# www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

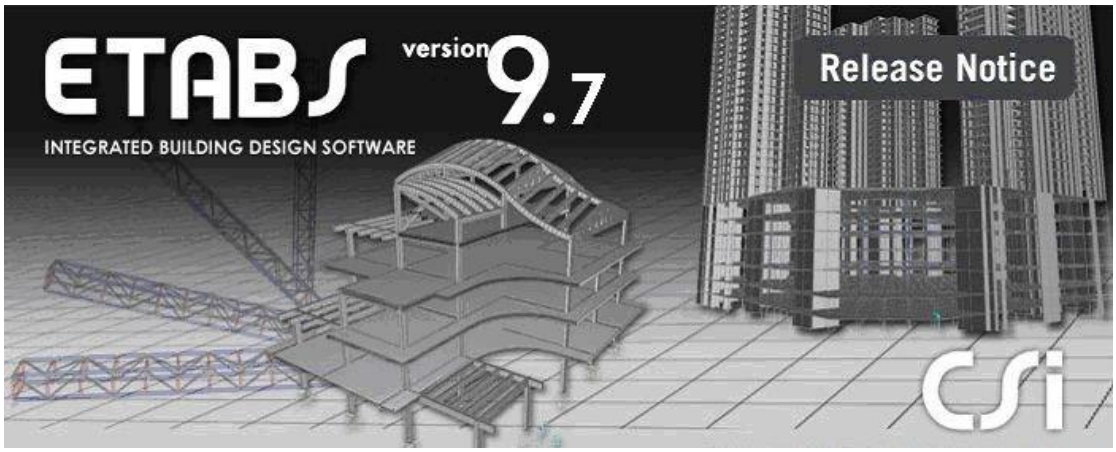
بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

# سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اصفهان

# جزوه آموزش
# نرم افزار تحلیل سازه های ساختمانی ETABS
# (پیشرفته)




نام مدرس : مهدی ترابی

## مراحل گام به گام در طراحی دیوار برشی به روش GENERAL.

۱ – تعریف مقطع دیوارو ضرایب ترک خوردگی دیوار

۲ – تعریف ضرایب ترک خوردگی در تیرها و ستونها

۳ – ایجاد بر چسب Pierبه دیوار و ستونهای متصل به آن

۴ – مش بندی دیوار

۵ – تنظیم آیین نامه طراحی

۶ – آنالیز سازه و کنترلها (تغییر مکان نسبی – کنترل سیستم دوگانه و ...)

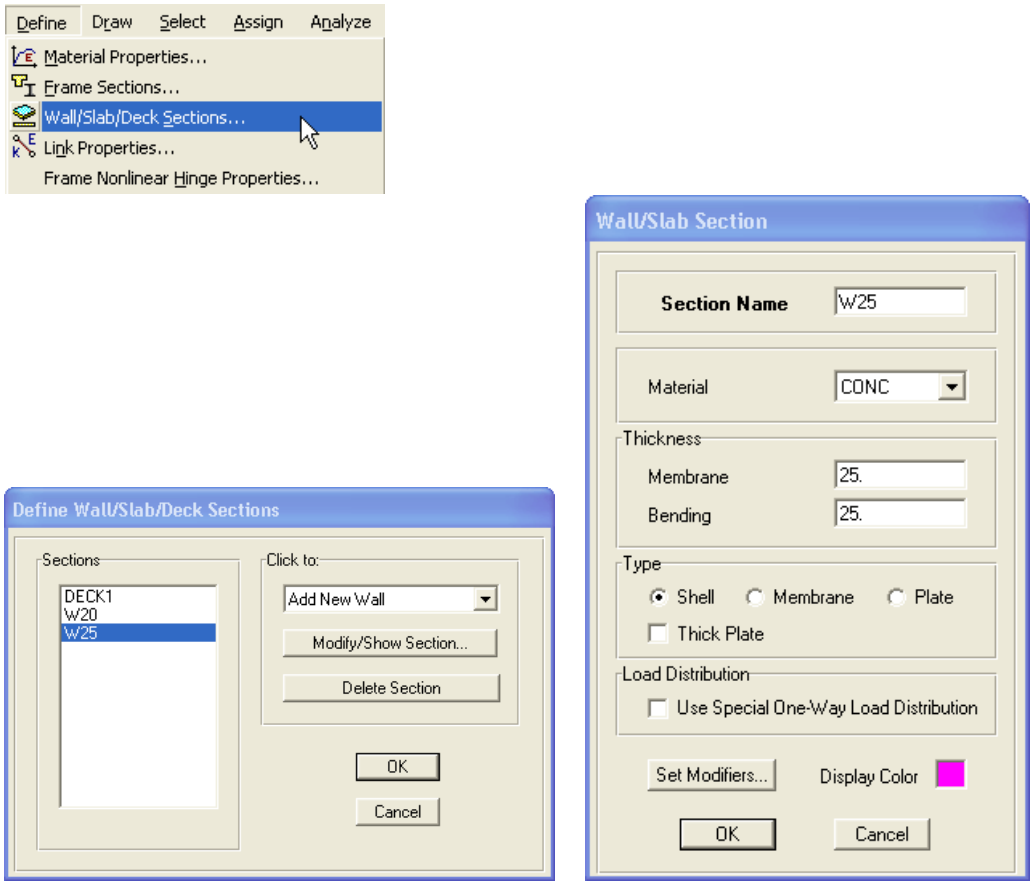
۷ – ایجاد الگوی آرماتور گذاری خمشی در Section Design

۸ – اختصاص الگوی ایجاد شده در مرحله ۷ به عناصر سطحی دیوار

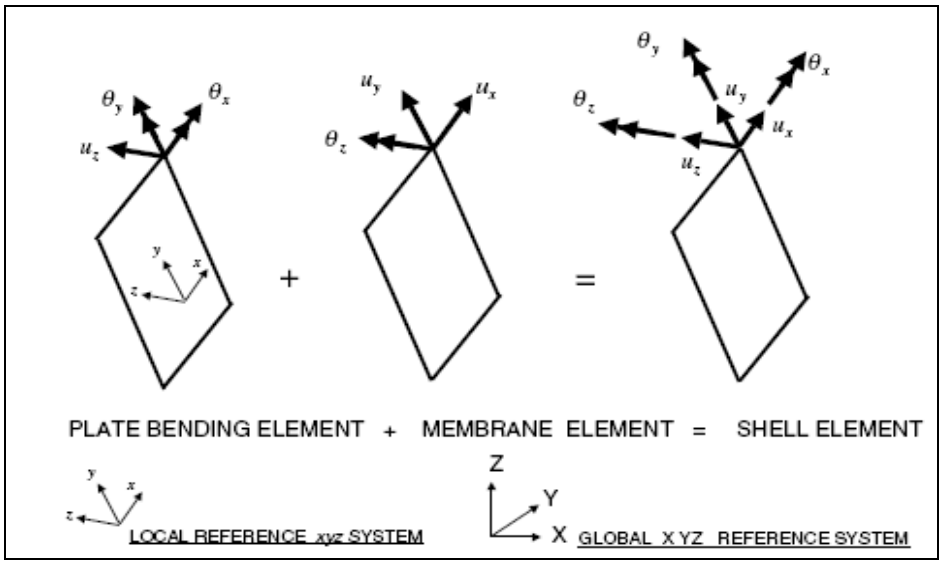
۹ – طراحی دیوار برشی و کنترل نتایج خروجی

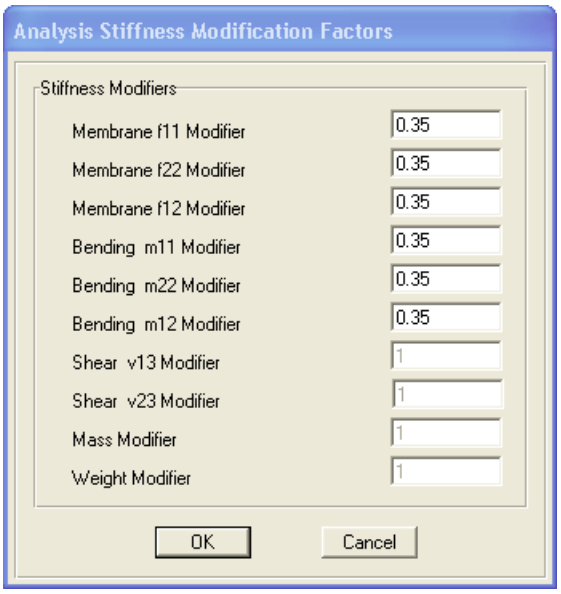
۱۰ –ایجاد فایل ٪۲۵

## تعریف مقطع دیوارو ضرایب ترک خوردگی دیوار:




شکل ۱ ایجاد مقطع دیوار برشی

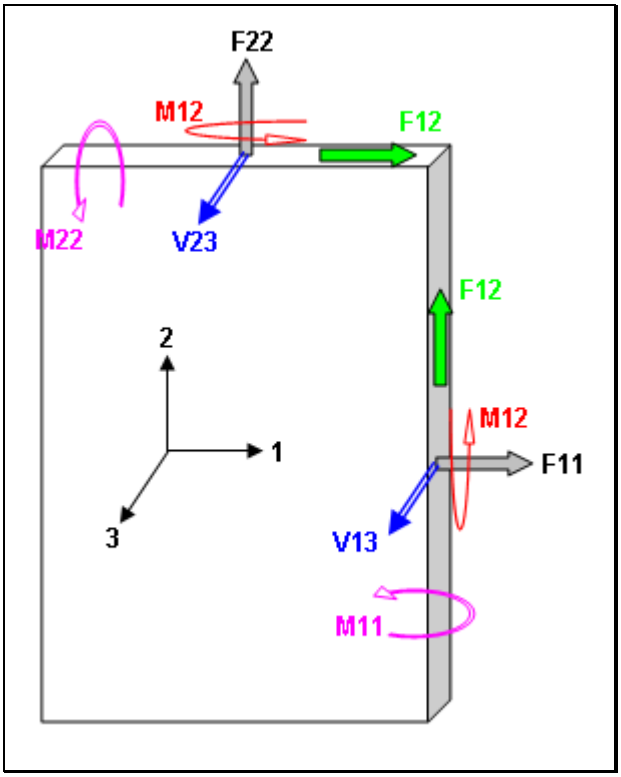



شکل ۲ تعریف ضرایب ترک خورده در دیوار

برای دیوارها چنانچه تنش قائم (S22)در بحرانی ترین ترکیب بارگذاری از $f_r = 2\sqrt{f_c'}$ بیشتر شود دیوار باید با ترک خوردگی 0.35 در نظر گرفته شود. در غیر اینصورت ضریب ترک خوردگی 0.7 در نظر گرفته می شود.

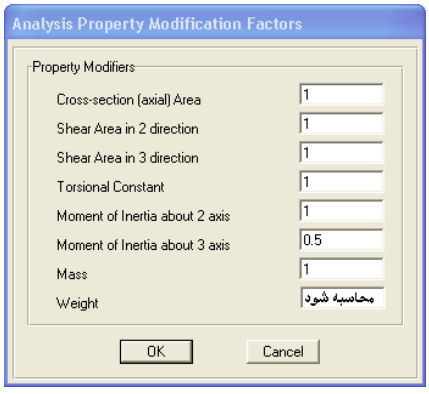
ترک خورده می باشد. $\sigma_{22} = [\frac{P_u}{A_g} + (\frac{M_u}{I_g} \times \frac{l_w}{2})] \geq 2\sqrt{f_c'}$



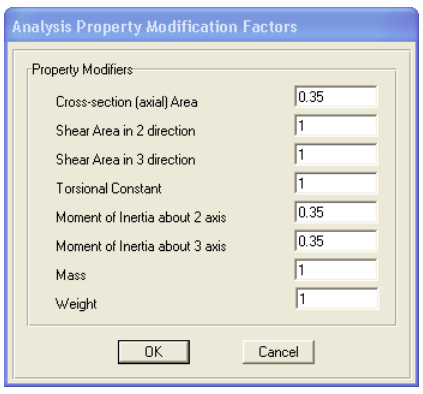

نمایش نیروهای غشایی و خمشی در دیوار

## ***تعریف ضرایب ترک خوردگی در تیرها و ستونها:***

الف ) تیرها:



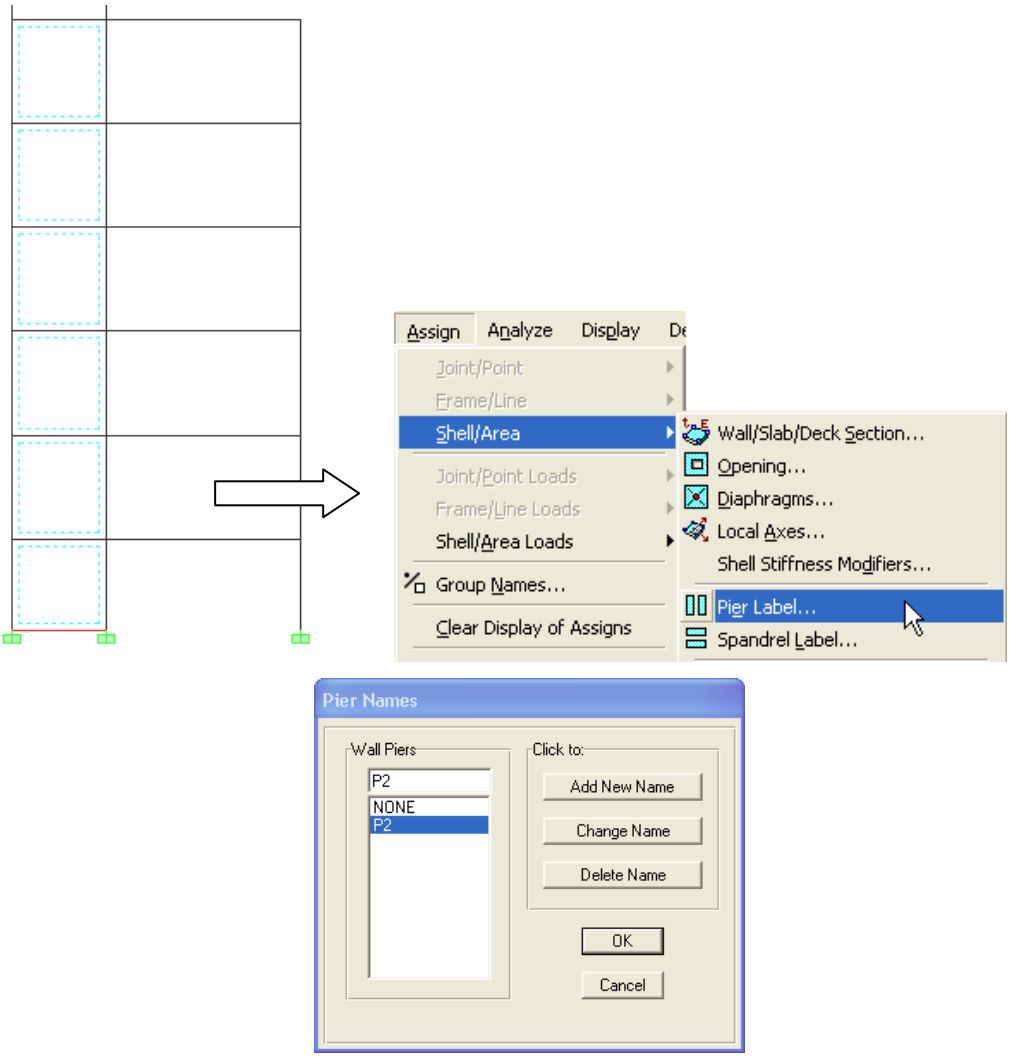

ب) ستونهای متصل به دیوار:



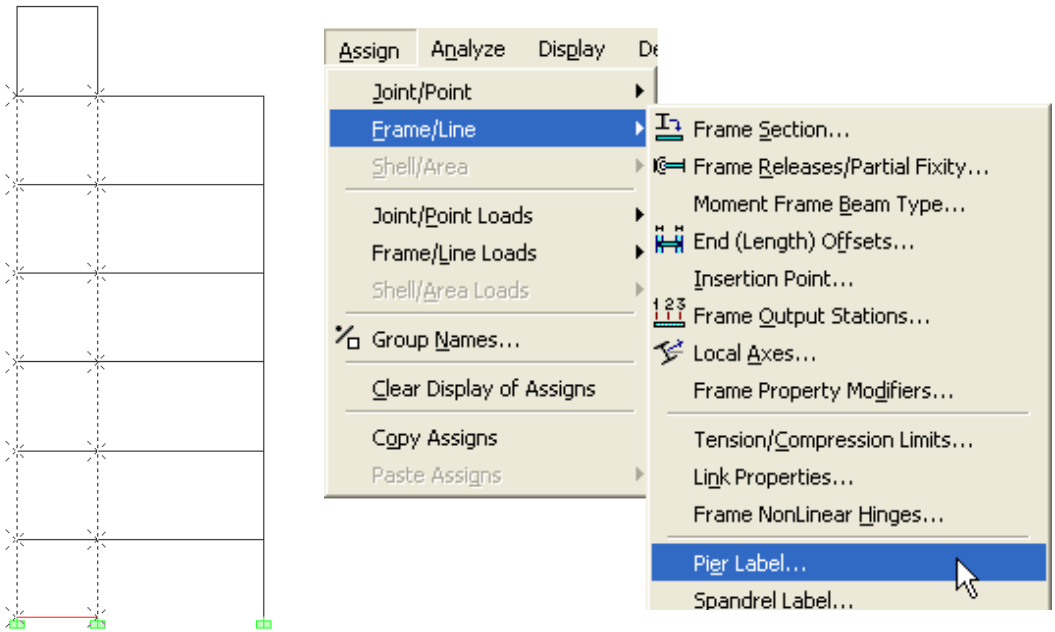

ج) سایر ستونها: در سایر ستونها تمام ضرایب ۱ می باشند.

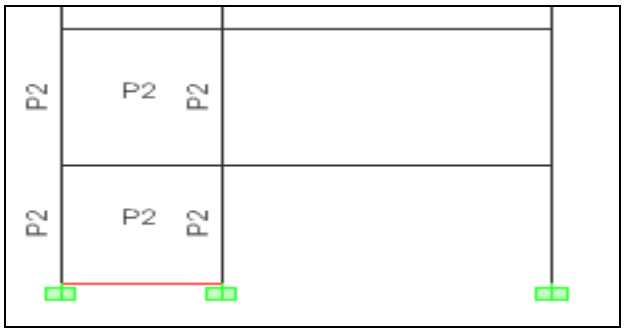
## ایجاد بر چسب Pier به دیوار و ستونهای متصل به آن:

الف) ایجاد برچسب به دیوارها: ابتدا دیوار مورد نظر را انتخاب نموده و مطابق شکل مسیر را اجرا کنید.




