین طور است) ، وارد کردن یا نکردن این عدد تفاوتی ایجاد نمی کند. ضریب ρ در فصل شانزدهم آیین نامه 97 *UBC* که مربوط به بارگذاری می باشد، وجود دارد و مقداری بین 1 تا 1/5 را می تواند بگیرد. این ضریب به نام ضریب اعتماد/ درجه نامعینی سازه است و بر اساس سیستم سازه ای، مطابق فرمولهای این آیین نامه محاسبه می شود. همانطور که گفته شده این مقدار در ترکیبات بارگذاری در مقدار نیروی زلزله ضرب می شود. و چون در آیین نامه ایران همچین ضریبی تعریف نشده است، مقدار آن را در پنجره مربوطه عدد 1 وارد می کنیم.

✓ در قسمت مربوط به ضریب بار مرده عدد صفر را وارد کنید. این ضریب، مقدار افزایشی است که در بار مرده در ترکیبات بار پیش فرض خود برنامه داده می شود. مطابق فصل شانزدهم آیین نامه 97 *UBC* در ترکیب بارهایی که شامل بار زلزله می باشند، بار مرده به اندازه 20% افزایش می یابد. یعنی این ضریب برابر با 0.2 در نظر گرفته می شود. ولی از آنجا که در آیین نامه طراحی ما چنین افزایشی نداریم، بایستی در این قسمت عدد 0 را وارد کنیم. البته اگر در طراحی فقط از ترکیبات باری که خودمان تعریف کرده ایم استفاده کنیم (که همیشه همین طور است) ، وارد کردن یا نکردن این عدد تفاوتی ایجاد نمی کند.

✓ در قسمت *Omega Factor (Ω)* مقدار Ω_0 را بر اساس مبحث دهم مقررات ملی وارد نمایید. مقدار این عدد مطابق جدول زیر است:

| نوع سیستم مقاوم لرزه ای | Ω_0 |
|---|------------|
| مهاربندی هم محور | 2.4 |
| مهاربندی برون محور | 2.8 |
| قاب خمشی یا قاب خمشی - مهاربندی (سیستم مختلط) | 3.2 |

این مقدار در ترکیبات بار ویژه کنترل ستون بکار می رود. مطابق مبحث دهم مقررات ملی، در ستونهایی که نسبت تنش محوری موجود تحت هر یک از ترکیبات بارگذاری معمولی، به تنش تسلیم فولاد از 0.3 بیشتر گردد، بایستی ستون تحت ترکیبات بارگذاری ویژه زیر نیز کنترل گردد:

$$\text{if } f_a / F_y \geq 0.3 \rightarrow \begin{cases} \text{For Column in Compression: } P_{DL} + 0.7P_{LL} + \Omega_0 P_E \leq P_{sc} = 1.7F_a A \\ \text{For Column in Tension: } 0.85P_{DL} + \Omega_0 P_E \leq P_{st} = F_y A \end{cases}$$

در این روابط منظور از P نیروی محوری موجود ستون تحت حالت بار مربوط به اندیس و در ترکیب باری است که $f_a / F_y \geq 0.3$ اتفاق افتاده است. منظور از F_a تنش فشاری مجاز ستون، F_y تنش تسلیم فولاد و A سطح مقطع پروفیل است.

علاوه بر این، ضریب Ω_0 در محاسبات مربوط به گزارش نیروهای خروجی اتصالات مهاربندی (*Gusset Plates*) نیز استفاده می گردد. زیرا مطابق آئین نامه نیروهایی که در طرح مهاربندها بایستی بکار رود، می تواند کمترین دو مقدار مقاومت کششی مهاربند ($P_{st}=AF_y$) و مقدار حاصل از ترکیب بار $P_{DL} + P_{LL} + \Omega_0 P_E$ (یعنی نیروی ناشی از بار ثقلی بعلاوه Ω_0 نیروی ناشی از بار زلزله) انتخاب شود. ETABS این دو را محاسبه کرده و به عنوان نیروی طرح اتصال مهاربندی، گزارش می کند.

همچنین در صورتی که نوع قاب، خمشی معمولی باشد، لنگر خمشی طرح اتصال تیر به ستون کمترین دو مقدار ظرفیت خمش پلاستیک تیر ($M_p=ZF_y$) و مقدار حاصل از ترکیب بار $M_{DL} + M_{LL} + \Omega_0 M_E$ (یعنی لنگر ناشی از بار ثقلی بعلاوه Ω_0 نیروی ناشی از بار زلزله) انتخاب شود. بنابراین در اینجا نیز مقدار Ω_0 بدرد ETABS می خورد. ETABS این حداقل این دو مقدار را نیز به عنوان لنگر خمشی طرح اتصال صلب تیر به ستون، گزارش می کند.

✓ در قسمت *IBC2000 Seismic Design Category* تفاوتی نمی کند کدام گزینه را انتخاب کنید. زیرا اصلا با این آئین نامه طراحی را انجام نمی دهیم.

IBC2000 Seismic Design Category

☐ A, B or C

☒ D, E or F

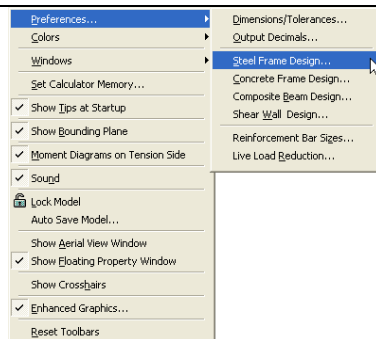
✓ در قسمت *Lateral Load Resisting System Type* نیز مانند قبل تفاوتی نمی کند که کدام گزینه را انتخاب کنید.

Lateral Force Resisting System Type

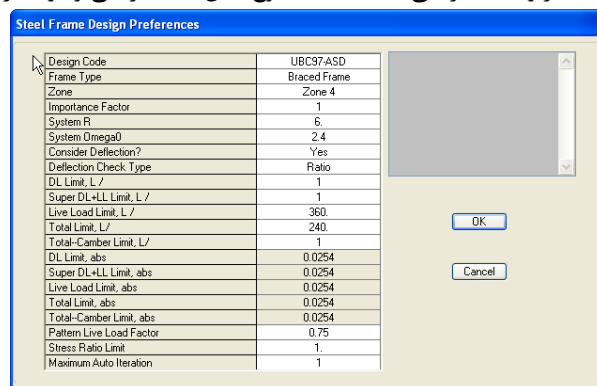
☒ Dual System

☐ Other

2. دستور *Options > Preferences > Steel Frame Design* را اجرا کنید.



در این قسمت تنظیمات مختلف مربوط به طراحی مانند انتخاب نوع آئین نامه طراحی وجود دارد.