ب) ایجاد برچسب به ستونها: سپس ستونهای متصل به دیوار را انتخاب نموده و مطابق شکل مسیر را اجرا کنید.

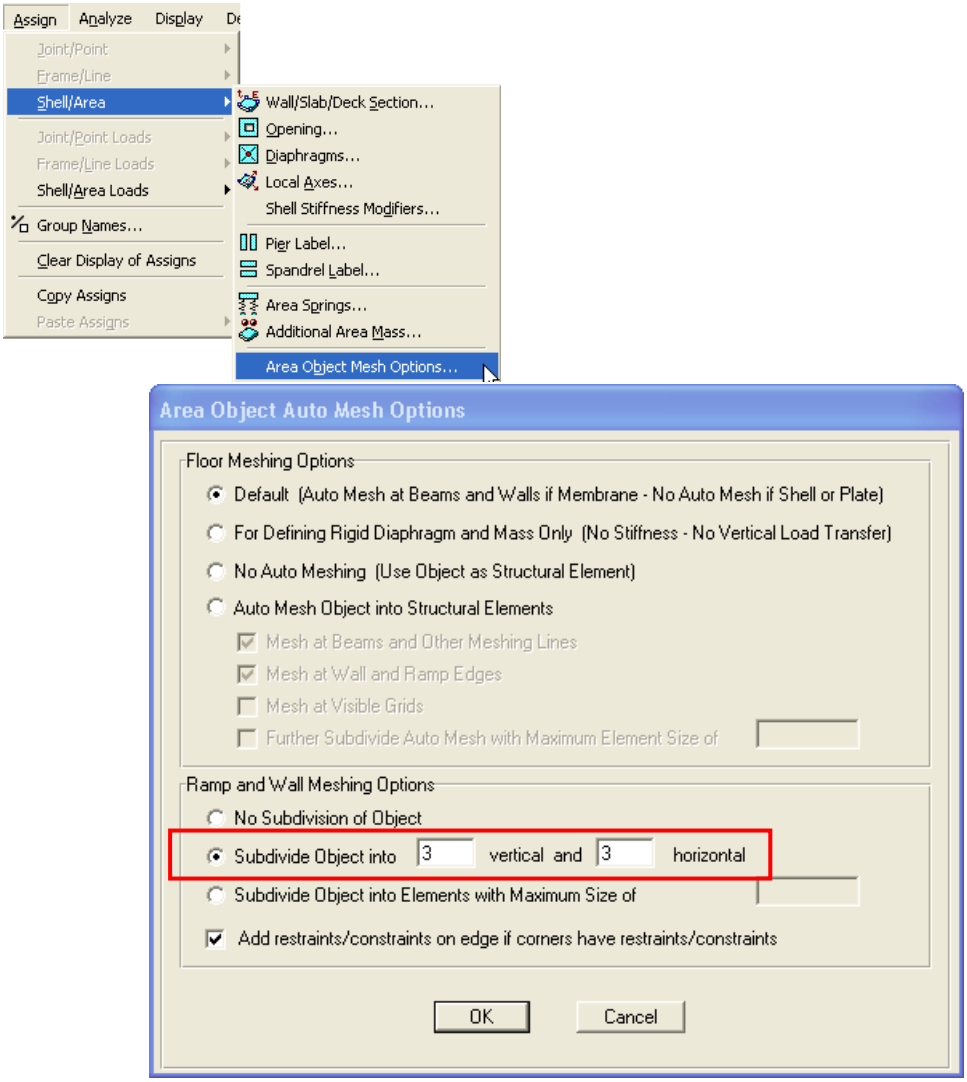





نمایش کامل بر چسب Pier برای دیوار و ستون های متصل به آن

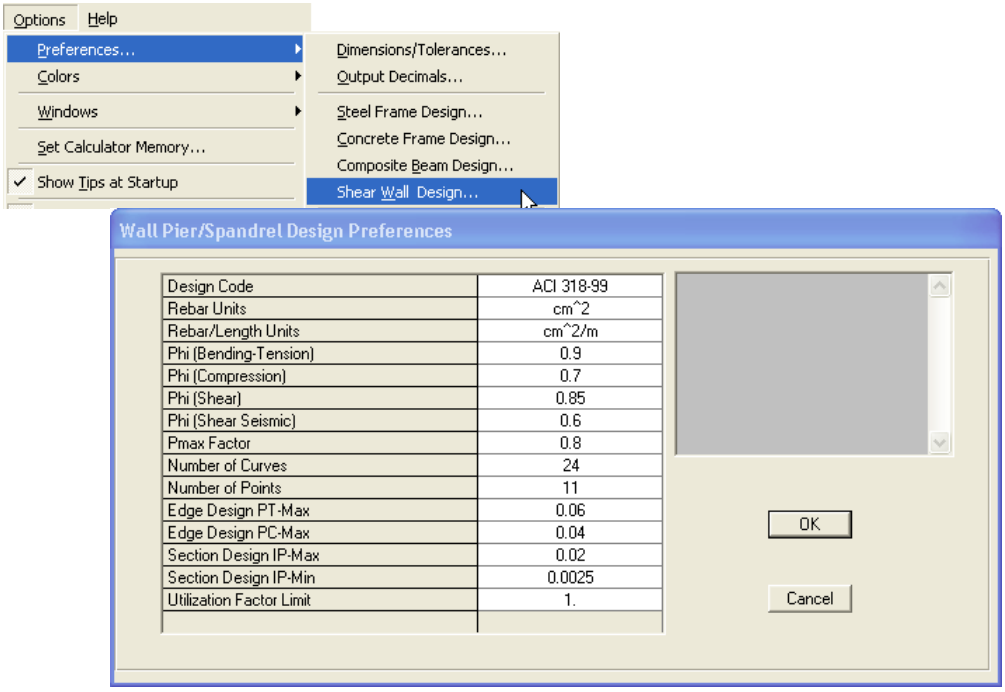
## ***مش بندی دیوار:***

دیوارها را انتخاب نموده و مسیر نشان داده شده در شکل را دنبال نمایید و مقادیر تقسیم بندی را برای راستای افقی و عمودی دیوار وارد نمایید.




شکل ۵ نحوه مش بندی در دو راستای دیوار برشی

## تنظیم آیین نامه طراحی:




پیش فرض نرم افزار برای طراحی دیوار برشی UBC97 می باشد.

## کنترل سازه(تغییر مکان نسبی و سیستم دوگانه و ضرایب ترک خوردگی) :

$$IF \quad T < 0.7 \ \text{sec} \Rightarrow 0.025H = 0.7R\Delta_W$$

$$\theta_i = \frac{\sum P_u \times \delta_u}{V_u \times H}$$

## کنترل شاخص پایداری:

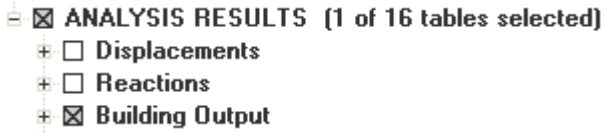
$\sum P_u$ نیروی محوری ضریبدار در طبقه

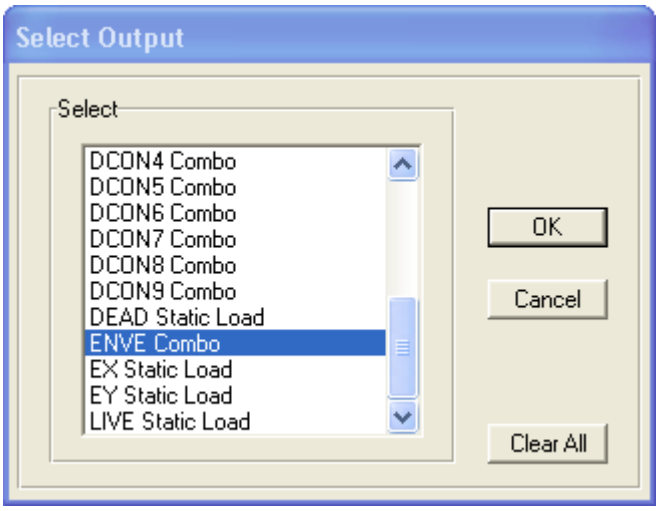
$\delta_u$ تغییر مکان نسبی ضریبدار تحت آنالیز مرتبه اول(آنالیز بدون $P-\Delta$ )

$V_u$ برش نهایی در طبقه

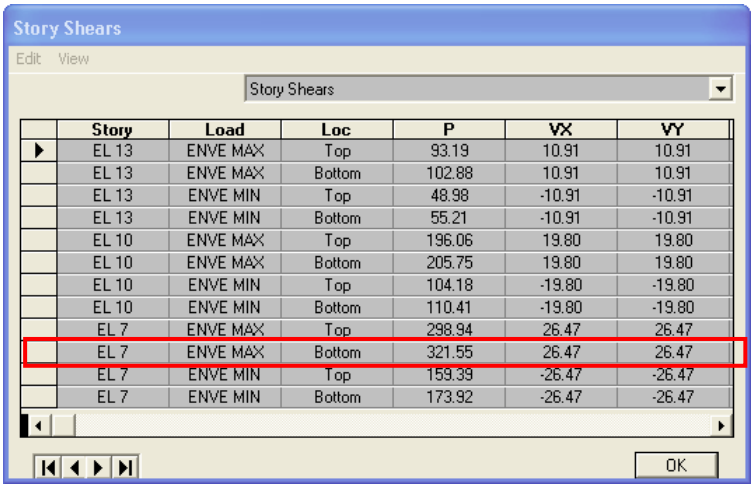
H ارتفاع آکس تا آکس طبقه

با توجه به اینکه در محاسبه شاخص پایداری از نیروی محوری ضریبدار و برش ضریبدار درطبقه استفاده می شود .بر همین اساس یک ترکیب باراز نوع ENVELOP ایجاد نموده و مطابق شکل (۶) بدست می آید.





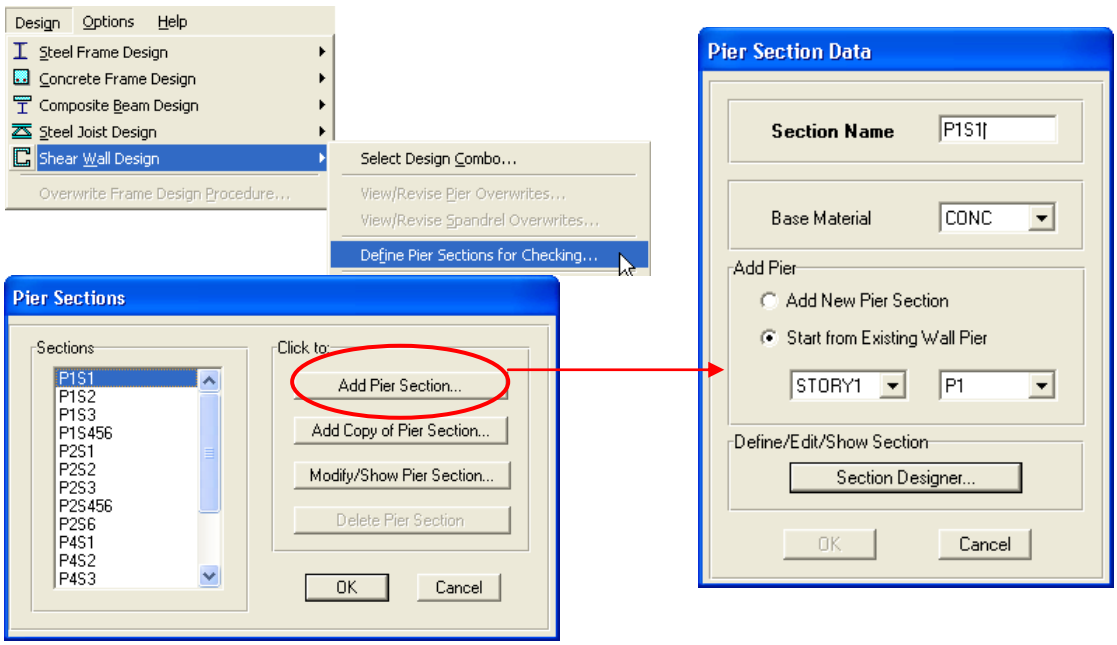

شکل (۶)

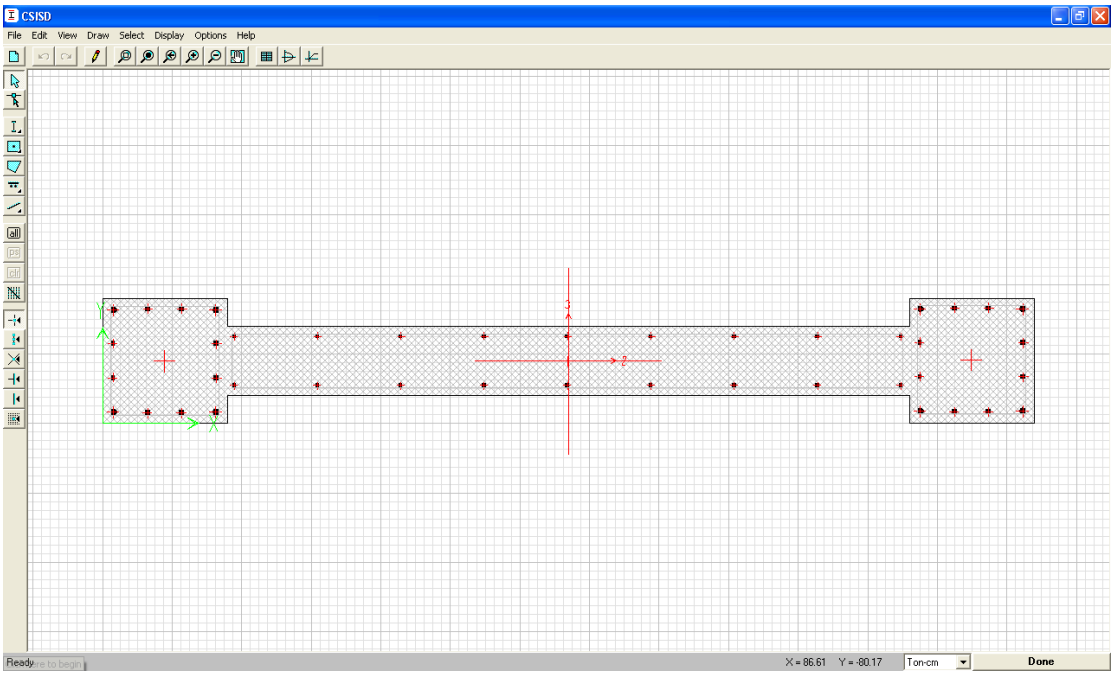



| Story | Load | Loc | P | VX | VY |
|---|---|---|---|---|---|
| EL 13 | ENVE MAX | Top | 93.19 | 10.91 | 10.91 |
| EL 13 | ENVE MAX | Bottom | 102.88 | 10.91 | 10.91 |
| EL 13 | ENVE MIN | Top | 48.98 | -10.91 | -10.91 |
| EL 13 | ENVE MIN | Bottom | 55.21 | -10.91 | -10.91 |
| EL 10 | ENVE MAX | Top | 196.06 | 19.80 | 19.80 |
| EL 10 | ENVE MAX | Bottom | 205.75 | 19.80 | 19.80 |
| EL 10 | ENVE MIN | Top | 104.18 | -19.80 | -19.80 |
| EL 10 | ENVE MIN | Bottom | 110.41 | -19.80 | -19.80 |
| EL 7 | ENVE MAX | Top | 298.94 | 26.47 | 26.47 |
| EL 7 | ENVE MAX | Bottom | 321.55 | 26.47 | 26.47 |
| EL 7 | ENVE MIN | Top | 159.39 | -26.47 | -26.47 |
| EL 7 | ENVE MIN | Bottom | 173.92 | -26.47 | -26.47 |

شکل ۷ مشاهده نیروی محوری و برش ضریبدار در طبقه

## ***ایجاد الگوی آرماتور گذاری خمشی در Section Design:***

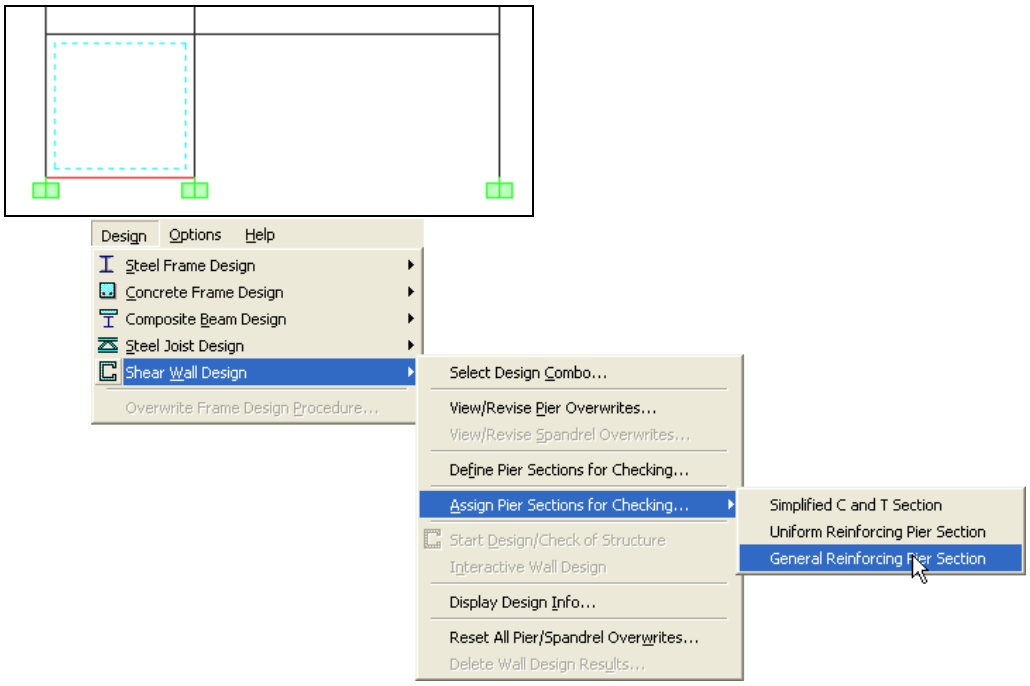




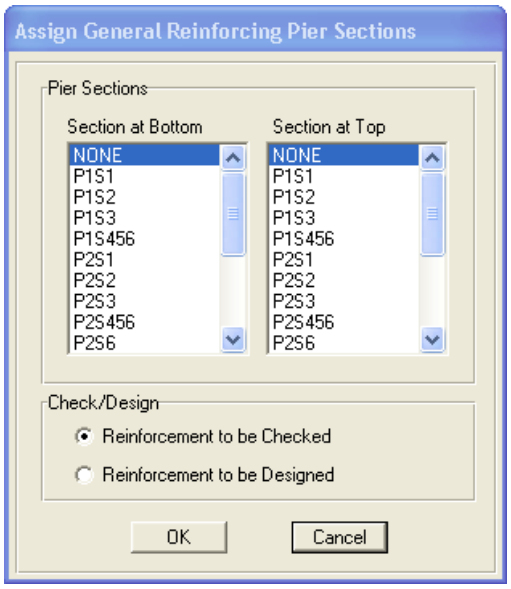

شکل ۹ مقطع دیوار در SD

***<u>اختصاص الگوی ایجاد شده در مرحله ۷ به عناصر سطحی دیوار:</u>***

دیوار را مطابق شکل انتخاب کنید.