✓ در قسمت *Design Code* نوع آئین نامه را *UBC-ASD 97* انتخاب کنید. همانطور که قبلاً گفته شد، می توان در این قسمت نوع آئین نامه را *AISC-ASD 89* نیز انتخاب کرد. کاری که اکثر طراحان انجام می دهند. ولی در این صورت بایستی خودمان کنترل‌های خاص لرزه ای را انجام دهیم.

✓ در قسمت *Frame Type* نوع سیستم باربر جانبی را مشخص کنید. مطابق آئین نامه *UBC 97* سیستم لرزه بر جانبی سازه بر اساس شکل پذیری و قابلیت جذب و اتلاف انرژی ای که دارند به یکی از انواع معمولی یا ویژه تقسیم بندی می شوند. دسته بندی این سیستمها به قرار زیر می باشد:

1- قاب مهاربندی هم محور معمولی *Ordinary Concentric Braced Frame* یا *OCBF* که برنامه به آن *Braced Frame* می گوید.

2- قاب مهاربندی هم محور ویژه *Special Concentric Braced Frame* یا *SCBF* که برنامه به آن *Special CBF* می گوید.

3- مهاربند برون محور *Eccentric Braced Frame* یا *EBF*. دقت شود که مهاربند برون محور، ویژه و غیرویه ندارد و ولی نوع طراحی آن مانند قاب خمشی ویژه است. بنابراین آن را می توان جزء سیستمهای ویژه در نظر گرفت.

4- قاب خمشی معمولی *Ordinary Moment Resistant Frame* یا *OMRF*

5- قاب خمشی ویژه *Special Moment Resistant Frame* یا *SMRF*

- لازم بذکر است که مبحث دهم مقررات ملی با آنکه این ضوابط را از آئین نامه *UBC 97* کپی برداری کرده است، ولی در آن اشاره ای به ضوابط قاب مهاربندی هم محور ویژه نکرده است! از طرفی به جای دو نوع قاب خمشی، بر حسب مقدار شکل پذیری و قابلیت جذب و اتلاف انرژی سازه، سه نوع قاب خمشی معرفی کرده است: قاب خمشی معمولی- قاب

خمشی متوسط و قاب خمشی ویژه. قاب خمشی معمولی بصورت تنها، فقط در مناطق با لرزه خیزی کم و متوسط و در صورتی که ساختمان دارای اهمیت زیاد و خیلی زیاد نیست مجاز است. در سایر مناطق لرزه خیزی نیز فقط در ساختمانهای تا 15 متر ارتفاع و با اهمیت متوسط مجاز است. در ساختمانهای صنعتی 1 و 2 طبقه زیر 18 متر و با اهمیت کم یا متوسط نیز می توان از قاب خمشی متوسط استفاده کرد. مطابق بند 10-3-5-1 مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران، در طراحی قابهای خمشی معمولی احتیاجی به در نظر گرفتن ضوابط لرزه ای خاص فصل سوم این مبحث نیست. دقت شود که قاب خمشی معمولی UBC 97 معادل قاب خمشی متوسط مبحث دهم مقررات ملی می باشد.

- نکته دیگر آن که مطابق آئین نامه 2800 ایران در ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد که در مناطق با خطر نسبی لرزه خیزی خیلی زیاد قرار دارند، حتما بایستی از سیستمهایی که ویژه هستند، استفاده کرد. بطور مثال در صورتی که بخواهیم بیمارستانی (ساختمان با اهمیت خیلی زیاد) را در شهر تهران (منطقه با خطر لرزه خیزی خیلی زیاد) طراحی کنیم، حتما بایستی آن را ویژه طراحی کنیم.

- همچنین مطابق این آئین نامه، در صورتی که ساختمانی بیش از 15 طبقه یا بلندتر از 50 متر باشد، حتما بایستی از قاب خمشی و یا قاب خمشی در ترکیب با سیستم مهاربندی (سیستم مختلط) استفاده شود. در هر صورت کاربرد قاب خمشی الزامی است. همچنین در صورتی که ارتفاع ساختمان از 70 متر بیشتر شود، دیگر از قاب خمشی معمولی هم نمی توان استفاده کرد و نوع قاب خمشی حتما بایستی ویژه باشد.

- در صورتی که سیستم سازه ای در دو جهت ساختمان با هم متفاوت باشند، برای پر کردن این قسمت، به درس بعدی مراجعه کنید.

✓ در قسمت Zone، یکی از دو گزینه Zone3 یا Zone4 را انتخاب کنید. در این قسمت در حقیقت نواحی مختلف آمریکا بر اساس شدت لرزه خیزی و مطابق دسته بندی UBC 97 لیست شده اند. در این لیست مناطق لرزه خیزی از Zone 0 تا Zone4 وجود دارد. مطابق آئین نامه UBC-ASD 97 وقتی ساختمانها در مناطق لرزه خیزی مربوط به Zone3 یا Zone4 هستند، کنترلهای خاص لرزه ای روی آنها انجام می گیرد. پس اگر بخواهیم مطابق مبحث دهم مقررات ملی، سازه برای کنترلهای لرزه ای نیز چک گردد، بایستی مطابق آنچه گفته شد، یکی از دو گزینه Zone3 یا Zone4 را انتخاب کنیم. در غیر این صورت طراحی صورت گرفته مطابق مبحث دهم نبوده و غلط است.

از طرف دیگر مطابق آئین نامه UBC-ASD 97 در صورتی که ساختمان در منطقه Zone2 یا Zone1 واقع باشد، فقط وقتی ضریب اهمیت ساختمان بیش از عدد 1 است، یک سری کنترلهای لرزه ای خاص هم بایستی صورت گیرد. ضریب اهمیتی که در بند بعد این پنجره می بینید (Importance Factor) به همین منظور تعبیه شده است. اما در آئین نامه مبحث دهم، برای تمام مناطق لرزه خیزی یک نوع کنترل ای وجود دارد. همچنین در صورتی که Zone0 را انتخاب کنیم، هیچ کنترل خاصی صورت نمی گیرد. بنابراین اگر می خواهید قاب خمشی معمولی مطابق مبحث دهم مقررات ملی طراحی کنید (که شرایط استفاده از آن در قسمت قبل توضیح داده شد) نوع منطقه لرزه خیزی را Zone0 انتخاب نمایید.

✓ در قسمت Importance Factor ضریب اهمیت ساختمان را وارد نمایید. در قسمت قبل توضیح داده شد که این ضریب کجا ممکن است استفاده شود.

✓ در قسمت System R ضریب رفتار سازه را وارد کنید. این ضریب در محاسبات مربوط به قاب مهاربندی برون محور (EBF) و برای محاسبه مقدرا دوران مجاز تیر پیورند استفاده می شود.

✓ در قسمت System Omega0 مقدار ضریب Ω_0 را مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان وارد کنید. در صورتی که در قسمت Define > Special Seismic Load Effects گزینه ☐ Do Not Include Special Seismic Design Data را فعال کنید، به این

مفهوم که برنامه کنترلهای خاص لرزه ای را انجام ندهد، در این قسمت ضریب Ω_0 استفاده خواهد شد. همانطور که قبلا گفته شد، برنامه حتی اگر در منوی Define گزینه طرح لرزه ای را غیر فعال کرده باشید ولی ناحیه لرزه خیزی Zone 3 یا Zone 4 باشد، باز هم کنترلهای خاص لرزه ای را انجام خواهد داد. برنامه در طرح ستونها (ترکیبات بارهای ویژه) و یا در

محاسبه مقدار نیروی طراحی اتصال مهاربند یا لنگر خمشی طرح اتصال صلب تیر به ستون، همگی از مقدار $2D_0$ معرفی شده استفاده می کنند. اما در صورتی که در منوی *Define* گزینه طرح لرزه ای فعال باشد، مقدار $2D_0$ وارد شده در این قسمت استفاده نخواهد شد.

✓ در قسمت *Consider Deflection?* گزینه *Yse* را انتخاب کنید تا برنامه خیز تیرها را نیز کنترل کند. مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران، در تیرهایی که سقفهای نازک کاری شده را تحمل می کنند بایستی خیزشان تحت بار زنده از $L/360$ و تحت مجموع بار مرده و زنده از $L/240$ که L طول دهانه تیر است کمتر شود.

✓ در قسمت *Deflection Check Type* نوع کنترل خیز را مشخص کنید. یعنی مشخص کنید که خیز سقف را بر اساس نسبت دهانه (*Ratio*) می خواهید چک کنید یا با یک مقدار مطلق و مشخص مثلاً 3 cm (*Absolute*) همانطور که در قسمت قبل گفته شد، مبحث دهم، مقدار خیز را بر اساس نسبت طول دهانه چک می کند. بنابراین در این قسمت گزینه *Ratio* را انتخاب کنید. با انتخاب این گزینه، یک سری از کادرهای بعدی ای که مربوط به وارد کردن مقدار مجاز مطلق خیز هستند، غیر فعال می شوند.

✓ در قسمت *DL Limit, L/* عدد 1 را وارد کنید. با این عدد به برنامه می گوئید که خیز تیر را تحت بار مرده تنها با عدد $L/1$ چک کند. به عبارت دیگر با این تمهید اصلاً خیز تیر تحت بار مرده خالص چک نمی شود. چون مبحث دهم مقررات ملی چمطلبی در این باره نگفته است.

✓ به همین ترتیب در قسمت *Super DL+LL Limit, L/* عدد 1 وارد کنید تا این کنترل نیز صورت نگیرد. بار *Super DL* بار مرده ای است که برای طرح سقف کامپوزیت تعریف می گردد و آن قسمت از بار مرده است که پس از گیرش بتن سقف کامپوزیت بر آن وارد می گردد. در درس مربوط به طرح سقف کامپوزیت به طور مفصل در این باره صحبت خواهد شد.

✓ در *Live Load Limit, L/* عدد 360 را وارد کنید. زیرا همانطور که گفته شد، خیز تیر ناشی از بار زنده تنها با عدد $L/360$ می بایستی کنترل گردد.

✓ در قسمت *Total Limit, L/* عدد 240 را وارد کنید. زیرا مطابق مبحث دهم، خیز تیر ناشی از بار کل مرده و زنده با عدد $L/240$ می بایستی کنترل گردد.

✓ در قسمت *Tota--Camber Limit, L/* عدد 1 را وارد کنید تا این کنترل انجام نگیرد. *Camber* به معنی پیش خیز می باشد. در این کنترل برنامه با در نظر گرفتن پیش خیز وارد شده، کنترل را انجام می دهد.

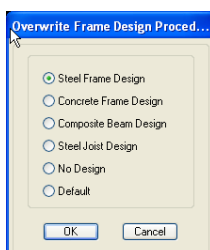
✓ قسمت *Live Load Pattern Factor* را دست نخورده باقی بگذارید. عددی که این جا وارد می گردد برای در نظر گرفتن الگوی بار زنده است و تنها در هنگامی که سیستم سازه ای قاب خمشی باشد می تواند تاثیر داشته باشد. برنامه در دهانه هایی که بصورت طره مدل شده اند، یکبار کل بار زنده کنسول را در نظر گرفته و تحلیل را انجام می دهد و یکبار هم بار زنده کنسول را در ضریب معرفی شده در این قسمت ضرب کرده و تحلیل را انجام می دهد و بین این دو حالت، بحرانی ترین مقادیر نیروهای داخلی را برای طراحی استفاده می کند. دقت شود که مقادیر نیروهای ناشی از الگوی بار زنده در نمایش نتایج تحلیل نمایش داده نمی شود. همچنین مطابق آئین نامه های بارگذاری و طراحی ایران، فقط در ساختمانهایی که بار زنده از 500 kg/m^2 بیشتر بوده و یا بار زنده از 1.5 برابر بار مرده بیشتر است، نیاز به در نظر گرفتن الگوی بار زنده است. از طرف دیگر در قابهای با اتصالات مفصلی این الگو تاثیری در طراحی ندارد. مقدار پیش فرض برنامه برای این ضریب 0.75 است. بدین مفهوم که در هنگام در نظر گرفتن الگوی بار زنده، این بار در عدد 0.75 ضرب خواهد شد. این عدد را به عدد 0 تغییر دهید تا در هنگام الگوی بارگذاری زنده، کل بار زنده برداشته شود.

✓ در قسمت *Stress Ratio Limit* عددی را که می خواهید نسبت تنشهای اعضای (نسبت تنش موجود به تنش مجاز) از آن بیشتر نباشد را وارد کنید. مثلاً می توانید عدد 1 را در این قسمت وارد کنید. و یا اگر طراح محافظه کاری هستید عدد 0.95 و اگر طراح اقتصادی ای هستید حتی عدد 1.04 را وارد کنید.

✓ در قسمت *Maximum Auto Iteration* عدد 1 را وارد کنید. همانطور که می دانید روال تحلیل و طراحی، روالی تکراری

است. بدین مفهوم که ابتدا بر اساس مقاطعی اختیاری سازه تحلیل می گردد و سپس بر اساس این نتایج طراحی اعضاء صورت می گیرد. حال بر اساس مقاطع جدید آنالیز انجام می شود و دوباره طراحی صورت می گیرد. پروسه تحلیل و طراحی تا آنجا ادامه می یابد که مقاطع هنگام تحلیل و مقاطع پس از طراحی یکسان شوند. در اینجا عددی که وارد می شود به عنوان تعداد تکرارهای تحلیل و طراحی است که پس از فشردن دکمه طراحی صورت می گیرد تا همگرایی حاصل گردد. از آنجا که هر بار که سازه تحلیل می گردد، برنامه ترکیب بارهای پیش فرض آئین نامه انتخابی (UBC-ASD 97) را در لیست ترکیب بارهای طراحی قرار می دهد که با ترکیبات بار آئین نامه ما متفاوت هستند، بنابراین نمی توانیم از این قابلیت برنامه در تحلیل و طراحی خودکار استفاده کنیم. و برای رسیدن به همگرایی بایستی پس از هر بار طراحی سازه، مدل را دوباره تحلیل کرده و ترکیبات بار مورد نظر خود را معرفی نموده و دوباره طراحی را انجام دهیم و این روال تحلیل و طراحی را تا رسیدن به همگرایی تکرار کنیم.