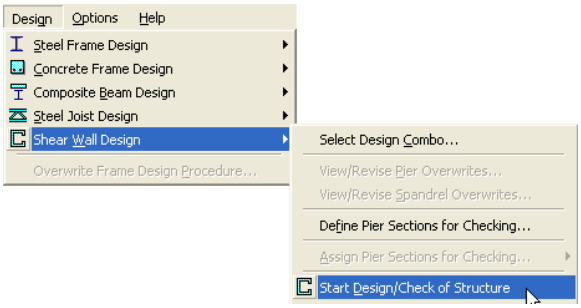



در این قسمت روش General مد نظر می باشد.

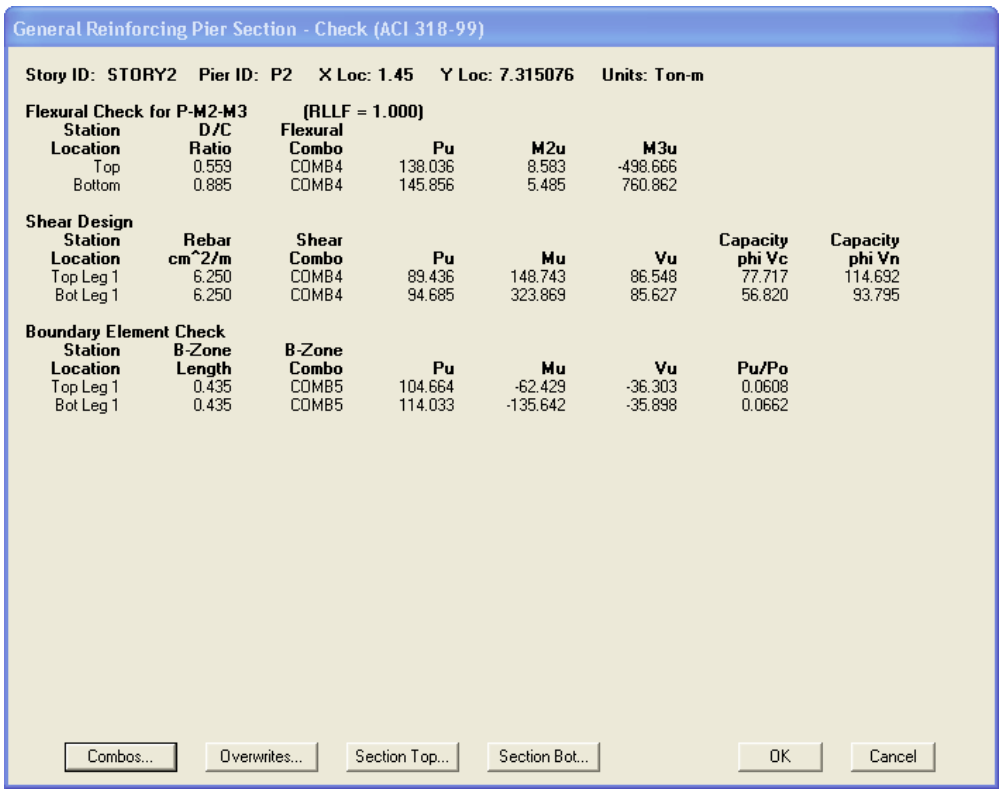



شکل ۱۰ انتخاب نوع الگوی آرماتور گذاری برای دیوار مورد نظر

## ***طراحی دیوار برشی و کنترل نتایج خروجی:***

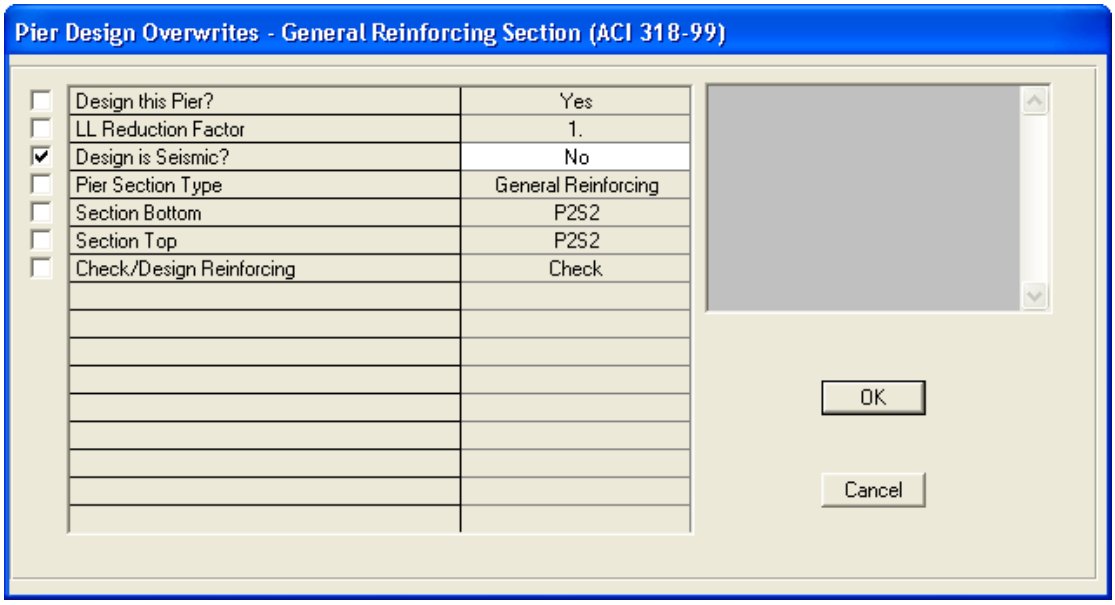



بعد از طراحی روی دیوار کلید سمت راست ماوس را زده ،که نتایج طراحی قابل مشاهده می باشد.




شکل ۱۱ نمایش نتایج طراحی

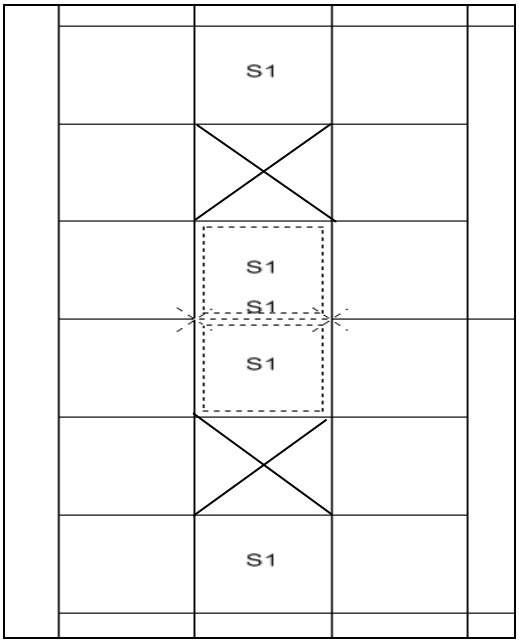
در صورتیکه روی گزینه Overwrites... کلیک نمایید مطابق شکل ۱۲ می توانید گزینه نشان داده شده را انتخاب و گزینه NO را مشخص نمایید.




شکل ۱۲

## ضوابط مربوط به بازشوها در دیوار برشی:

تیرهای همبند اتصال دهنده دیوارهای سازه ای می توانند سختی و اتلاف انرژی را مهیا سازند.

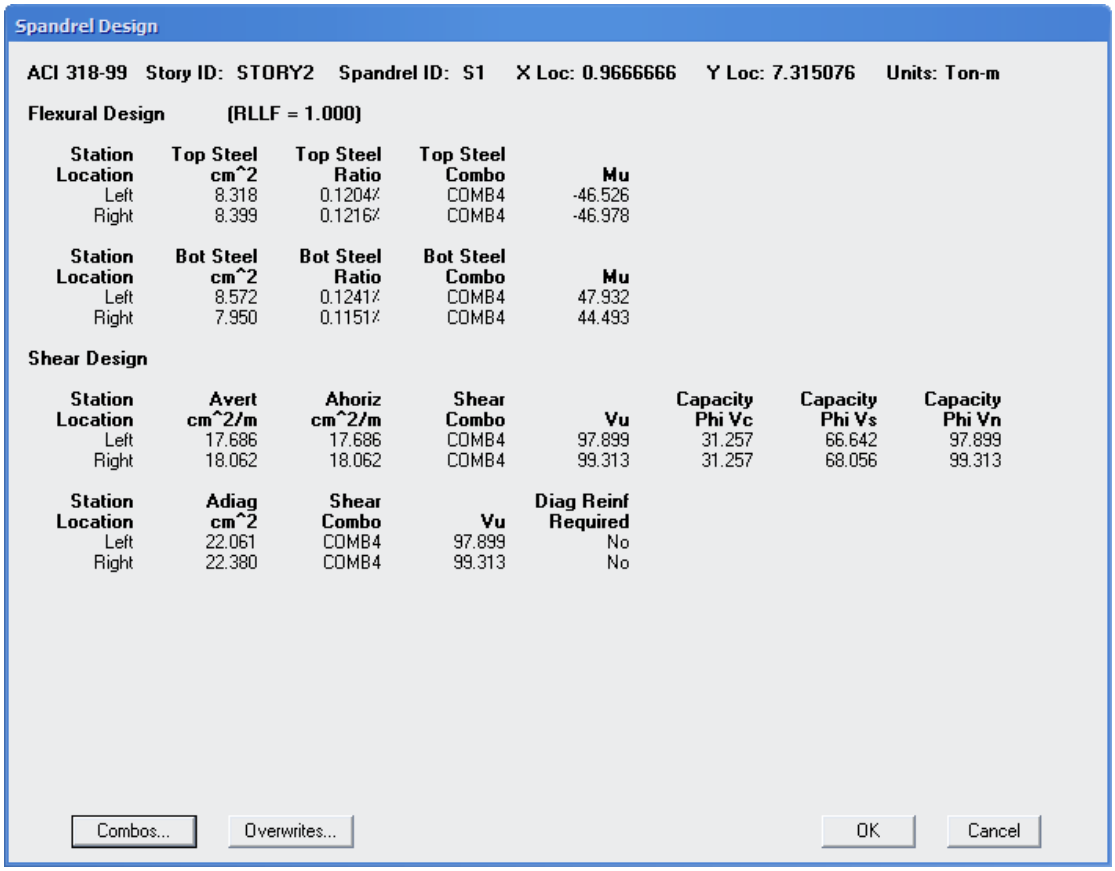



شکل ۱۳

$$\frac{L_n}{h} < 4 \Rightarrow A_{vd} = \frac{V_u}{2 f_y \sin\alpha}$$

$$\frac{L_n}{h} \geq 4 \Rightarrow$$ مطابق ضوابط قطعات خمشی

در صورتیکه روی تیر اسپندرل کلید سمت راست ماوس را بزنید مطابق شکل ( ١٤) نتایج خروجی ارایه می گردد.




شکل ١٤

## تحلیل دینامیکی سازه ها ( تحلیل طیف پاسخ):

مراحل کار عبارتند از:

١ – تعریف تابع طیف پاسخ

٢ – تعریف حالات بارگذاری طیفی در هر راستای سازه

٣ – تعیین تعداد مدهای نوسان

۴ – تعیین نوع تحلیل مودال( تحلیل بردارهای ویژه– تحلیل ریتز)

۵ – آنالیز سازه

۶ – کنترل ضرایب جذب جرم و کنترل تعداد مودهای نوسان و...

٧ – همپایه کردن برش استاتیکی با برش دینامیکی

## ۱- تعریف تابع طیف پاسخ:

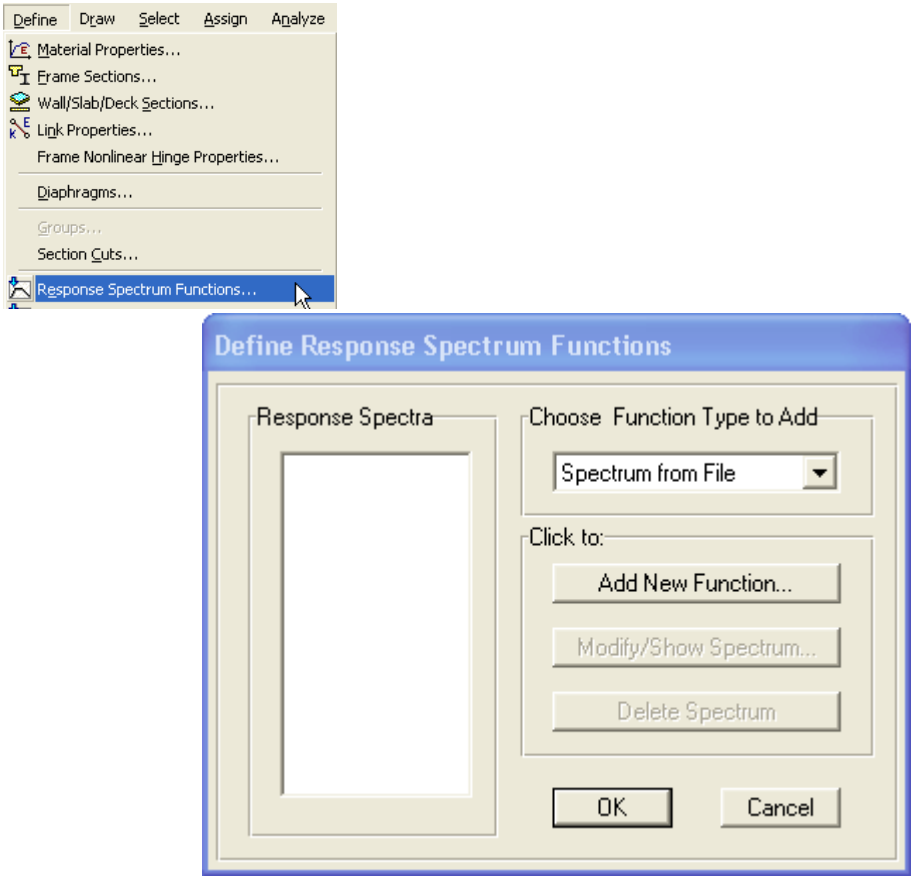
با استفاده از ضوابط موجود در مبحث ۶ و با توجه به روابط نشان داده شده مقادیر B و T محاسبه می شود.

$$B = 1 + S\left(\frac{T}{T_\circ}\right) \qquad 0 \le T \le T_\circ$$

$$B = S + 1 \qquad T_\circ \le T \le T_S$$

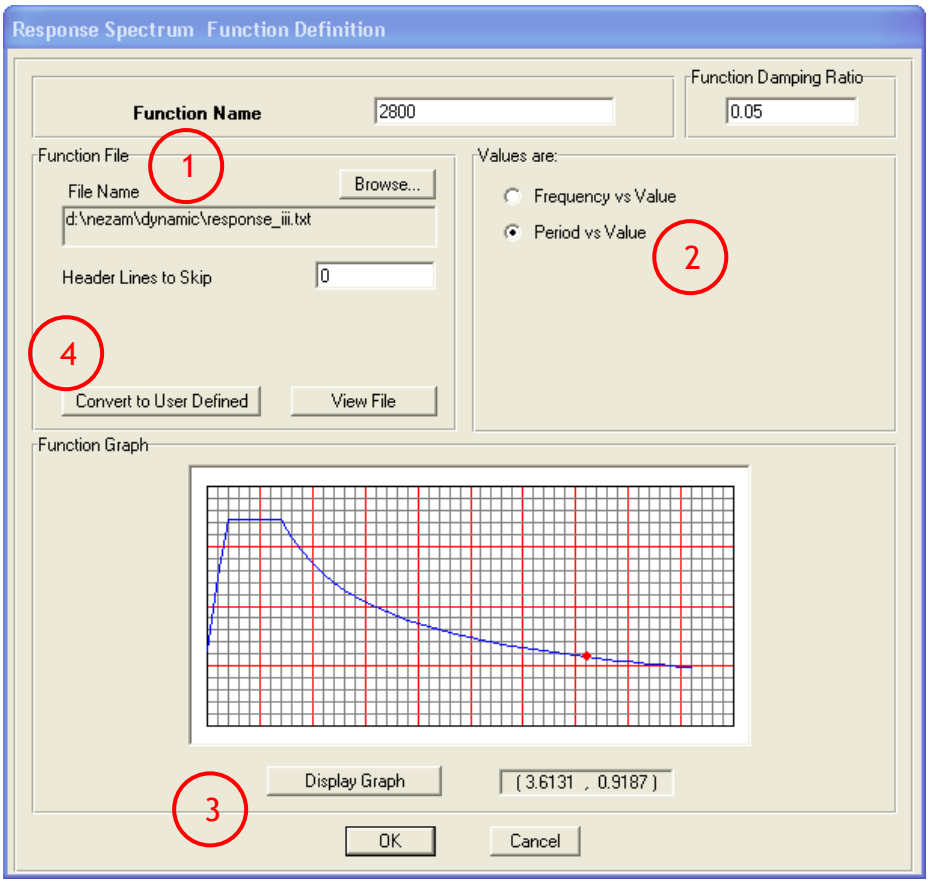
$$B = S + 1\left(\frac{T_S}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad T \ge T_S$$

| T | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | ..... | 0.8 | ..... | 4.6 | sec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 1 | 2 | 2.75 | 2.75 | ..... | 2.52 | ..... | 0.78 | |



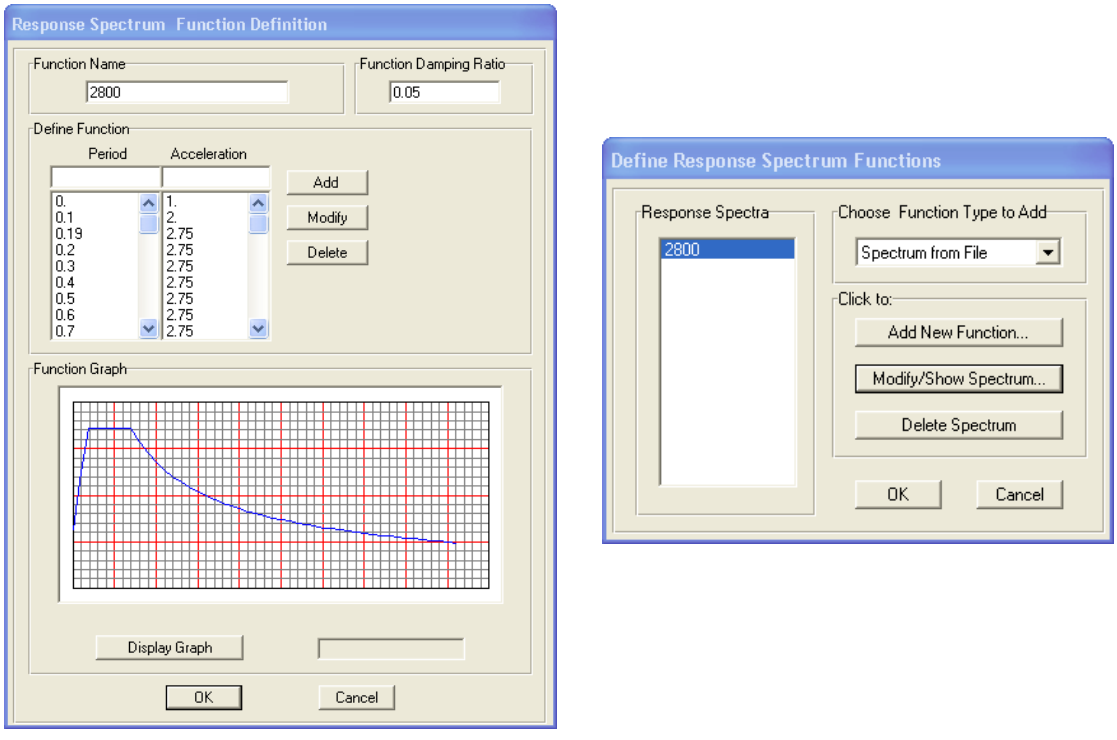

شکل ۱۵

در پنجره شکل ۱۵ روی Add New Function... کلیک نمایید تا پنجره شکل ۱۶ ظاهر گردد. در این پنجره به ترتیب مسیر فایل حاوی مقادیر زمان- شتاب و سایر پارامترها را وارد نمایید.