3. در صورتی که کل سازه فلزی است، ابتدا کل سازه را انتخاب کنید. سپس دستور *Design > OverwriteFrame* را اجرا کنید.



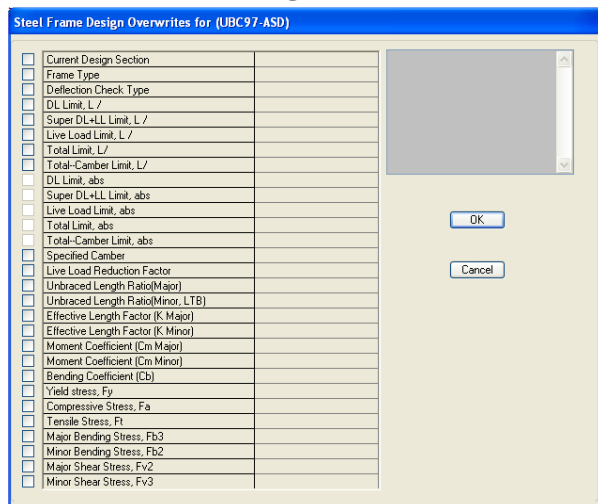
در این قسمت گزینه *Steel Frame Design* را انتخاب کنید. بطور پیش فرض برنامه المانهایی را که مقطع فلزی نوع *I / Wide Flange* اختصاص یافته و دو سر مفصل است، تیر کامپوزیت طراحی می کند. در این صورت اگر بخواهیم اسکلت فلزی را با استفاده از منوی *Design > Steel Frame Design* طراحی کنیم، این المانها را طراحی نخواهد کرد.

4. در این قسمت می خواهیم تنظیمات مربوط به طرح تیر- ستون و مهاربند را اعمال کنیم. ابتدا سراغ ستونها می رویم. در طراحی ستونها پارامتری بنام ضریب طول موثر کمانش یا K وجود دارد. این پارامتر حول هر کدام از دو محور اصلی ستون جداگانه حساب می شود. با استفاده از این پارامتر لاغری ستون بر اساس رابطه $\lambda = KL / r$ محاسبه می گردد. از لاغری حداکثر ستون حول دو محور اصلی، در محاسبه تنش مجاز فشاری ستون و کنترلهای مربوط به لاغری استفاده می گردد. ستونهایی که در قاب مهاربندی بوده و اتصال تیر به آنها مفصلی است، دارای ضریب طول موثر کمانشی حول محور عمود بر صفحه قاب مربوطه برابر I هستند ($K=I$). همچنین در صورتی که ستونی در قاب خمشی بدون مهاربندی قرار گرفت باشد، ضریب طول موثر کمانش آن عددی بزرگتر از I است و هر مقداری می تواند داشته باشد. از طرف دیگر در صورتی که ستونی در قاب مهاربندی واقع بوده ولی اتصالات تیر به ستون آن صلب باشد (سیستم قاب مختلط)، در این صورت ضریب طول موثر کمانش ستون عددی بین 0.5 و I است که مطابق آئین نامه I در نظر گرفته می شود.

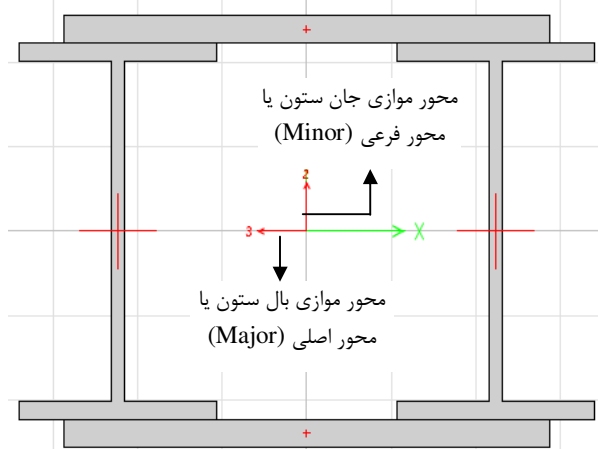
| نوع قاب | ضریب طول موثر کمانش ستون |
|----------------------------|-------------------------------------|
| قاب مهاربندی | $K=I$ |
| قاب خمشی | $K \geq I$ |
| قاب مختلط (خمشی- مهاربندی) | $0.5 \leq K \leq I \rightarrow K=I$ |

برنامه ETABS خود مقدار K را برای ستونها محاسبه می کند. اما در بعضی از موارد این مقدار را اشتباه حساب می کند. از جمله در صورتی که قاب مختلط (خمشی- مهاربندی) باشد، مقدار K را مانند قاب خمشی یعنی عددی بزرگتر از I می گیرد. بنابراین در صورتی که ستون در صفحه ای قرار داشته باشد که در آن صفحه مهاربند شده باشد، به عبارت دیگر هر وقت که ضریب K حول محور خاصی برابر عدد I باشد، بهتر است که خود کاربر آنرا معرفی کند. ولی در صورتی که مقدار K بزرگتر از عدد I باشد، یعنی ستون در صفحه قاب خمشی مد نظر باشد، نبایستی مقدار K را وارد کرد. زیرا خود برنامه مقدار آنرا درست حساب می کند. از طرفی محاسبه مقدار صحیح آن توسط کاربر بسیار پردردسر است.

برای این منظور ستونهایی را که می خواهید ضریب K آنها را عدد I معرفی کنید، انتخاب کنید. حال دستور $Design > Steel Frame Design > View/Revise Overwrites$ را اجرا کنید. در قسمتهای $Effective Length Factor (K Minor)$ و $Effective Length Factor (K Major)$ مقادیر K را در صورتی که مقدار آن I باشد، وارد کنید.



دقت کنید که هر ستون دارای دو محور اصلی است. محوری از ستون که در راستای جان آن است محور 2 یا محور $Minor$ (به معنی محور فرعی) و محوری که به موازات بال آن است، محور 3 یا محور $Major$ (به معنی محور اصلی) نام دارند.



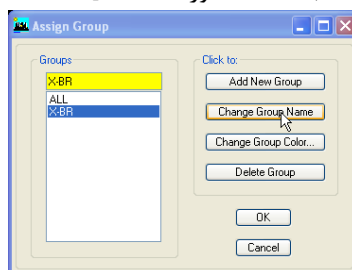
در صورتی که ستون در هر دو راستای 2 و 3 محلی مهاربند خورده باشد، مقدار K را در هر دو قسمت عدد I وارد کنید. در صورتی که ستون تنها در یک صفحه مهار شده و در صفحه دیگر خمشی باشد، بایستی دید که حول کدام یک از محورهای محلی 2 یا 3 مقطع ستون مهار شده است. مثلاً اگر ساختمان تنها در راستای محور x در پلان مهاربندی شده باشد و در راستای محور دیگر خمشی باشد و ستون نیز طوری قرار گرفته باشد که محور 2 پروفیل موازی محور x باشد، بنابراین وقتی ستون بخواهد حول محور 3 کمانش کند، در وضعیت مهارشده قرار می گیرد. پس بایستی فقط مقدار $Effective Length Factor (K major)$ را عدد I وارد کنیم. و هیچ تغییری در قسمت $Effective Length Factor (K minor)$ ندهیم.

5. در این قسمت سراغ تنظیمات مربوط به طرح مهاربندها می رویم.

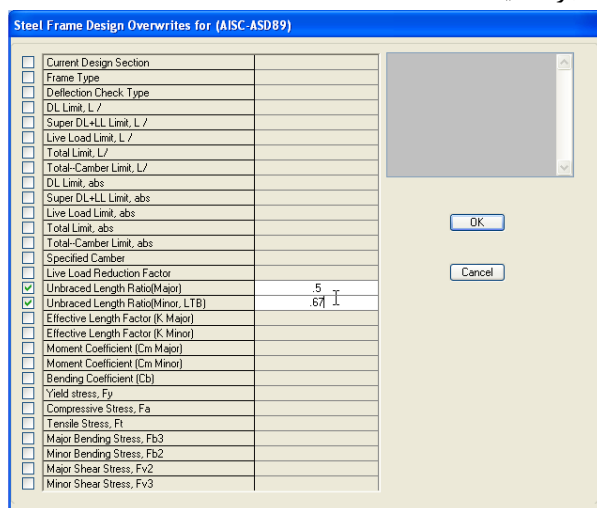
مهاربندهای ضربدری بخاطر اتصال در وسطشان به هم، دارای ضریب طول کمانش موثر 0.5 در برای کمانش در داخل صفحه هستند. مطابق آزمایشات، ضریب طول موثر کمانش مهاربندها برای کمانش خارج از صفحه عددی بین

0.5 و 2/3 (یا 0.67) است که به طور محافظه کارانه همیشه عدد 0.67 در نظر گرفته می شود. ضریب طول موثر مهاربندهای قطری، 8 ای، 7 ای، برون محور به شکلهای مختلف، همگی مقدار 1 هم برای کمانش داخل صفحه و هم برای کمانش خارج از صفحه است.

برای اختصاص مقادیر صحیح K به مهاربندهای ضربدری، این مهاربندها را انتخاب کنید. همچنین در صورتی که دستک و آویزهایی دارید که مانند مهاربندهای ضربدری، در وسط به هم وصل اند، آنها را نیز انتخاب کنید. برای آنکه دفعه بعد راحتتر بتوانید این مهاربندها را انتخاب کنید، آنها را در یک گروه (Group) ذخیره کنید. با تعریف یک گروهی از عناصر در یک گروه، به راحتی هر بار که خواستید می توانید با اجرای دستور مربوط به انتخاب گروه، همه اعضای آن گروه را انتخاب کنید. برای اختصاص یک گروه به عناصر انتخاب شده، دستور *Assign > Group Names* را انتخاب کنید.



در این قسمت اسمی برای گروه مربوطه وارد کرده و دکمه *Add New Group* را فشار دهید. در این حالت اسم گروه مربوطه به لیست گروههای تعریف شده، اضافه می گردد. حال هر وقت بخواهید اعضای این گروه را دوباره انتخاب کنید، کافی است دستور *Select > By Groups* را اجرا کرده و نام گروه مورد نظر را انتخاب کنید. در هر صورت پس از انتخاب مهاربندها و دستک و آویزههای ضربدری، دستور *Design > Steel Frame Design > View/Revise Overwrites* را اجرا کنید.



در قسمت *Unbraced Length Ratio(Major)* و *Unbraced Length Ratio(Minor,LTB)* به ترتیب اعداد 0.5 و 0.67 را وارد کنید. در این حالت برنامه طول المان را برای کمانش حول محورهای اصلی و فرعی پروفیل، در اعداد فوق الذکر ضرب می کند. دقت شود که می توانستیم بجای این ضرایب را در قسمت گفته شده وارد کنیم، می توانستیم آنها را در قسمت *Effective Length Factor(K, Major)* و *Effective Length Factor(K, Minor)* نیز وارد کنیم. زیرا از این ضرایب در محاسبه ضریب لاغری حول دو محور که عبارتست از $\lambda = KL/r$ استفاده می کند. بنابراین تفاوتی ندارد که بگوییم برنامه K را عدد 1 گرفته و L را در ضرایب 0.5 و 0.67 ضرب کند و یا L را در عدد 1 ضرب کرده و K را اعداد 0.5 و 0.67 در نظر بگیرد. زیرا در نهایت اعداد K و L در یکدیگر ضرب خواهند شد. اما تنها یک مسئله باعث می شود که حتماً بایستی

این ضریب را به همان ترتیبی که گفته شد لحاظ کنیم. در صورتی که آئین نامه طراحی را UBC-ASD 97 انتخاب کنیم، برنامه ضوابط خاص لرزه ای مربوط به مهاربندها را کنترل خواهد کرد، از آن جمله چک خواهد کرد که ضریب لاغری مهاربندها حول دو محور از عدد $6025/\sqrt{F_y}$ که برای فولاد نرمه با $F_y=2400 \text{ kg/cm}^2$ عدد 123 می شود، بیشتر نشود. اما ETABS بجای آنکه KL/r را با این عدد حدی مقایسه کند، L/r را مقایسه می کند. بنابراین K را در این کنترل وارد نمی کند. پس برای آنکه ضرایب 0.5 و 0.67 وارد گردد، K را معرفی نکرده (وقتی عددی برای K مهاربندها معرفی نکنیم، برنامه مقدار آن را I در نظر می گیرد) ولی مقدار L را در ضرایب مربوطه ضرب می کنیم تا کنترل نسبت لاغری مهاربندها به درستی انجام گیرد.

6. در این قسمت سراغ تنظیمات مربوط به طرح تیرها می رویم.

در زیر یادآوری از نحوه محاسبه تنش خمشی مجاز تیر (F_b) مقاطع I شکل حول محور قوی آنها ارائه می گردد.