شکل ۱۶

در شکل ۱۶ در صورت انتخاب گزینه Convert to User Defined دیگر نیاز به فایل متنی حاوی ذوج مقادیر شتاب – زمان نمی باشد.




شکل ۱۷

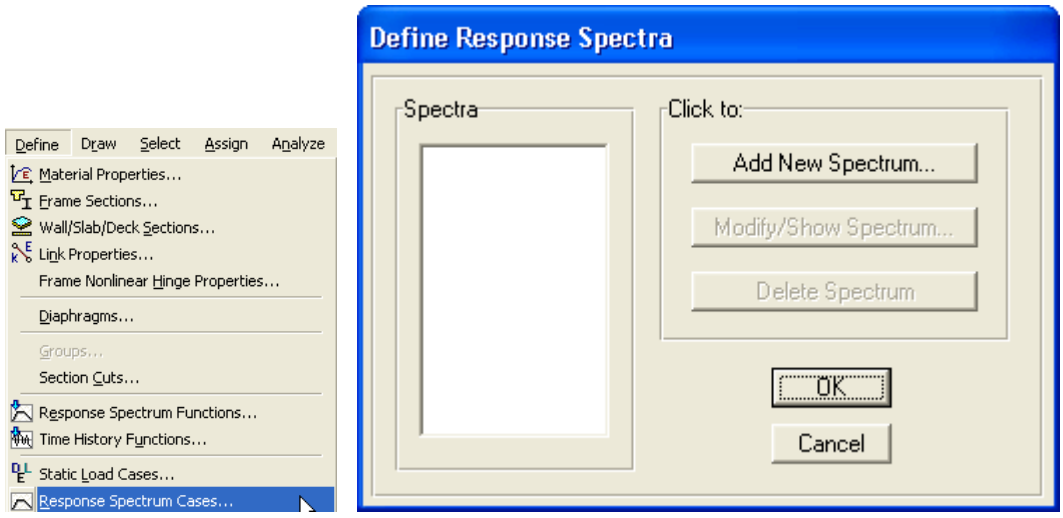
## ۲- تعریف حالات بارگذاری طیفی در هر راستای سازه:

*الف) ورود ضریب طیف پاسخ در هر راستای U1 , U2*

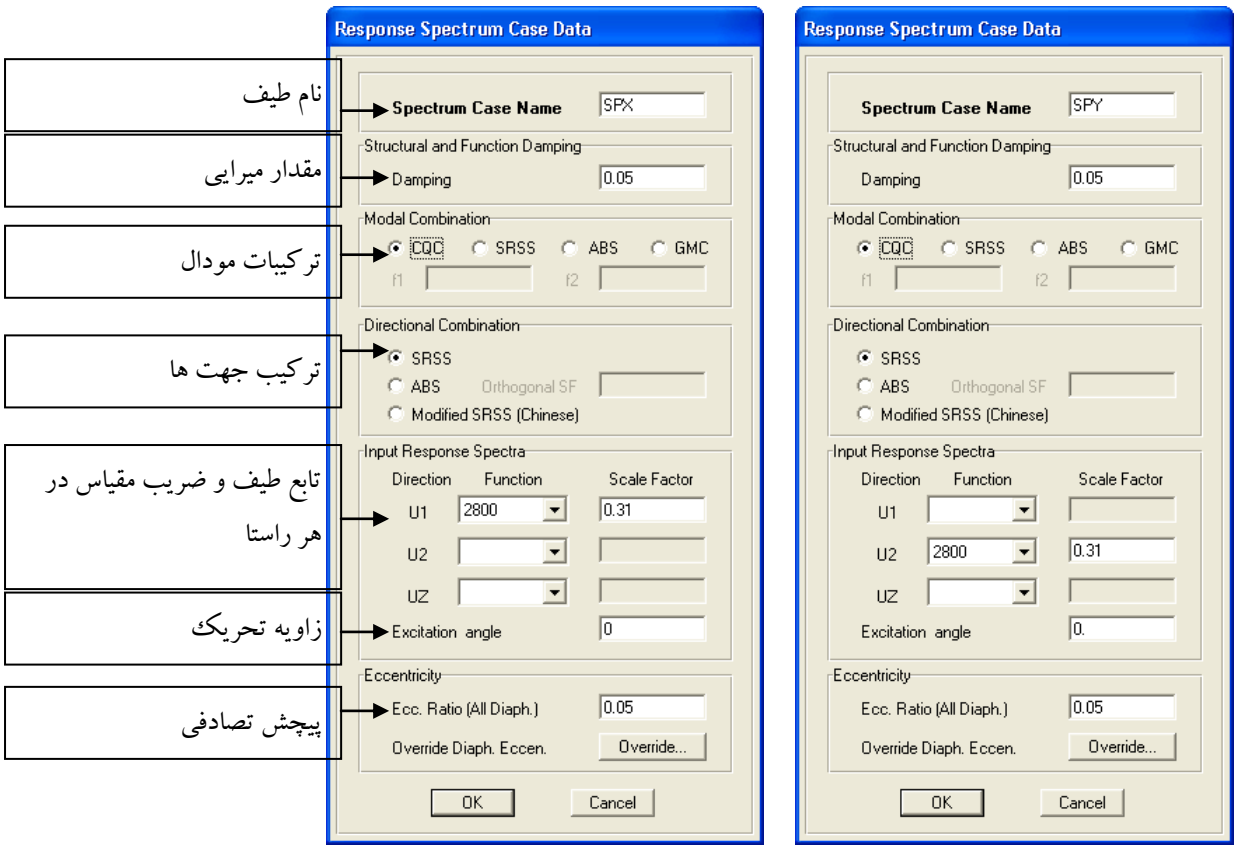
*ب) ورود ضریب طیف پاسخ تحت زوایای تحریک (مثلا ۱۵ درجه)*

*ج) روش ترکیب جهت ها با یک ضریب مقیاس(برای سازه های نامنظم در پلان)*

### الف) ورود ضریب طیف پاسخ در هر راستای U1 , U2:



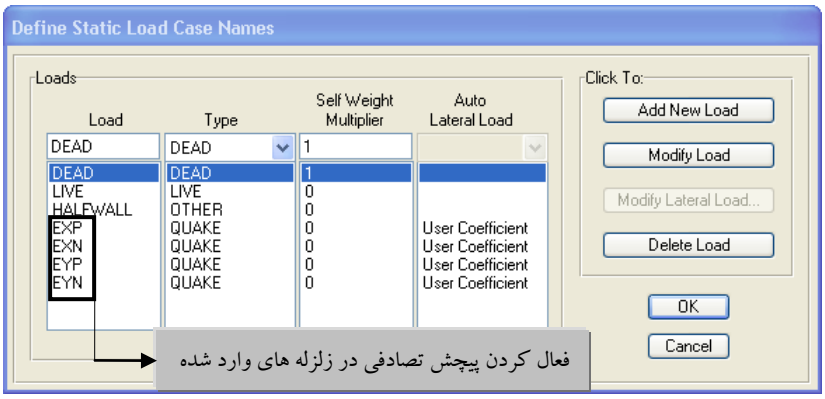

شکل ۱۸



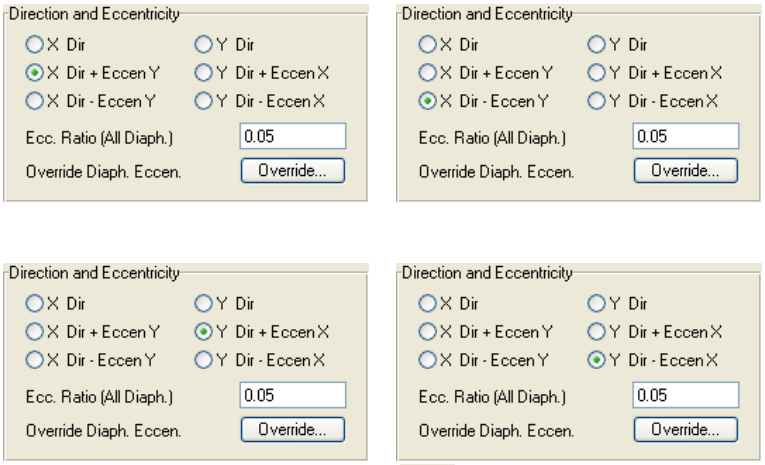

شکل ۱۹ تعریف حالات بار طیفی

مقدار پیچش مطابق آیین نامه وارد می گردد. همچنین مقدار اضافه پیچش تصادفی از روش تحلیل با زمان تناوب تحلیلی و یا مطابق محاسبات بند (ث) از مبحث ۶ وارد می گردد.

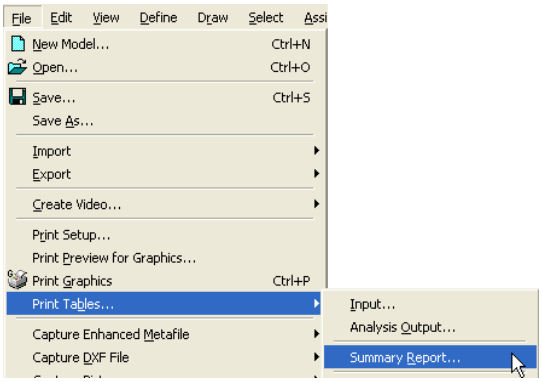
از منوی Define>Static Load Cases...\ را انتخاب نمایید و مطابق شکل ۲۰ مراحل کار را دنبال کنید.



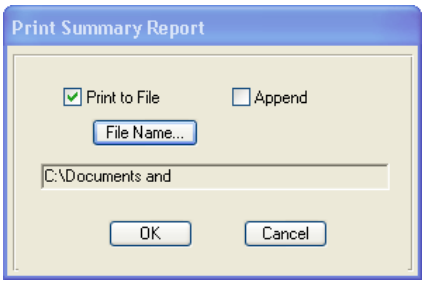

شکل ۲۰ اعمال پیچش تصادفی در دو جهت X و Y




سپس سازه را آنالیز کرده یعنی روی آیکن کلیک نمایید و پس از اتمام عملیات آنالیز از منوی File>Print Tables...>Summary Report...\ را انتخاب نمایید.




و در پنجره شکل ۲۱ روی OK کلیک نمایید.




شکل ۲۱

در این حالت فایل متنی ساخته شده توسط WordPad به طور مستقیم باز می شود ، سر فصلهای اطلاعاتی این فایل متنی عبارتند از :

-STORY DATA
-STATIC LOAD CASES
-AUTO SEISMIC USER COEFFICIENT
AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS
AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS
AUTO SEISMIC STORY FORCES
-MASS SOURCE DATA
-MASS SOURCE LOADS
-DIAPHRAGM MASS DATA
-ASSEMBLED POINT MASSES
-CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY
-MODAL INFORMATION
-TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN
-STORY FORCES
-STORY DRIFTS
-DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS
-STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

آخرین سر فصل اطلاعاتی را مشاهده نمایید . در ستون Ratio نباید ضریبی بزرگتر از 1.2 باشد. در صورتیکه این ضریب بیشتر از 1.2 شود بند (ث) جواب نمی دهد و سازه مشمول نامنظمی در پلان می باشد . و باید اثرات تعامد مطابق تبصره ۲ از بند ۶-۷-۲-۱-۳ مبحث ۶ صورت گیرد همچنین برون مرکزی اتفاقی مطابق بند ۶-۷-۲-۵-۱۰-۳ از مبحث ۶ باید در امتداد ۱۰۰٪ نیروی زلزله اعمال گردد.

**STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS**

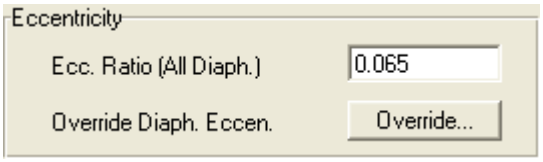
| STORY | LOAD | DIR | MAXIMUM | AVERAGE | RATIO |
|---|---|---|---|---|---|
| STORY4 | EX | X | 0.0597 | 0.0499 | 1.197 |
| STORY3 | EX | X | 0.0477 | 0.0379 | 1.258 |
| STORY2 | EX | X | 0.0299 | 0.0238 | 1.253 |
| STORY1 | EX | X | 0.0112 | 0.0090 | 1.251 |
| STORY4 | EY | Y | 0.0407 | 0.0404 | 1.009 |
| STORY3 | EY | Y | 0.0319 | 0.0316 | 1.009 |
| STORY2 | EY | Y | 0.0202 | 0.0201 | 1.009 |
| STORY1 | EY | Y | 0.0078 | 0.0077 | 1.010 |
| STORY4 | EXP | X | 0.0533 | 0.0483 | 1.104 |
| STORY3 | EXP | X | 0.0425 | 0.0372 | 1.142 |
| STORY2 | EXP | X | 0.0266 | 0.0234 | 1.135 |
| STORY1 | EXP | X | 0.0100 | 0.0088 | 1.128 |
| STORY4 | EXN | X | 0.0661 | 0.0515 | 1.285 |
| STORY3 | EXN | X | 0.0528 | 0.0385 | 1.371 |
| STORY2 | EXN | X | 0.0332 | 0.0242 | 1.368 |
| STORY1 | EXN | X | 0.0125 | 0.0091 | 1.369 |
| STORY4 | EYP | Y | 0.0424 | 0.0405 | 1.048 |
| STORY3 | EYP | Y | 0.0332 | 0.0317 | 1.047 |
| STORY2 | EYP | Y | 0.0211 | 0.0201 | 1.048 |
| STORY1 | EYP | Y | 0.0081 | 0.0078 | 1.048 |
| STORY4 | EYN | Y | 0.0415 | 0.0403 | 1.030 |
| STORY3 | EYN | Y | 0.0325 | 0.0315 | 1.029 |
| STORY2 | EYN | Y | 0.0206 | 0.0200 | 1.029 |
| STORY1 | EYN | Y | 0.0079 | 0.0077 | 1.029 |

شکل ۲۲ نمایش ضریب تغییر مکان ماکزیمم به تغییر مکان متوسط دو گوشه

همانطور که در شکل ۲۲ ملاحظه می کنید در امتداد EX, EXN ضریب بزرگتر از 1.2 می باشد و سازه نامنظم در پلان می باشد. و همچنین برون مرکزی اتفاقی حداقل مطابق روابط زیر محاسبه می شود.