تنش خمشی مجاز تیرها، بر اساس فاصله بین تکیه گاههای جانبی بال فشاری و نسبتهای عرض به ضخامت بال و جان (مقطع فشرده، غیرفشرده یا لاغر باشد) مشخص می گردد. در صورتی که فاصله بین تکیه گاههای جانبی بال فشاری تیر (L_b) از مقادیر L_c کمتر باشد، عضو با تکیه گاه جانبی مناسب فرض می گردد:

$$L_b < L_c = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} \\ 14 \times 10^3 \\ \frac{d}{A_f} F_y \end{array} \right.$$

در این روابط b_f عرض بال تیر، d ارتفاع تیر و A_f مساحت بال می باشد. همانطور که از روابط فوق مشخص است، فاصله مناسب برای تکیه گاههای جانبی وابسته به مشخصات مقطع می باشد. جدول زیر این مقادیر را برای پروفیلهای IPE مختلف وقتی $F_y=2400 \text{ kg/cm}^2$ است، نشان می دهد:

| Profile | $L_c \text{ (cm)}$ |
|-----------------|--------------------|
| IPE14 | 95 |
| IPE16 / CPE16 | 100 |
| IPE18 / CPE18 | 120 |
| IPE20 | 130 |
| IPE22 | 143 |
| IPE24 | 156 |
| IPE27 | 175 |
| 2IPE16 / 2CPE16 | 213 |
| 2IPE18 / 2CPE18 | 240 |
| 2IPE24 | 311 |
| 2IPE27 | 350 |

توجه به این نکته جلب می شود که الزامی به رعایت ضابطه فوق برای تیرهای ساختمانهای با شکل پذیری معمولی یا متوسط نیست. فقط در صورتی که فاصله مهارهای جانبی تیر از مقادیر فوق کمتر باشد، تنش خمشی مجاز تیر می تواند افزایش یابد. اما در صورتی که از قاب خمشی ویژه استفاده شود، حتماً بایستی در همه تیرها، فاصله بین تکیه گاههای جانبی از این مقدار (L_c) کمتر باشد و علاوه بر آن فاصله بین این مهارها از مقدار $100 r_y$ ، که r_y شعاع

ژیراسیون حول محور ضعیف مقطع است، نیز کمتر باشد (بند 10-9-3-4-ت). همچنین در محلهای اعمال بار متمرکز بر تیر که امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد نیز مهار جانبی قرار داده شود. دقت شود مطابق آئین نامه UBC-ASD 97 در تیرهای مربوط به همه سازه ها (اعم از ویژه و غیر ویژه)، فاصله بین مهارهای جانبی می بایستی از مقدار $96 r_y$ کمتر باشد. در قابهای مهاربندی واگرا (EBF)، فاصله بین مهارهای جانبی هر دو بال فوقانی و تحتانی تیرهای پیوند بایستی از مقدار $\frac{635 b_f}{\sqrt{F_y}} = 13.5 b_f$ نیز کمتر باشد. دقت شود که قاب EBF دارای خصوصیات رفتاری ای بین قاب خمشی ویژه و قاب مهاربندی همگرا (CBF) را دارد. به همین دلیل کنترلهای مربوط به قاب خمشی ویژه را هم بایستی ارضاء کند.

در صورتی که نسبت عرض به ضخامت بال و جان از مقادیر زیر کمتر بوده و همچنین اتصال بال و جان پیوسته باشد (مثلا در صورت اسفاده از تیرورق، از جوش پیوسته استفاده گردد)، پروفیل فشرده (Compact) نامیده می شود:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = 11.1$$

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{5365}{\sqrt{F_y}} = 109.5$$

$$\frac{b_{PL}}{t_{PL}} \leq \frac{1590}{\sqrt{F_y}} = 32.4$$

در این روابط b_f عرض بال، t_f ضخامت بال، d ارتفاع پروفیل، t_w ضخامت جان، b_{PL} عرض ورق تقویتی و t_{PL} ضخامت ورق تقویتی می باشد. دانش پژوهان عزیز توجه داشته باشند، تمامی ورقهای تقویتی ای که بر روی مقاطع تیر، ستون و مهاربند خورده و در فایل EXCEL به شما داده شده است، نسبت عرض به ضخامت شان شرایط فشردگی را ارضاء می کند، یعنی نسبتهای عرض به ضخامت آنها با عدد 32.4 کنترل شده است. در صورتی که نسبتهای عرض به ضخامت از مقادیر فوق بیشتر بوده ولی از نسبتهای زیر کمتر باشند، پروفیل غیرفشرده (Non-Compact) نامیده می شود:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{795}{\sqrt{F_y}} = 16.2$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_b}} = \frac{6370}{\sqrt{0.6 F_y}} = 168$$

$$\frac{b_{PL}}{t_{PL}} \leq \frac{1995}{\sqrt{F_y}} = 40.7$$

در این رابطه h ارتفاع جان است.

در صورتی که این نسبتها هم برقرار نگردد، پروفیل لاغر به شمار می رود.

توجه به این نکته جلب می شود که در ساختمانهای متعارف از مقاطع لاغر استفاده نخواهیم کرد. هرچند الزامی هم در این زمینه وجود ندارد. از طرفی در تیرهای قابهای خمشی ویژه، حتما بایستی از پروفیلهای فشرده استفاده شود (بند 10-9-3-4-پ). تیرهای پیوند قابهای واگرا (EBF) نیز بایستی فشرده بوده و حتی نسبت عرض به ضخامت

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{435}{\sqrt{F_y}} = 8.9$$

هم کمتر باشد (بند 10-11-3-1).

حال بر اساس وضعیت تکیه گاههای بال فشاری تیر و همچنین فشردگی یا غیر فشردگی مقطع، تنش خمشی مجاز

تیر حول محور قوی بدست می آید:

1- در صورتی که تیر دارای تکیه گاههای بال فشاری مناسب باشد، تنش خمشی مجاز از $0.6F_y$ است:

1-1 در صورتی که مقطع فشرده باشد، تنش خمشی مجاز برابر $0.66F_y = 1584 \text{ kg/cm}^2$ است.

1-2 در صورتی که مقطع غیرفشرده باشد، تنش خمشی مجاز برابر $0.6F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$ است.

2- در صورتی که تیر دارای تکیه گاههای بال فشاری مناسب نباشد، تنش خمشی مجاز حداکثر مقدار $0.6F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$ خواهد بود و مطابق روابط زیر محاسبه می شود.

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} \approx \frac{L_b}{1.2 r_y}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} \\ \lambda_2 = \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}} \end{array} \right.$$

$$\text{Where } C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \quad \left| \frac{M_1}{M_2} \right| \leq 1 \quad \text{and} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{M_1}{M_2} > 1 \text{ for double curvature deformation} \\ \frac{M_1}{M_2} < 1 \text{ for single curvature deformation} \end{array} \right. \sim \cup \cap$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } \lambda \leq \lambda_1 \rightarrow F_{b1} = 0.6 F_y \\ \text{if } \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2 \rightarrow F_{b1} = \left\{ \frac{2}{3} - \frac{F_y \lambda^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right\} F_y \leq 0.6 F_y \\ \text{if } \lambda \geq \lambda_2 \rightarrow F_{b1} = \frac{120 \times 10^5 C_b}{\lambda^2} \leq 0.6 F_y \end{array} \right.$$

$$F_{bII} = \frac{8.4 \times 10^5 C_b}{\frac{L_d}{A_f}} \leq 0.6 F_y$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{bII})$$

همانطور که مشاهده می شود، در ابتدا لاغری تیر بین تکیه گاههای جانبی بال فشاری (λ) محاسبه می شود. سپس این مقدار با دو مقدار حدی λ_1 و λ_2 مقایسه می شود. بر اساس این لاغری مقدار تنش خمشی مجاز بر اساس کماتش جانبی بال فشاری (F_{b1}) محاسبه می شود. در صورتی که $\lambda \leq \lambda_1$ باشد، فاصله تکیه گاههای جانبی بال فشاری زیاد نبوده و اثر لاغری قسمت تحت فشار تیر، بین تکیه گاههای جانبی بال فشاری ناچیز است. در این صورت تنش خمشی مجاز $0.6F_y$ در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر در این حالت تنش مجاز خمشی هیچ ارتباطی به لاغری نداشته و مقدار آن تنها وابسته به تنش تسلیم فولاد است. در صورتی که $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$ باشد، تیر از نظر لاغری در وضعیت بینابینی قرار داشته و تنش خمشی مجاز آن هم وابسته به مقدار لاغری تیر و هم وابسته به تنش تسلیم مصالح فولاد است. اما اگر $\lambda \geq \lambda_2$ باشد، تیر خیلی لاغر بوده و تنش خمشی آن تنها وابسته به لاغری تیر بین تکیه گاههای جانبی بال فشاری است. حال مقدار تنش خمشی مجاز بر اساس کماتش پیچشی (F_{bII}) نیز محاسبه می گردد. مقدار حداکثر بین این دو مقدار، تنش خمشی مجاز تیر را حاصل می دهد. همانطور که ملاحظه می شود، این مقدار هیچ وقت از $0.6F_y$ بیشتر نیست.

در صورتی که تیر I شکل حول محور ضعیف خود دچار خمش شود، مستقل از فاصله بین تکیه گاههای بال فشاری آن، تنش خمشی مجاز آن محاسبه می شود:

$$1- \text{در صورتی که مقطع فشرده باشد } F_b = 0.75F_y$$

$$2- \text{در صورتی که مقطع غیر فشرده باشد } F_b = 0.6F_y$$

در مقطع قوطی شکل (Box)، مانند آنچه در تیرهای دابل و یا در ستونهای دوتایی یا سه تایی داریم، تنش خمشی مجاز به صورت زیر است:

1- در صورتی که مقطع فشرده بوده، نسبت بعد بزرگ به بعد کوچک از عدد 6 کمتر بوده و فواصل تکیه گاههای جانبی بال فشاری از مقدار $L_c = 10^3 (137 + 84 \frac{M_1}{M_2}) \frac{b_f}{F_y}$ (که $\frac{M_1}{M_2} < 1$) و برای انحنای مضاعف $\frac{M_1}{M_2} > 1$ و برای انحنای تک $\frac{M_1}{M_2} < 1$ می باشد) کمتر باشد، تنش خمشی مجاز برابر $0.66F_y$ خواهد بود.

2- در صورتی که مقطع غیر فشرده باشد و نسبت بعد بزرگ به بعد کوچک از عدد 6 کمتر باشد، تنش خمشی مجاز تیر برابر $0.6F_y$ خواهد بود.

در مورد پروفیل‌های لانه زنبوری، از آنجا که دارای مقاومت در برابر کماتش پیچشی بسیار کمی می باشند، تنش خمشی مجاز آنها را نمی توان هیچگاه بیشتر از مقدار $0.6F_y$ در نظر گرفت.

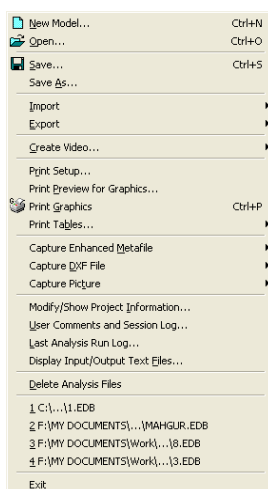
حال ببینیم برنامه ETABS چگونه تنشهای مجاز خمشی را محاسبه می کند. این برنامه تنش خمشی مجاز مقاطعی که بصورت مقاطع شناخته شده مثل I و L و U و Box معرفی شدند را بر اساس آیین نامه و با توجه به فصله تکیه گاههای جانبی تعریف شده توسط کاربر محاسبه می کند. اما اگر مقطعی بصورت General تعریف شده باشد، تنش خمشی مجاز آنرا محاسبه نمی کند. زیرا همانطور که در توضیحات فوق اشاره شد، محاسبه تنش مجاز خمشی تیر وابسته به آن است که مقطع فشرده است، غیر فشرده است یا لاغر. ولی وقتی مقطعی به صورتی General تعریف می شود، یعنی هیچ مشخصه ای از ابعاد و ضخامت مقطع به برنامه نداده ایم. پس برنامه قادر به محاسبه تنش مجاز خمشی بر اساس فرمولهای فوق نیست. بنابراین در این حالت همواره تنش خمشی مجاز حول محور قوی و ضعیف را برابر مقدار $0.6F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$ در نظر می گیرد. همانطور که می دانیم، این مقدار برای تیرهای غیر زنبوری ای که که بال فشاری آنها داخل دال بتنی سقف قرار گرفته است، مقدار حداقل است. چون اگر تیر شرایط فشرده را هم داشته باشد، تنش مجاز خمشی آن $0.66F_y$ خواهد بود.

برنامه ETABS 2000

درس شماره 10

استفاده از منوی File برای گرفتن خروجی ها و ارتباط با برنامه های دیگر

در این قسمت دستورات مختلف منوی File بررسی شده است. منوی File برای ذخیره کردن و یا باز کردن یک مدل، شروع یک مدل، وارد کردن یا خارج نمودن یک مدل، ارتباط برنامه ETABS با برنامه AutoCAD، ارتباط با برنامه های SAP2000، SAFE2000 و دیگر برنامه ها استفاده می گردد. همچنین از طریق منو می توان خروجی متنی و یا گرافیکی (به صورت پرینت یا ذخیره در فایل) گرفت.