$$A_j = \left( \frac{\Delta_{\max}}{1.2\,\Delta_{ave}} \right)^2 \qquad 1 \le A_j \le 3$$

$$A_j = \left( \frac{1.369}{1.2} \right)^2 = 1.301 \Rightarrow ECC = \%6.5$$

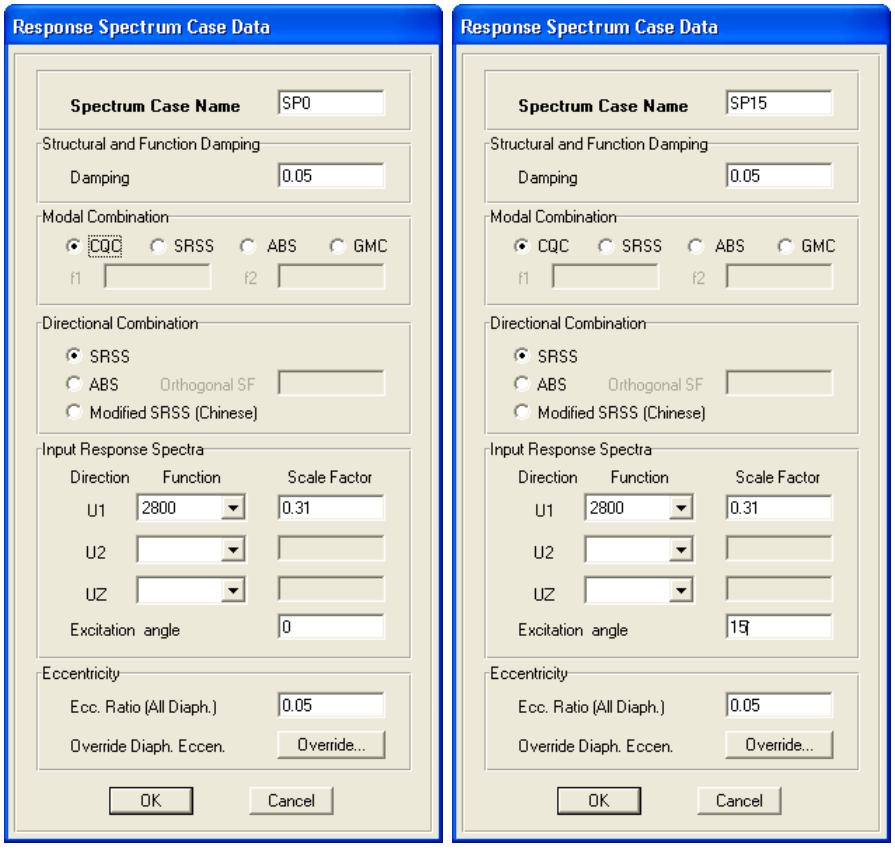



شکل ۲۳

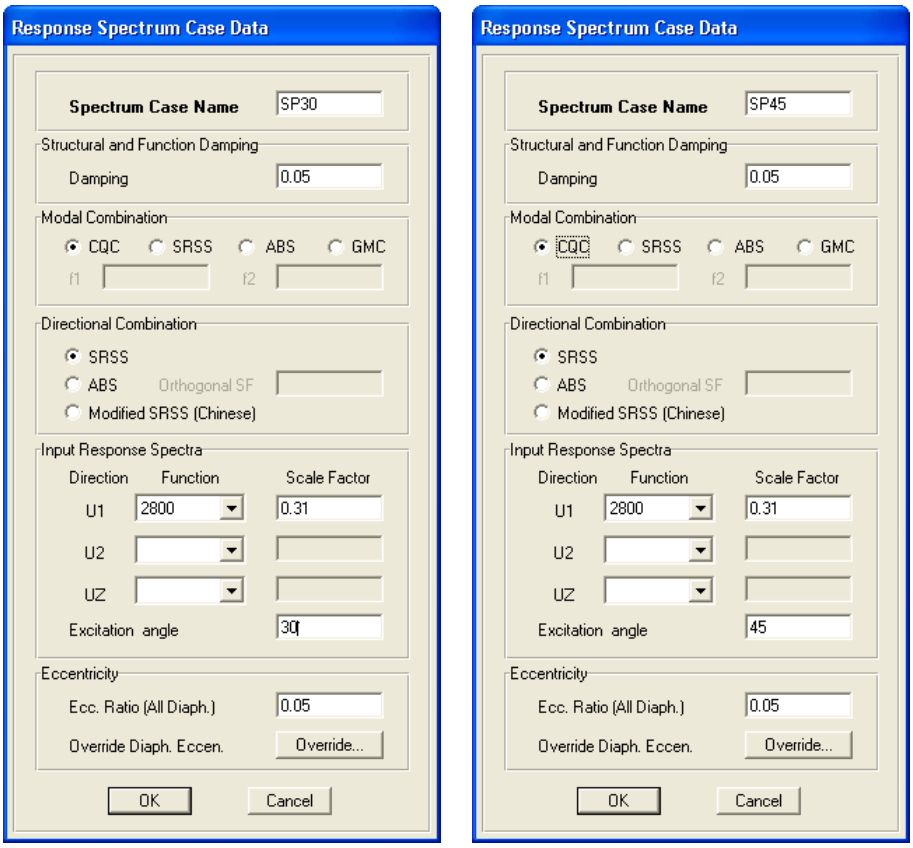
مقدار Scale Factor در شکل ۱۹ بر اساس رابطه $S.F = \frac{AIg}{R}$ محاسبه می شود. که البته در پایان این ضریب اصلاح می گردد.

## ب) ورود ضریب طیف پاسخ تحت زوایای تحریک (مثلا ۱۵ درجه):

در این روش مقدار ضریب طیف اعمالی بر سازه با یک زاویه تحریک مثلا ۱۵ در جه وارد می گردد. لذا برای یک سازه باید ۱۲ عدد حالت بارگذاری طیفی برای برنامه تعریف گردد. مقدار ضریب طیف مطابق روش قبل محاسبه و در پایان همپایه می گردد.




شکل ۲۴ ورود حالت بار طیفی صفر و ۱۵ درجه




شکل ۲۵ ورود حالت بار طیفی ۳۰ و ۴۵ درجه

مطابق مراحل نشان داده شده در شکلهای ۲۴ و ۲۵ برای زوایای دیگر یعنی ۶۰ – ۷۵ – ۹۰–۱۰۵–۱۲۰–۱۳۵–۱۵۰–۱۶۵–۱۸۰ درجه انجام می گردد.

بدیهی است مقدار اضافه پیچش تصادفی ، در صورتیکه سازه نیاز داشته باشد. می تواند به نسبت مقدار بدست آمده در راستای x تا مقدار به دست آمده در راستای y به نسبت تعداد زوایا در این نود درجه توزیع شود.

در پایان مطابق روشهای بعدی برای هم پایه کردن و اصلاح ضریب طیف پاسخ اقدام می شود.

## ج) روش ترکیب جهت ها با یک ضریب مقیاس(برای سازه های نامنظم در پلان):

در این روش مطابق توضیحات نرم افزار برای حالتی به کار می رود که بخواهید ضرایب طیف با یک ضریب دیگر، مثلا ۳۰ درصد در راستای متعامد اعمال گردد.

For example, if the scale factor equals 0.3, the spectral response, R, for a given displacement, force or stress would be:

$$R = \max\left(\overline{R}_1, \overline{R}_2, \overline{R}_3\right)$$

where

$$\overline{R}_1 = R_1 + 0.3\left(R_2 + R_3\right)$$

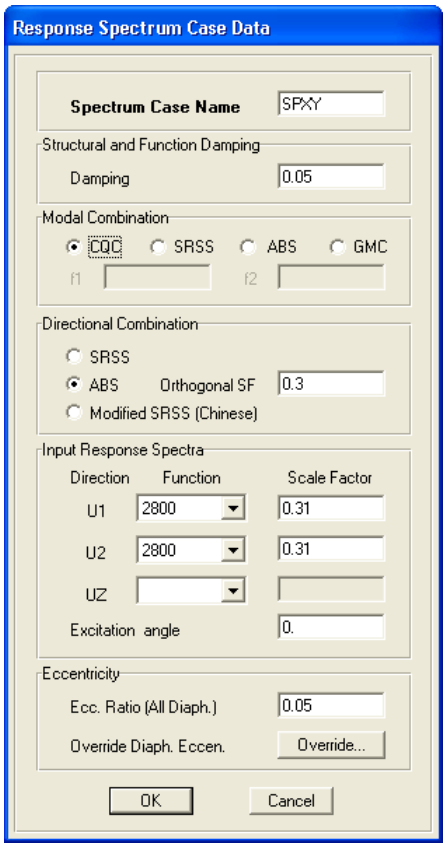
$$\overline{R}_2 = R_2 + 0.3\left(R_1 + R_3\right)$$

$$\overline{R}_3 = R_3 + 0.3\left(R_1 + R_2\right)$$

and $R_1$, $R_2$ and $R_3$ are the modal combination values for each direction.

All other input items remaining unchanged, the results obtained using this method will vary depending on the excitation angle you choose. Results using a scale factor of 0.3 are comparable to the SRSS method (for equal input spectra in each direction) but may be as much as 8% unconservative or 4% over-conservative depending on the excitation angle chosen. Larger scale factors tend to produce more conservative results.

استفاده از این روش باید با دقت و معلومات کافی انجام شود.

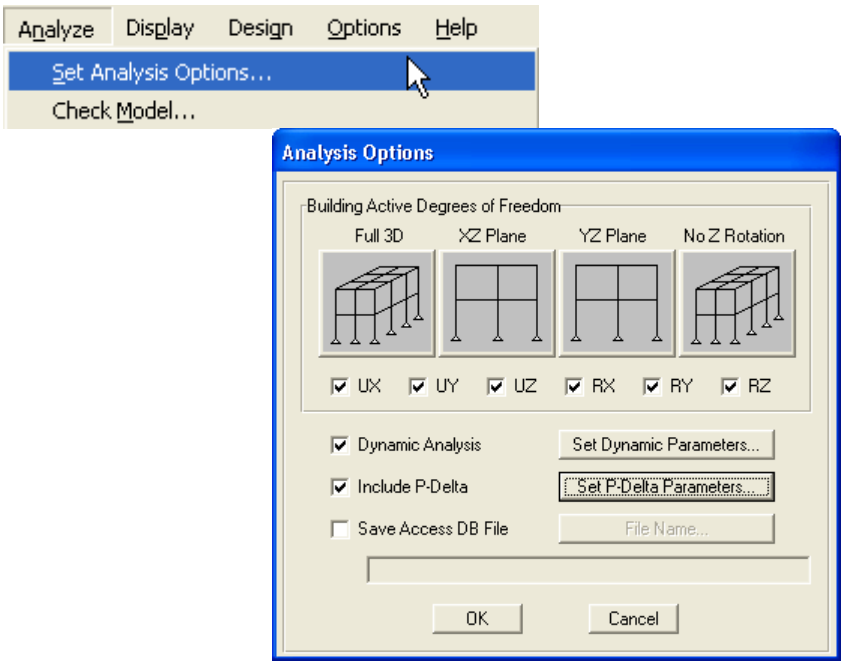



شکل ۲۶

لازم به ذکر است مطابق بند ۸، روش هم پایه کردن برش استاتیکی با دینامیکی توضیح داده می شود.

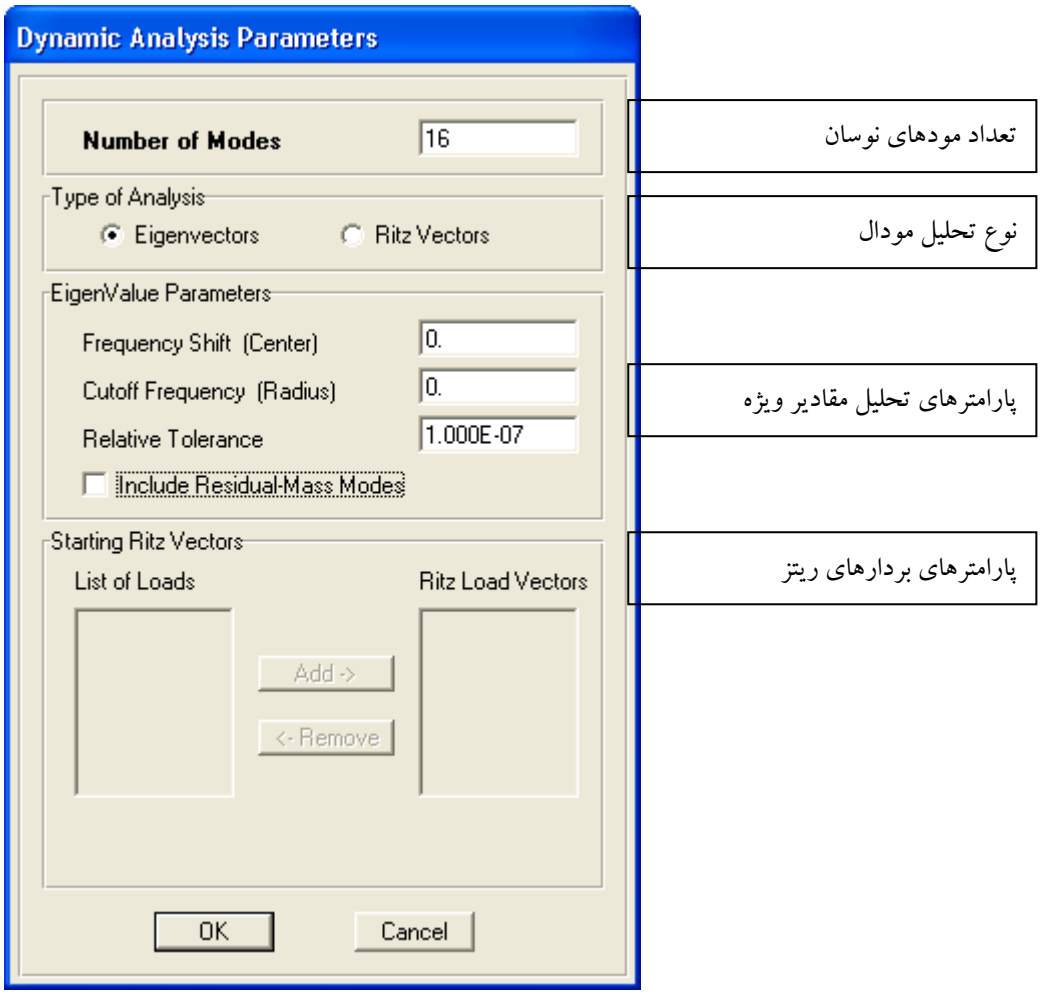
**۳-تعیین تعداد مدهای نوسان:**

**٤-تعیین نوع تحلیل مودال( تحلیل بردارهای ویژه- تحلیل ریتز):**




شکل ۲۷

در پنجره شکل ۲۷ گزینه مربوط به آنالیز دینامیکی علامت زده شود و سپس روی گزینه Set Dynamic Parameters... کلیک نمایید.

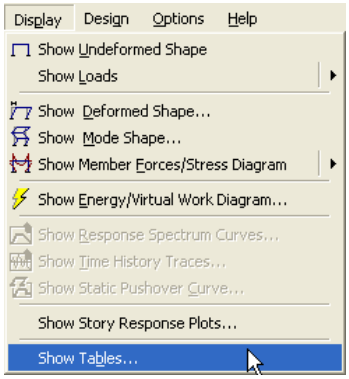


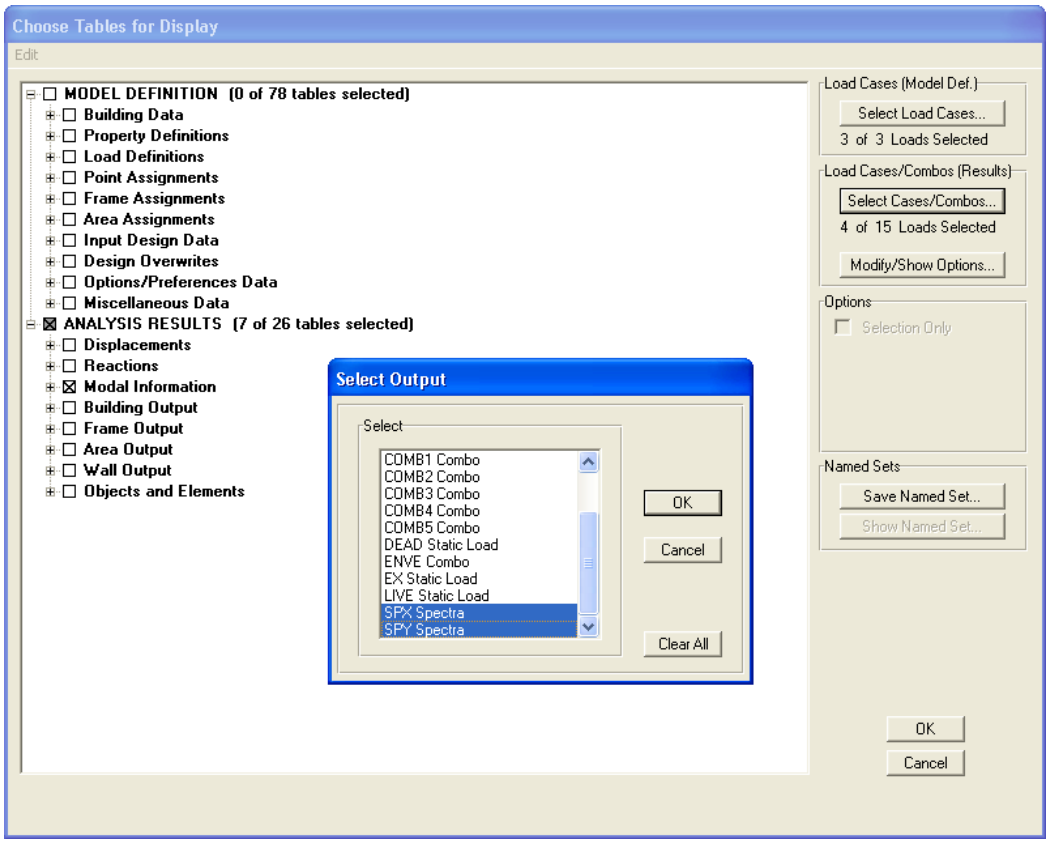

شکل ۲۸

## ۵-تحلیل سازه:

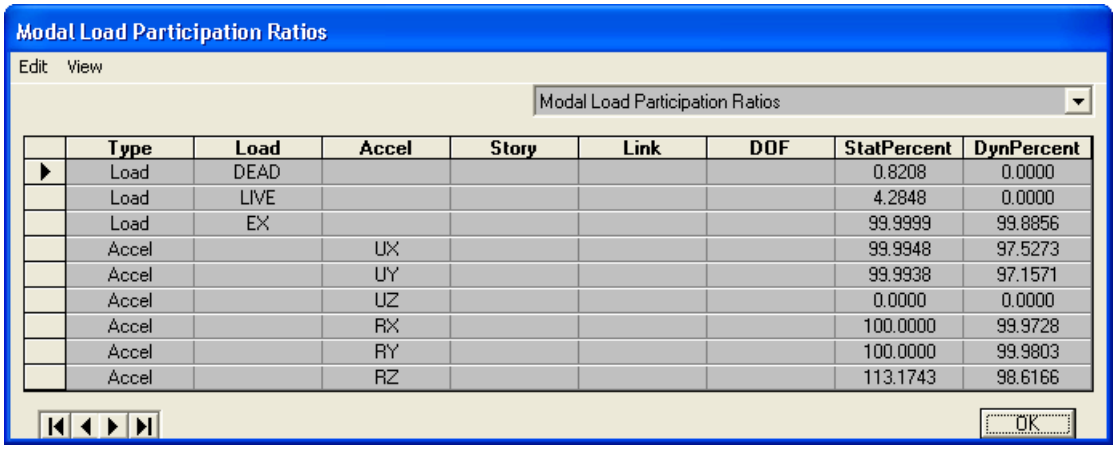
برای تحلیل سازه کافیست کلید F5 و یا روی شمایل کلیک نمایید.