1. از طریق دستور *File > New Model* می توانید مدل جدیدی را شروع کنید. دقت کنید در این حالت مدل قبلی بسته می شود. پیامی مبنی بر اینکه آیا می خواهید مدل قبلی را ذخیره کنید ظاهر می گردد.
2. از طریق دستور *File > Open* می توانید مدلی را که قبلاً ذخیره کرده اید باز کنید. در این حالت هم مدل قبلی باید بسته شود پیامی مبنی بر اینکه آیا می خواهید مدل قبلی را ذخیره کنید، ظاهر می گردد.
3. از طریق دستور *File > Save* می توانید مدلتان را ذخیره کنید. اگر قبلاً مدلتان را ذخیره کرده اید، در اینجا مدل جدید جایگزین قبلی می گردد.
4. از طریق دستور *File > Save As* می توانید مدلتان را با اسم جدید ذخیره کنید.
5. از طریق گزینه *File > Import > ETABS. E2k Text File* می توانید، فایل های با فرمت متنی را در برنامه ETABS بخوانید. در این حالت هم مدل قبلی بایستی بسته شود.
6. از طریق گزینه *File > Import > ETABS 6 Text File* می توانید، فایل های با فرمت متنی را که در برنامه های قدیمی ETABS نوشته اید را وارد کنید (برنامه ETABS 6). در این حالت هم مدل قبلی بایستی بسته شود.
7. از طریق گزینه *File > Import > ETABS .edb file* می توانید یک مدل دیگری را تشکیل دهید و مبدا آن را در هر نقطه ای از مدل قبلی تان که بخواهید، اضافه کنید.
8. از طریق گزینه *File > Import > DXF File of Architectural Grid* می توانید، خطوط شبکه را در برنامه AutoCAD رسم کرده و در برنامه ETABS وارد کنید.
9. از طریق گزینه *File > Import > DXF Floor Plan* می توانید پلان تیرریزی طبقات را که در برنامه AutoCAD رسم کرده اید در اینجا وارد کنید.
10. از طریق گزینه *File > Import > DXF File of 3D Model* می توانید مدل سه بعدی از ساختمان را در برنامه

| |
|---|
| AutoCAD ساخته و در برنامه ETABS وارد کنید. |
| 11. از طریق گزینه <i>File > Export > Save Model as ETABS .e2k Text File</i> می توانید مدلتان را به فرمت متنی ذخیره کنید. در این حالت پس از گرفتن خروجی متنی، می توانید این خروجی را با استفاده از برنامه های <i>Notepad</i> باز کنید و ویرایش نمایید (تا اگر خواستید بتوانید مدل متنی را دوباره از طریق قسمت <i>Import</i> که قبلاً توضیح داده شد، وارد کنید) |
| 12. از طریق گزینه <i>File > Export > Save Model as SAP2000 .f2k Text File</i> می توانید از مدلتان به برنامه <i>SAP 2000</i> خروجی متنی بگیرید. این خروجی فقط در برنامه <i>SAP2000</i> قابل خواندن است. |
| 13. از طریق گزینه <i>File > Export > Save As SAFE .f2k Text File</i> می توانید از مدلتان به برنامه <i>SAFE2000</i> خروجی متنی بگیرید. این خروجی فقط در برنامه <i>SAFE2000</i> قابل خواندن است. برنامه <i>SAFE2000</i> برنامه ای است که از آن جهت طراحی پی ها و یا دالهای سقف استفاده می شود. این خروجی می تواند شامل هندسه کف یا نقاط تکیه گاهی و نیروهای ناشی از تحلیل در نقاط تکیه گاهی باشد. |
| 14. از طریق گزینه <i>File > Export > Save story as ETABS .edb File</i> می توانید طبقه یا یک سری از طبقات تان را فقط ذخیره کنید. |
| 15. از طریق گزینه <i>File > Export > Save Input / Output as Access Database File</i> اطلاعات مدلسازی و همچنین اطلاعات نتایج تحلیل (هر چه را که بخواهید) در فایل <i>Access</i> ذخیره کنید. این فایل قابل خواندن در برنامه <i>Access</i> می باشد. |
| 16. با استفاده از گزینه <i>File > Export > Save As .DXF File</i> از هر قسمت از سازه که خواستید به صورت <i>AutoCAD</i> خروجی بگیرید. |
| 17. از طریق گزینه <i>File > Create Video</i> و در صورتی که مدلتان را تحلیل کرده باشید می توانید نمایش تغییر شکل سازه را به صورت فیلم خروجی بگیرید. |
| 18. از طریق گزینه <i>File > Print setup</i> می توانید تنظیمات مربوط به پرینتر را انجام دهید. مثلاً نوع پرینتر را انتخاب کنید یا سایز کاغذ را انتخاب کنید. |
| 19. از طریق گزینه <i>File > Print Preview for Graphics</i> می توانید یک پیش نمایش از پرینت شک ای که در پنجره فعال وجود دارد بگیرید. |
| 20. از طریق <i>File > Print Graphics</i> می توانید از شکل پنجره فعال پرینت بگیرید. |
| 21. از طریق <i>File > Capture Enhanced metafile</i> می توانید، شکل پنجره فعال یا قسمتی را که خودتان انتخاب می کنید را در یک فایل به صورت عکس و با فرمت <i>emf</i> ذخیره کنید. |
| 22. از طریق گزینه <i>File > Ccapture DXF File</i> می توانید از شکل پنجره فعال خروجی <i>AutoCAD</i> بگیرید. |
| 23. از طریق گزینه های قسمت <i>File > Capture Picture</i> می توان شکل پنجره <i>ETABS</i> خروجی عکس گرفت. این خروجی ها معمولاً برای کارهای آموزشی مانند نوشتن کتاب های آموزش استفاده می شود. |
| 24. از طریق گزینه <i>File > Modify / Show Project Information</i> می توانید برای مدلتان مشخصات پروژه تعریف کنید مثلاً بگویید کارفرما کیست؟ طراح کیست؟ این مشخصات را می توان در خروجی های متنی پرینت گرفت. |
| 25. از طریق گزینه <i>File > User Ccomments and Session log</i> می توانید آخرین تغییراتی را که در مدل در هر بار ذخیره کردن و یا تغییر ایجاد کرده اید یادداشت کنید. همچنین در این قسمت هر بار که مدلتان را <i>save</i> می کنید، تاریخ این ذخیره کردن هم یادداشت شده است. |
| 26. از طریق گزینه <i>File > Last Analysis Run log</i> می توانید گزارشی را که هنگام تحلیل مدل به شما نشان داده می شود و سریعاً بسته می شود را دوباره ببینید و احتمالاً اشکالات مدل را بررسی کنید. |
| 27. از طریق گزینه <i>File > Display Input / Output text files</i> یک برنامه <i>Wordpad</i> باز می شود که از طریق آن می |

توانید فایل‌های متنی مورد نظرتان را در هر جا که ذخیره کیده اید باز کنید.

28. در منوی فایل، اسم چندین فایل قبل از گزینه *Exit* (آخرین گزینه) وجود دارد، این اسامی، اسامی فایل‌هایی هستند که اخیراً باز کرده اید. با کلیک روی این اسامی، این فایل‌ها سریعاً باز می‌شوند. (معمولاً 3 فایل آخری در لیست موجودند)

29. از طریق گزینه *File > Exit* می‌توانید از برنامه ETABS خارج شوید.

به جای این کاری که می‌توانید دکمه ☒ را که در گوشه سمت راست و بالای برنامه موجود دارد را کلیک کنید.