## ٦-کنترل ضرایب جذب جرم و کنترل تعداد مودهای نوسان و...



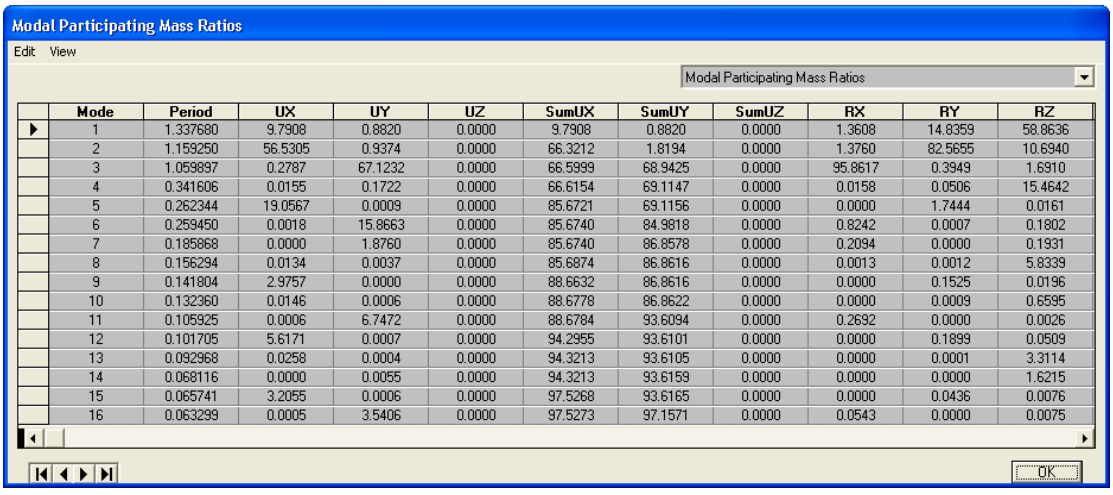



شکل ۲۹ نمایش خروجی های تحلیل طیفی




| | Type | Load | Accel | Story | Link | DOF | StatPercent | DynPercent |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ▶ | Load | DEAD | | | | | 0.8208 | 0.0000 |
| | Load | LIVE | | | | | 4.2848 | 0.0000 |
| | Load | EX | | | | | 99.9999 | 99.8856 |
| | Accel | | UX | | | | 99.9948 | 97.5273 |
| | Accel | | UY | | | | 99.9938 | 97.1571 |
| | Accel | | UZ | | | | 0.0000 | 0.0000 |
| | Accel | | RX | | | | 100.0000 | 99.9728 |
| | Accel | | RY | | | | 100.0000 | 99.9803 |
| | Accel | | RZ | | | | 113.1743 | 98.6166 |

شکل ۳۰ کنترل ضرایب مشارکت بارها




| | Mode | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ▶ | 1 | 1.337680 | 9.7908 | 0.8820 | 0.0000 | 9.7908 | 0.8820 | 0.0000 | 1.3608 | 14.8359 | 58.8636 |
| | 2 | 1.159250 | 56.5305 | 0.9374 | 0.0000 | 66.3212 | 1.8194 | 0.0000 | 1.3760 | 82.5655 | 10.6940 |
| | 3 | 1.059897 | 0.2787 | 67.1232 | 0.0000 | 66.5999 | 68.9425 | 0.0000 | 95.8617 | 0.3949 | 1.6910 |
| | 4 | 0.341606 | 0.0155 | 0.1722 | 0.0000 | 66.6154 | 69.1147 | 0.0000 | 0.0158 | 0.0506 | 15.4642 |
| | 5 | 0.262344 | 19.0567 | 0.0009 | 0.0000 | 85.6721 | 69.1156 | 0.0000 | 0.0000 | 1.7444 | 0.0161 |
| | 6 | 0.259450 | 0.0018 | 15.8663 | 0.0000 | 85.6740 | 84.9818 | 0.0000 | 0.8242 | 0.0007 | 0.1802 |
| | 7 | 0.185868 | 0.0000 | 1.8760 | 0.0000 | 85.6740 | 86.8578 | 0.0000 | 0.2094 | 0.0000 | 0.1931 |
| | 8 | 0.156294 | 0.0134 | 0.0037 | 0.0000 | 85.6874 | 86.8616 | 0.0000 | 0.0013 | 0.0012 | 5.8339 |
| | 9 | 0.141804 | 2.9757 | 0.0000 | 0.0000 | 88.6632 | 86.8616 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1525 | 0.0196 |
| | 10 | 0.132360 | 0.0146 | 0.0006 | 0.0000 | 88.6778 | 86.8622 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 | 0.6595 |
| | 11 | 0.105925 | 0.0006 | 6.7472 | 0.0000 | 88.6784 | 93.6094 | 0.0000 | 0.2692 | 0.0000 | 0.0026 |
| | 12 | 0.101705 | 5.6171 | 0.0007 | 0.0000 | 94.2955 | 93.6101 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1899 | 0.0509 |
| | 13 | 0.092968 | 0.0258 | 0.0004 | 0.0000 | 94.3213 | 93.6105 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 3.3114 |
| | 14 | 0.068116 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0000 | 94.3213 | 93.6159 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.6215 |
| | 15 | 0.065741 | 3.2055 | 0.0006 | 0.0000 | 97.5268 | 93.6165 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0436 | 0.0076 |
| | 16 | 0.063299 | 0.0005 | 3.5406 | 0.0000 | 97.5273 | 97.1571 | 0.0000 | 0.0543 | 0.0000 | 0.0075 |

شکل ۳۱ کنترل تعداد مودهای نوسان

Response Spectrum Base Reactions

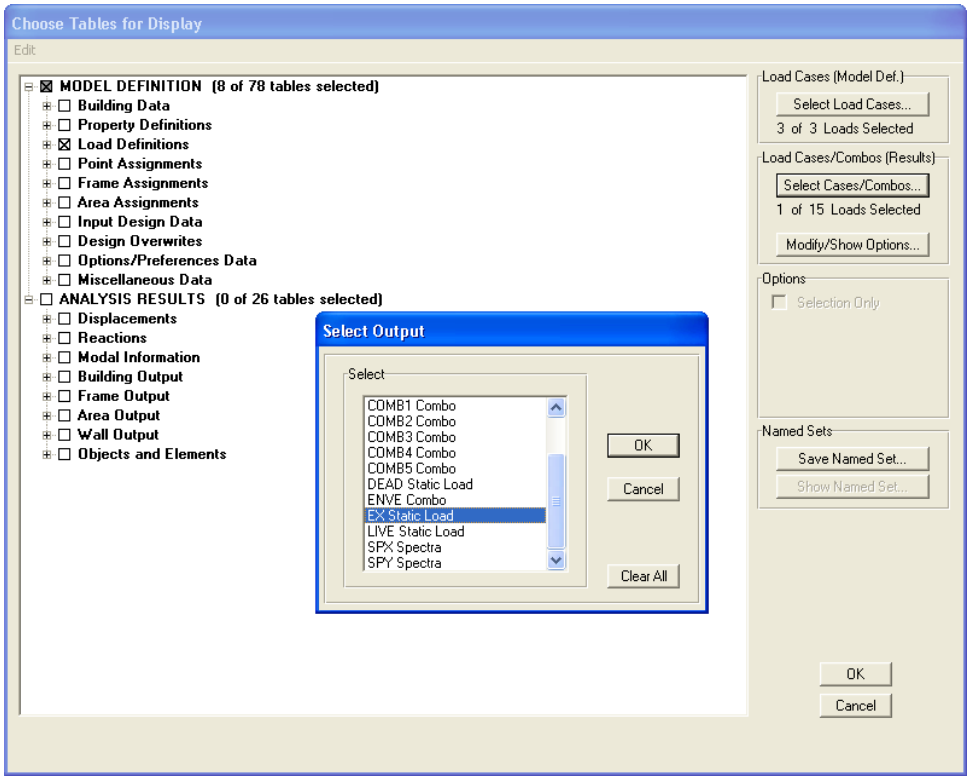
Edit View

Response Spectrum Base Reactions

| Spec | Mode | Dir | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SPX | 1 | U1 | 17.68 | -5.31 | 0.00 | 79.350 | 262.001 | -199.051 |
| SPX | 2 | U1 | 112.31 | 14.46 | 0.00 | -210.915 | 1633.798 | -1217.243 |
| SPX | 3 | U1 | 0.59 | -9.12 | 0.00 | 131.235 | 8.423 | -45.983 |
| SPX | 4 | U1 | 0.04 | -0.14 | 0.00 | 0.523 | 0.937 | -0.416 |
| SPX | 5 | U1 | 52.99 | -0.36 | 0.00 | 0.696 | 192.978 | -597.510 |
| SPX | 6 | U1 | 0.01 | 0.48 | 0.00 | -1.305 | 0.038 | 2.152 |
| SPX | 7 | U1 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | -0.054 | 0.000 | 0.029 |
| SPX | 8 | U1 | 0.03 | -0.02 | 0.00 | 0.126 | 0.121 | -1.041 |
| SPX | 9 | U1 | 7.07 | -0.01 | 0.00 | 0.028 | 19.253 | -75.965 |
| SPX | 10 | U1 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.022 | 0.101 | 0.494 |
| SPX | 11 | U1 | 0.00 | -0.13 | 0.00 | 0.318 | 0.003 | -0.593 |
| SPX | 12 | U1 | 11.44 | 0.13 | 0.00 | -0.334 | 25.319 | -128.586 |
| SPX | 13 | U1 | 0.05 | 0.01 | 0.00 | -0.020 | 0.045 | -1.093 |
| SPX | 14 | U1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SPX | 15 | U1 | 5.37 | -0.08 | 0.00 | 0.121 | 7.540 | -59.714 |
| SPX | 16 | U1 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | -0.103 | 0.001 | 0.286 |
| SPX | All | All | 131.96 | 11.80 | 0.00 | 172.087 | 1753.461 | 1462.551 |

OK

شکل ۳۲ نمایش برش پایه دینامیکی




شکل ۳۳ پارامتر نمایش برش پایه

Auto Seismic User Coefficient

Edit View

Auto Seismic User Coefficient

| Case | Dir | EccRatio | EccOverrides | TopStory | BotStory | C | K | WeightUsed | BaseShear |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EX | X | 0.0500 | No | STORY6 | BASE | 0.0859 | 1.0000 | 1540.82 | 132.36 |

OK

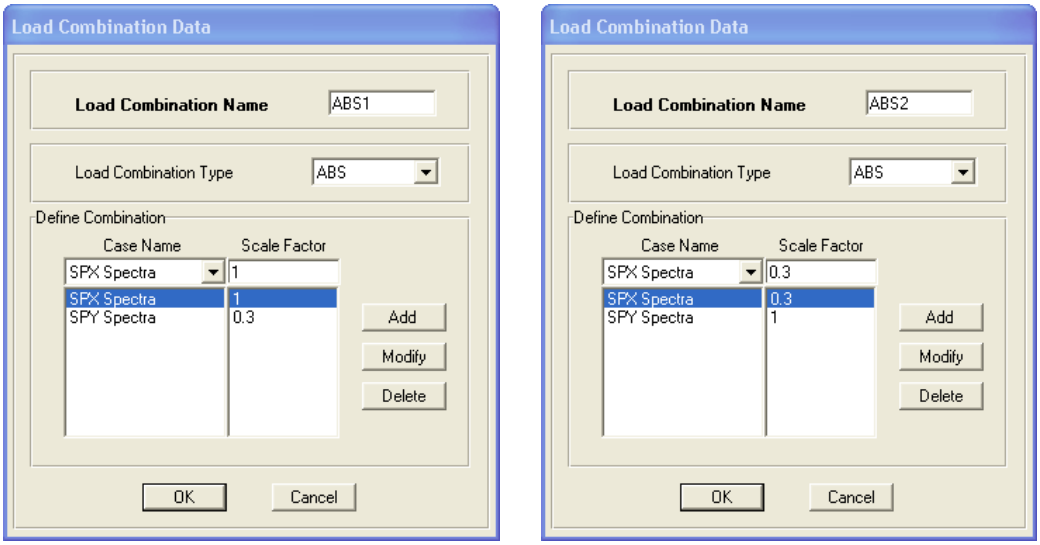
شکل ۳۴ نمایش برش پایه استاتیکی در راستای X

$\frac{V_{static}}{V_{dynamic}}$ =ضریب اصلاح هم پایه کردن

در صورتیکه سازه در پلان منظم باشد. می توان ضریب اصلاح فوق را در 0.9 ضرب کنیم.

## ایجاد ترکیبات طراحی دینامیکی برای سازه های نامنظم در پلان:

الف) استفاده از روش ABS

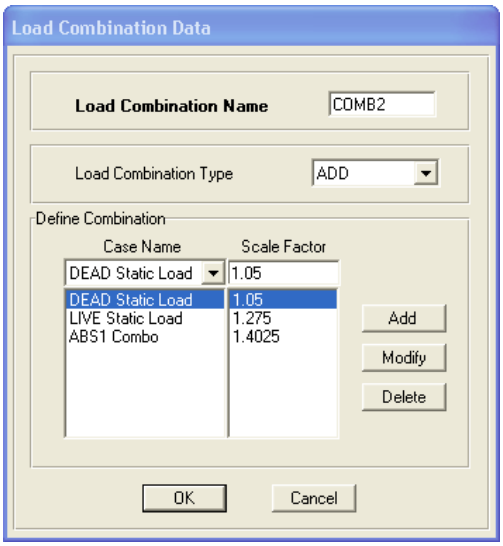



شکل ۳۵

البته با توجه به اینکه آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله تصریح می کند منظور نمودن برون مرکزی اتفاقی موضوع بند ۲-۳-۱۰ برای زلزله ای که در امتداد مربوط به ۳۰ درصد اعمال می شود، الزامی نیست، میتوان دو حالت بارگذاری دینامیکی طیفی دیگر با نامهای $SPX_o, SPY_o$ با ضریب پیچش تصادفی صفر ایجاد کرد و روابط شکل ۳۵ را به شرح ذیل اصلاح نمود:

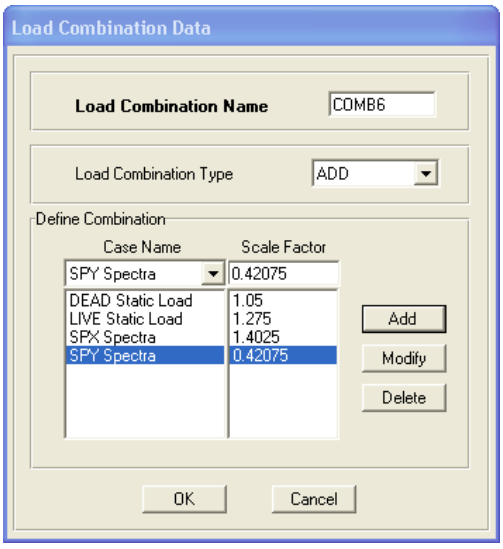
$$ABS1 = SPX + 0.3\,SPY_o$$

$$ABS2 = SPY + 0.3\,SPX_o$$



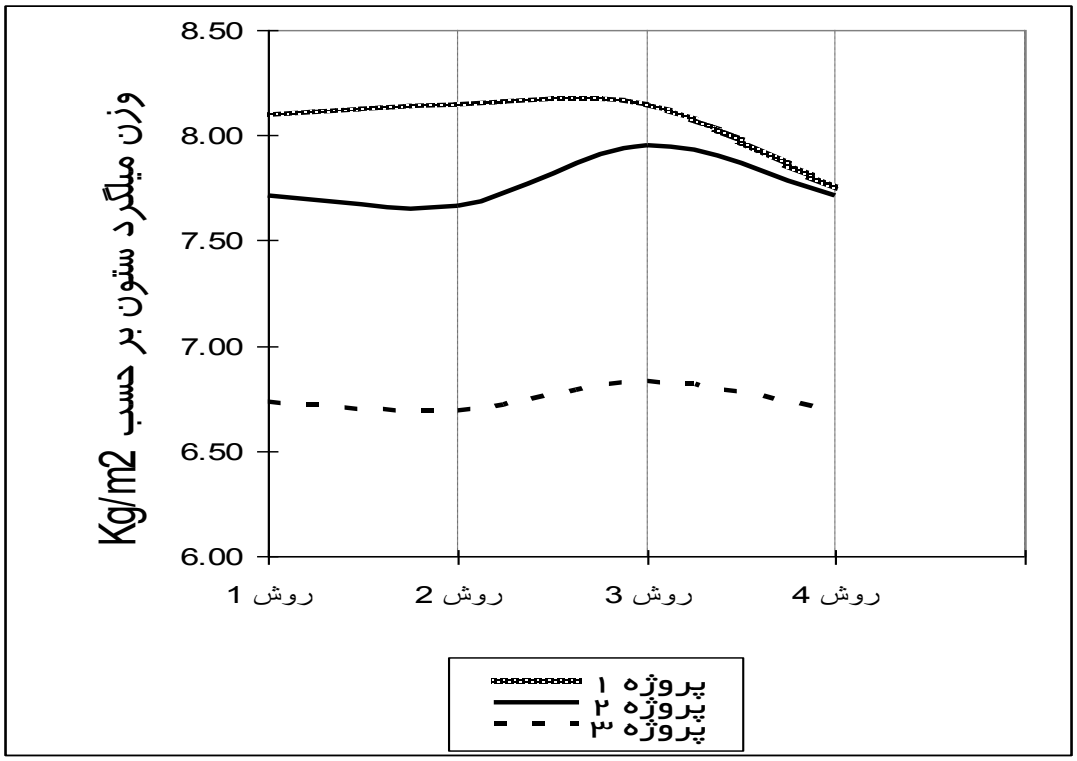

شکل ۳۶

ب)استفاده از روش ADD




مطابق ACI-318-99 ترکیبات طراحی برای یک سازه نامنظم در پلان عبارتند از:

1)1.4D+1.7L
2)1.05D+1.275L+1.4025 SPx+0.42 Spy
3)1.05D+1.275L+1.4025 SPy+0.42 Spx
4)0.9D+1.43 SPx+0.43 SPy
5)0.9D+1.43 Spy+0.43SPx




روش ۱= ADD

روش ۲= ABS

روش ۳= با اعمال زاویه تحریک

روش ۴= راستاهای اصلی

***محاسبه زمان تناوب اصلی سازه و کنترل تغییر مکان:***

ابتدا به بررسی بندهایی از مبحث ۶ می پردازیم:

-**تبصره ۱از بند ٦-٧-٢-٥-٦ :** به جای استفاده از روابط تجربی می توان زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان را با استفاده از روشهای تحلیلی محاسبه نمود ولی مقدار آن نباید از ۱/۲۵ برابر زمان تناوب به دست آمده از رابطه تجربی بیشتر اختیار شود.

-**تبصره ۲از بند ٦-٧-٢-٥-٦ :** در محاسبه زمان تناوب اصلی سازه های بتنی به منظور در نظر گرفتن سختی موثر در اثر ترک خوردگی بتن لازم است ممان اینرسی مقاطع برای تیرها $0.5Ig$ و برای ستونها و دیوارها $Ig$ منظور شود.

**بند ٦-٧-٣-٢-٤ :** تغییر مکان جانبی نسبی طرح در محل مرکز جرم هر طبقه نباید از مقادیر زیر بیشتر شود. در این محدودیت آثار ناشی از $P-\Delta$ موضوع بند ۶-۷-۳-۳ باید در محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه منظور شده باشد.

- برای ساختمانها با زمان تناوب اصلی کمتر از $0.7$ ثانیه

$$\Delta M = 0.025H$$

- برای ساختمانها با زمان تناوب اصلی بیشتر از $0.7$ ثانیه

$$\Delta M = 0.020H$$

مقدار $H$ برابر با ارتفاع طبقه می باشد.

مقدار $\Delta M$ در رابطه بالا مقدار تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه با منظور کردن اثر $P-\Delta$ است .

-**تبصره :** در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه $\Delta w$ برای رعایت محدودیتهای بند ۶-۷-۳-۲-۴ مقدار برش پایه را می توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان $T$ در تبصره ۱ از بند ۶-۷-۲-۵-۶ تعیین کرده.

$$\Delta M = 0.7R.\Delta w$$

**بند ٦-٧-٣-٢-٦:** در ساز های بتن آرمه در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح $\Delta w$ ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می توان مطابق توصیه آبا برای تیرها $0.35Ig$ و برای ستونها $0.7Ig$ دیوارها $0.35Ig$ یا $0.7Ig$ نسبت به میزان ترک خوردگی آنها منظور کرد.

# مراحل کار

۱) تغییر ترک خوردگی مقاطع تیر و ستون مطابق تبصره ۲ از بند ۶-۷-۲-۵-۶ مبحث ۶

۲) اعمال ضریب زلزله به میزان همان مقدار محاسبه شده در پروژه مثلا $(C=0.098)$

۳) تعریف تعداد مود های نوسان

۴) آنالیز سازه

۵) مشاهده زمان تناوب بدست آمده در جهت های $X,Y$

۶) محاسبه ضریب زلزله جدید با استفاده از زمان تناوب بدست آمده از مرحله ۵

۷) تغییر ترک خوردگی مقاطع تیر و ستون مطابق بند ۶-۷-۳-۲-۶ جهت کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طرح

۸) اعمال ضریب زلزله با استفاده از UBC94

۹) آنالیز سازه و کنترل تغییر مکان نسبی در دوجهت X,Y

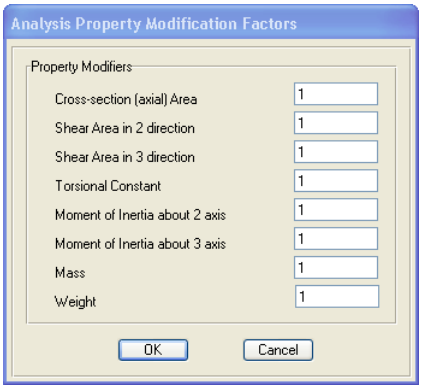
**گام ۱) تعریف ترک خوردگی تیرها و ستونها مطابق تبصره ۲ از بند ۶-۷-۲-۵-۶**

تمامی اعضای مورد نظر را انتخاب و از منوی \Assign>Frame/Line>Frame Property

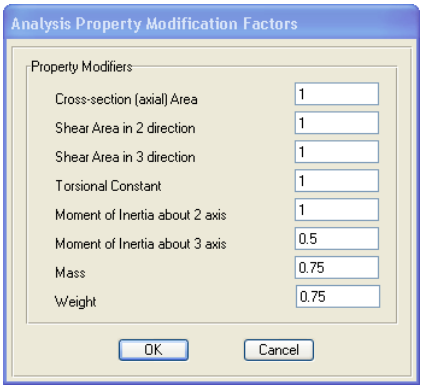
Modifiers... را انتخاب نمایید.

و یا مطابق آنچه که در گام ۳ در پروژه شماره ۱ توضیح داده شد ترک خوردگی ها را وارد نمایید.

مطابق آیین نامه این مقادیر ۱/۵ برابر مقادیر مقطع ترک خورده می باشد.



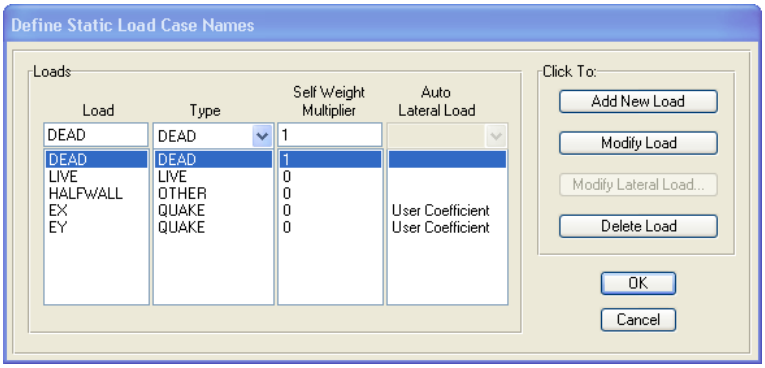

ترک خوردگی ستونها در قاب خمشی

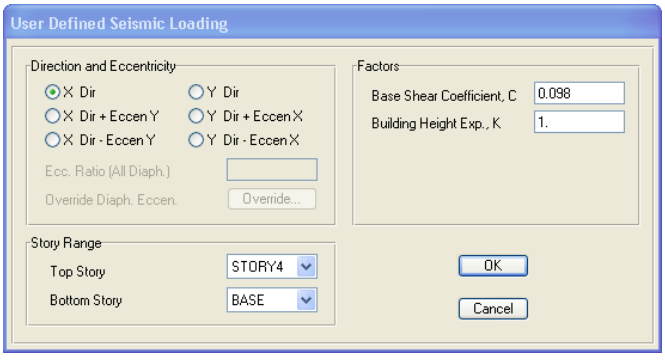


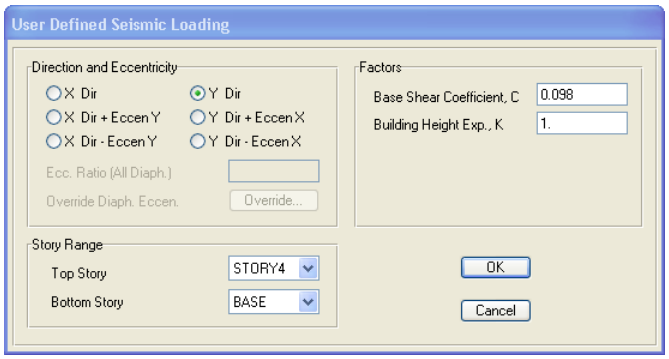

ترک خوردگی تیرها در قاب خمشی

**گام ۲) اعمال ضریب زلزله به میزان همان مقدار محاسبه شده در پروژه اصلی**

مقدارضریب زلزله را برای پروژه مورد نظر که در این مثال C=0.098 می باشد، وارد شود. دقت کنید که ورود مقادیر پیچش هیچ تاثیری در مقدار زمان تناوب و برش پایه ندارد بنابراین ورود مقدار ضریب زلزله برای دو جهت X,Y بدون در نظر گرفتن پیچش کافی می باشد.






شکل ۱۷۶ نحوه ورود ضریب زلزله در دو جهت X,Y

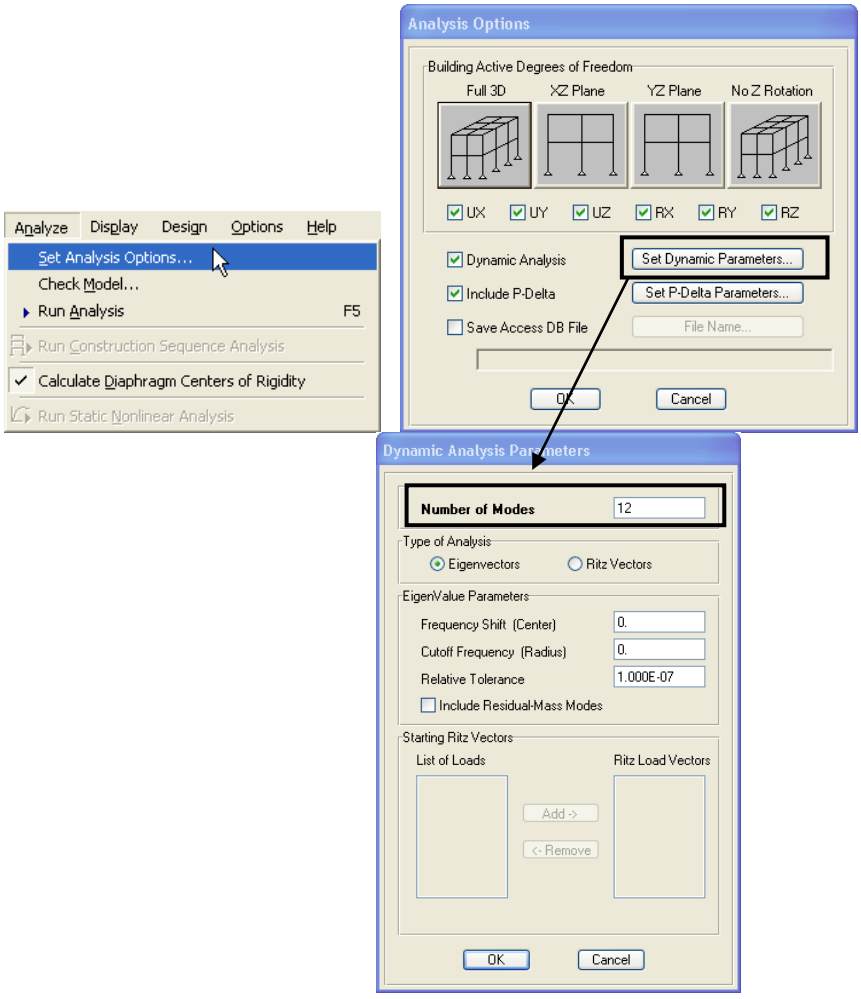
**گام ۳ ) تعریف تعداد مودهای نوسان**

جهت محاسبه تعداد مودهای نوسان می توانید تعداد طبقات را در تعداد درجات آزادی دیافراگم ضرب نمایید

تخمین تعداد مودهای نوسان = تعداد طبقات X تعداد درجات آزادی دیافراگم

یک دیافراگم دارای دو درجه آزادی انتقال و یک درجه آزادی دورانی می باشد.

از منوی Analyze>Set Analysis Options...\ را انتخاب نمایید.

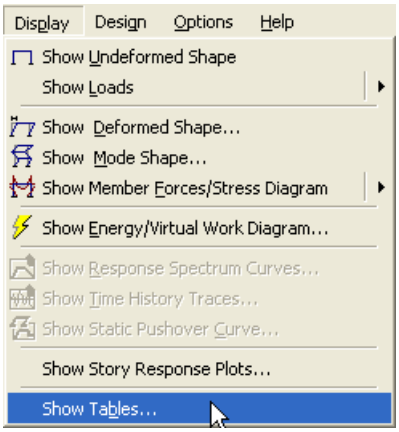


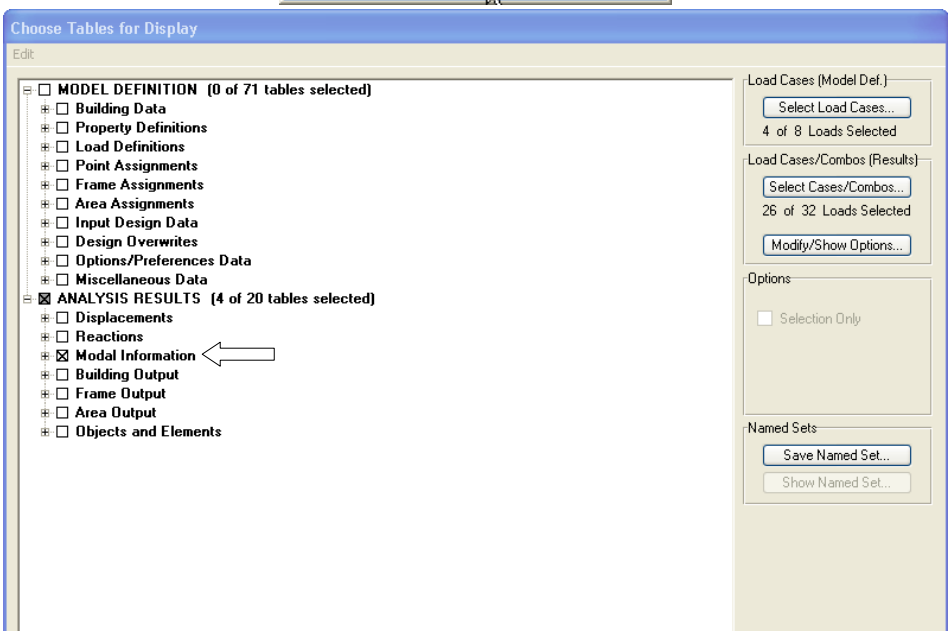

**گام٤ ) تحلیل سازه**

جهت شروع عملیات تحلیل کلید F5 و یا روی آیکن کلیک نمایید .

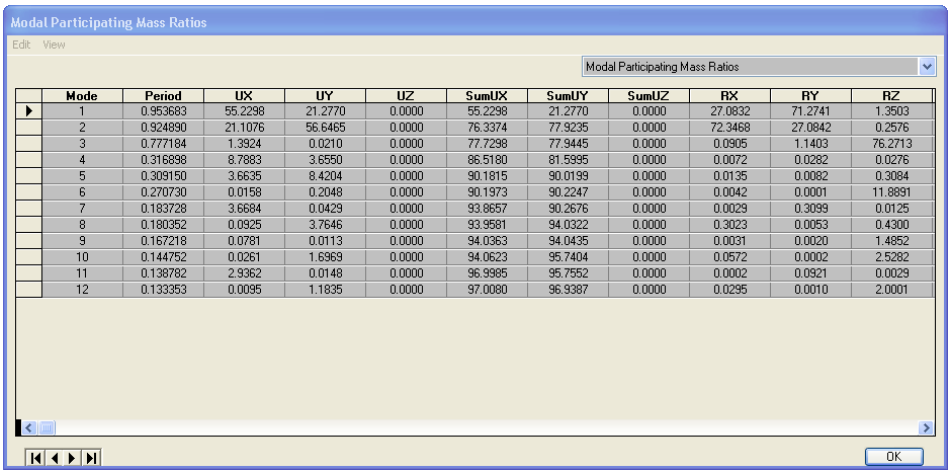
**گام ٥ ) مشاهده زمان تناوب بدست آمده در جهت های X,Y**

از منوی Display>Show Tables...\ را انتخاب نمایید.




شکل ۱۷۷ تنظیم گزینه نمایش زمان تناوب اصلی سازه




| Mode | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.953683 | 55.2298 | 21.2770 | 0.0000 | 55.2298 | 21.2770 | 0.0000 | 27.0832 | 71.2741 | 1.3503 |
| 2 | 0.924890 | 21.1076 | 56.6465 | 0.0000 | 76.3374 | 77.9235 | 0.0000 | 72.3468 | 27.0842 | 0.2576 |
| 3 | 0.777184 | 1.3924 | 0.0210 | 0.0000 | 77.7298 | 77.9445 | 0.0000 | 0.0905 | 1.1403 | 76.2713 |
| 4 | 0.316898 | 8.7883 | 3.6550 | 0.0000 | 86.5180 | 81.5995 | 0.0000 | 0.0072 | 0.0282 | 0.0276 |
| 5 | 0.309150 | 3.6635 | 8.4204 | 0.0000 | 90.1815 | 90.0199 | 0.0000 | 0.0135 | 0.0082 | 0.3084 |
| 6 | 0.270730 | 0.0158 | 0.2048 | 0.0000 | 90.1973 | 90.2247 | 0.0000 | 0.0042 | 0.0001 | 11.8891 |
| 7 | 0.183728 | 3.6684 | 0.0429 | 0.0000 | 93.8657 | 90.2676 | 0.0000 | 0.0029 | 0.3099 | 0.0125 |
| 8 | 0.180352 | 0.0925 | 3.7646 | 0.0000 | 93.9581 | 94.0322 | 0.0000 | 0.3023 | 0.0053 | 0.4300 |
| 9 | 0.167218 | 0.0781 | 0.0113 | 0.0000 | 94.0363 | 94.0435 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0020 | 1.4852 |
| 10 | 0.144752 | 0.0261 | 1.6969 | 0.0000 | 94.0623 | 95.7404 | 0.0000 | 0.0572 | 0.0002 | 2.5282 |
| 11 | 0.138782 | 2.9362 | 0.0148 | 0.0000 | 96.9985 | 95.7552 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0921 | 0.0029 |
| 12 | 0.133353 | 0.0095 | 1.1835 | 0.0000 | 97.0080 | 96.9387 | 0.0000 | 0.0295 | 0.0010 | 2.0001 |

شکل ۱۷۸ نمایش زمان تناوب اصلی در هر جهت

در ستونهای Uy, Ux مقادیر حداکثر را انتخاب و متناظر با آن مقادیر زمان تناوب در هر جهت را در ستون Period قرائت می نماییم پس زمان تناوب در جهت X برابر با 0.954 و برای جهت Y برابر با 0.925 ثانیه می باشد.

همانطور که در جدول مشاهده می کنید در مد ۶ مجموع جرم های موثر بیش از ۹۰درصد جرم کل سازه می باشد این مقدار را می توانید در ستونهای SumUX و SumUY مشاهده نمایید.
همچنین در ستون RZ می توان مد پیچشی را مشاهده نمود.که در این پروژه مد شماره ۳ می باشد.

**گام ٦ ) محاسبه ضریب زلزله جدید با استفاده از زمان تناوب بدست آمده از مرحله ٥**

نتایج به دست آمده از زمان تناوب اصلی به این صورت می باشد.لازم به توضیح است که محاسبات می تواند بر اساس مد شماره ۱ صورت گیرد.ولی بعضی از طراحان محاسبات هر جهت را بر اساس زمان تناوب همان جهت محاسبه می کنند.

$T_x = 0.954 \text{ sec}$

$T_y = 0.925 \text{ sec}$

$T_0 = 0.15 \ \& \ T_s = 0.7 \ \& \ S = 1.75$ برای زمین نوع III و خطر نسبی متوسط

$$T \geq T_s \rightarrow B = (S+1)(\frac{T_s}{T})^{2/3}$$

مقدار T یک بار برابر با $T_x$ و یک بار برابر با $T_y$ می باشد همچنین زمان تناوب باید بر اساس مد غیر پیچشی در نظر گرفته شود که در این پروژه مد ۱ و ۲ می باشد.
مقادیر $T$ را با توجه به اینکه در پروژه از قاب خمشی استفاده می کنیم و اثر جدا گرها ی میانتقابی وجود دارد می توانیم در 0.8 ضرب کنیم بنابراین خواهیم داشت.

$$B_x = (1.75+1)(\frac{0.7}{0.954x0.8})^{2/3} = 2.596$$

$$B_y = (1.75+1)(\frac{0.7}{0.925x0.8})^{2/3} = 2.650$$

$$C_x = \frac{AB_xI}{R} = \frac{0.25x2.596x1}{7} = 0.0927$$

$$C_y = \frac{AB_yI}{R} = \frac{0.25x2.650}{7} = 0.0946$$

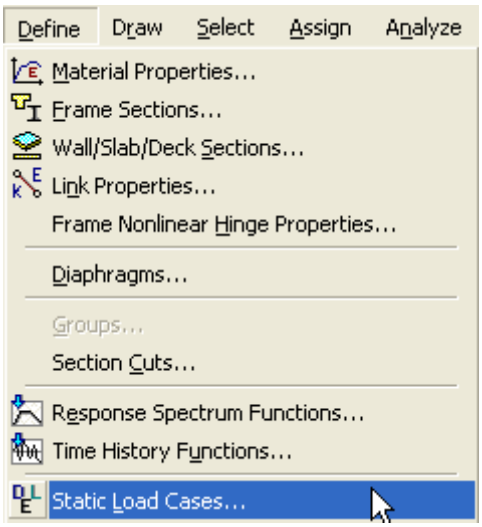
**گام ۷) تغییر ترک خوردگی مقاطع تیر و ستون مطابق بند ٦-۷-۳-۲-٦ جهت کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طرح**

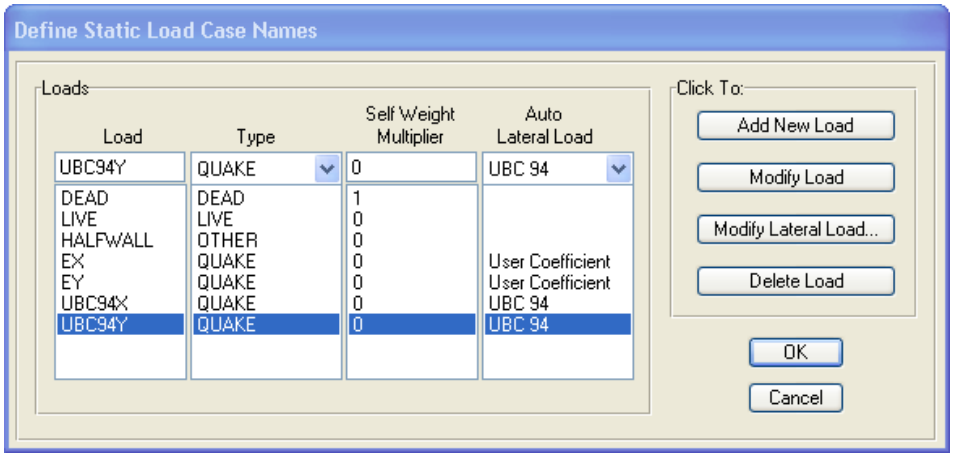
جهت محاسبه تغییر مکان نسبی باید مقاطع ترک خورده مانند بند ۶-۷-۳-۲-۶ از مبحث ۶ و یا در واقع مطابق فایل طراحی در نظر گرفته شود یعنی برای تیرها 0.35Ig برای ستونها 0.7Igو برای دیوارها 0.35Igیا 0.7Igنسبت به میزان ترک خوردگی آنها منظور گردد.

**گام ۸) اعمال ضریب زلزله با استفاده از UBC94**

با توجه به اینکه زمان تناوب بدست آمده بزرگتر از 0.7 ثانیه می باشد مطابق ضوابط آیین نامه باید اثرات شلاقی در وارد نمودن نیروی زلزله به سازه لحاظ گردد پس از UBC94 که ضوابط آن مطابق آیین نامه 2800 زلزله می باشد استفاده می کنیم .
یکی از مزایای این آیین نامه در نظر گرفتن اثرات شلاقی می باشد.

از منوی Define>Static Load Cases...\ را انتخاب نمایید.




شکل ۱۷۹ تعریف حالات بارگذاری زلزله بر اساس UBC94

در UBC مقدار ضریب زلزله مطابق فرمول زیر محاسبه می شود که اگر با رابطه آیین نامه ۲۸۰۰زلزله برابر قرار دهیم خواهیم داشت

$$\frac{ZIC}{R_w} = \frac{ABI}{R}$$

در این رابطه $Z = A$ و $I = I$ و $C = B$ و $R_w = R$ می باشند.

همچنین مقدار $C$ مطابق رابطه فوق محاسبه می گردد.

$$C = 1.25\frac{S}{T^{2/3}}$$

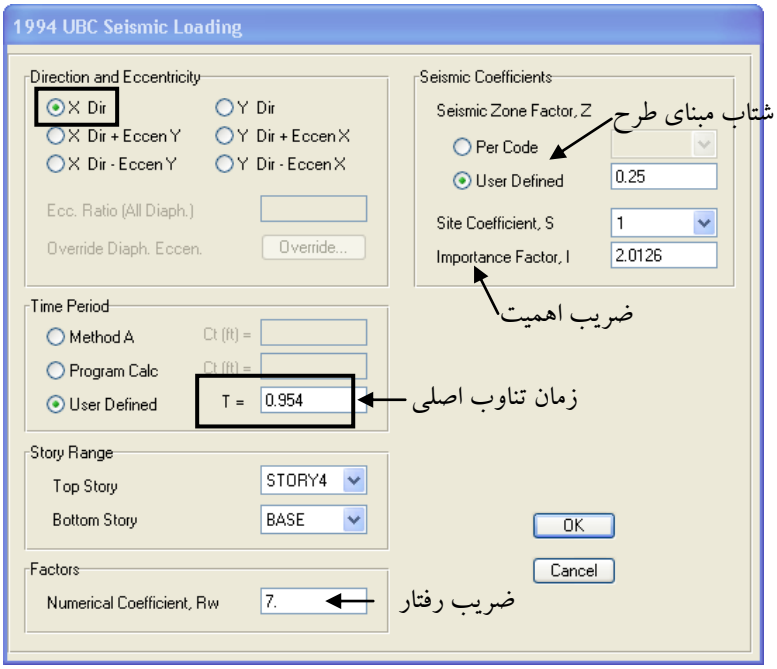
در آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله مقدار $B$ بر اساس نوع زمین بدست می آید که در این پروژه در گام ۶ برای هر دو جهت محاسبه گر دیید.

$$B = 1.25\frac{S}{T^{2/3}}$$

با جایگزاری مقدار $T$ (یک بار برای جهت X و یک بار برای جهت Y)و همچنین مقدار $B$ (یک بار برای جهت X و یک بار برای جهت Y) محاسبه شده در گام ۶ در این رابطه مقدار $S$ بدست می آید.

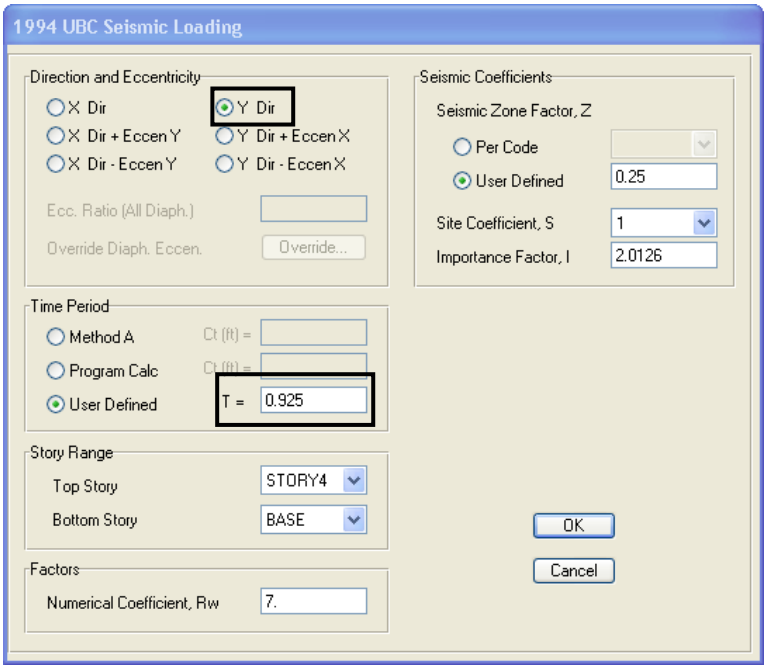
$$S_x = 2.0126$$

$S_y = 2.0126$




شکل ۱۸۰ تعریف مقادیر پارامترهای در جهت UBC94 X

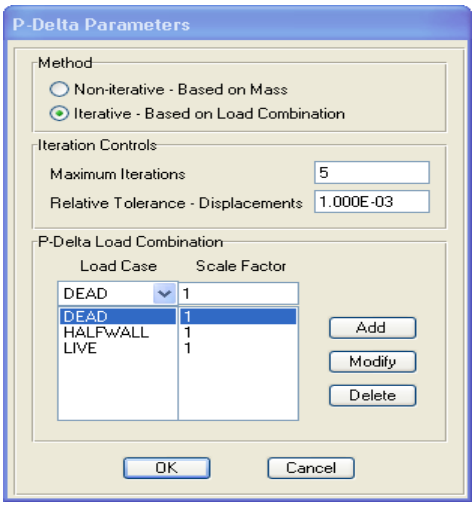
همانطور که در شکل ۱۸۰ مشاهده می کنید در قسمت S نمی توان مقدار اعشار وارد نماییم پس می توانیم جای آن را با ضریب اهمیت I عوض نماییم .




شکل ۱۸۱ تعریف مقادیر پارامترهای در جهت UBC94 Y

**گام ۹) آنالیز سازه و کنترل تغییر مکان نسبی سازه**

جهت کنترل تغییر مکان می توانید تنظیمات $P-\Delta$ را مطابق شکل ۱۸۲ انجام دهید




شکل ۱۸۲ تنظیمات $P-\Delta$

و همچنین ترکیبات بار جهت کنترل تغییر مکان مطابق شکل زیر ایجاد نماییم.

$$DL+LL\pm UBC94X$$

$$DL+LL\pm UBC94Y$$

مطابق بند ۶-۷-۳-۲-۴ مقدار تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح $\Delta M$ وقتی زمان تناوب بیشتر از $0.7$ ثانیه شود برابر خواهد شد با :

$$0.020xH=0.7xRx\Delta w$$

که با احتساب ارتفاع $3.2$ m برای هر طبقه مقدار $\Delta w$ برابر خواهد شد با $1.306\ cm$ خواهد شد و تغییر مکان نسبی در مرکز جرم با این عدد کنترل می گردد.

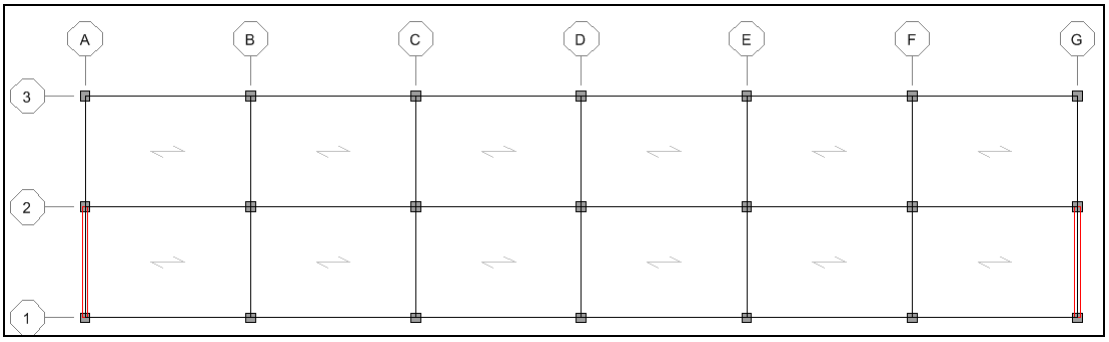
همچنین جهت محاسبه $Drift$ می توانید از مقدار بدست آمده زیر استفاده نمایید.

$$Drfit=\frac{1.306}{320}=0.00408$$

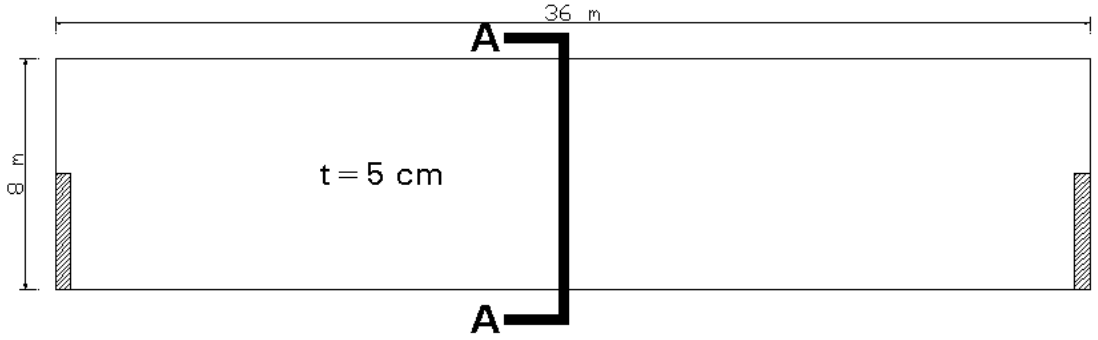
روش ذکر شده صرفا مراحل کار را نشان می دهد و محاسبات مشابه و تجربیات نشان می دهد که معمولا کنترل تغییر مکان با زمان تناوب اصلی بر روی سازه های مرتفع بهتر جواب می دهد.

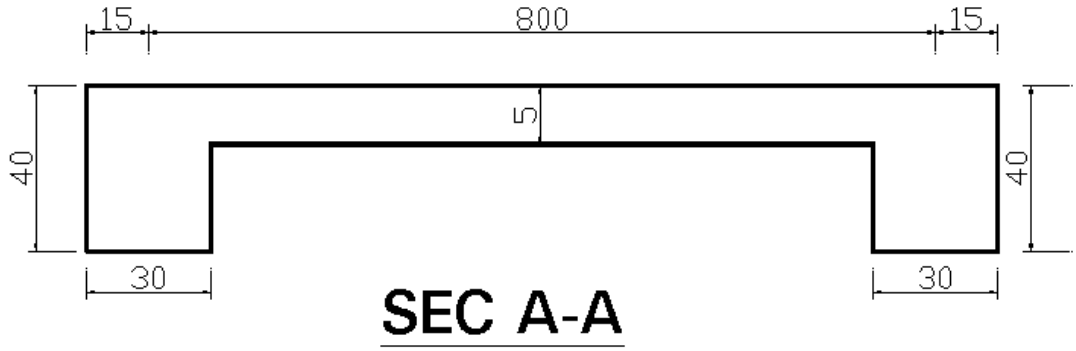
## کنترل دیافراگم صلب:

مطابق ضوابط آیین نامه در دیافراگم چنانچه حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها زیر اثر نیروی موثر بر دیافراگم ، کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد ، دیافراگم را می توان صلب در نظر گرفت و توزیع نیروی برشی طبقه رابین عناصرسیستم مقاوم قائم ساختمان به نسبت سختی آنها انجام داد. درغیر اینصورت دیافراگم انعطاف پذیربوده و در توزیع برش ، باید تغییر شکلهای ایجاد شده در دیافراگم مورد توجه قرار گیرد.



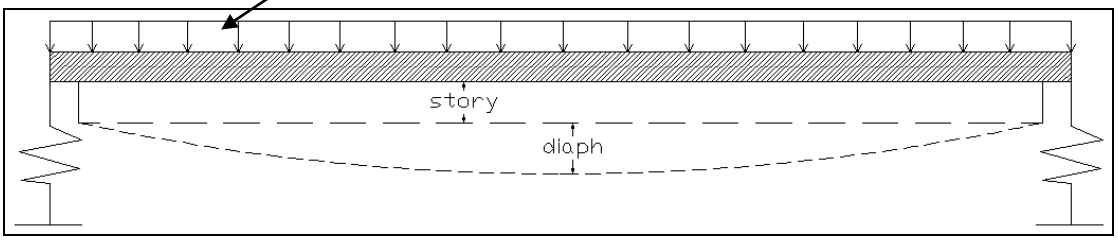

شکل (۱۸۰)




SEC A-A

نیروی جانبی دیافراگم مطابق بند ۲-۹-۱ آیین نامه ۲۸۰۰




$$F_{pi} = \frac{V_i W_i}{\sum W_i}$$

$\frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} < 0.5$ دیافراگم صلب

$$\Delta_{Diaph} = \Delta_f + \Delta_s$$

$\Delta_f = \frac{5qL^4}{384EI}$ برای تیر دو سر ساده

$\Delta_f = \frac{qL^4}{384EI}$ برای تیر دو سر گیردار

$$\Delta_s = \frac{\alpha q L^2}{8AG} \quad , G = 0.4E \ , \alpha = 1.5$$

$$I_2 = \frac{0.4 \times 8.3^3}{12} - \frac{0.35 \times 7.7^3}{12} = 5.74 \ m^4$$

$$A = 0.625 \ m^2$$

$$V = 33546 \ kg$$

$$F_{pi} = 33546 \ kg$$

$$q = \frac{33546}{36} = 932 \ kg/m$$

$$\Delta_f = \frac{qL^4}{384EI} = \frac{932 \times 36^4}{384 \times 2.18 \times 10^9 \times 5.74} = 0.033 \ cm$$

$$\Delta_s = \frac{\alpha q L^2}{8AG} = \frac{1.5 \times 932 \times 36^2}{8 \times 0.625 \times 0.4 \times 2.18 \times 10^9} = 0.042 \ cm$$

$$\Delta_{Diaph} = 0.033 + 0.0415 = 0.075 \ cm$$

برای محاسبه جابجایی طبقه $\Delta_{Story}$ با توجه به بالا بودن سختی دیوار برشی نسبت به قاب محاسبه تغییر شکل خمشی و برشی آن به اینصورت خواهد بود.

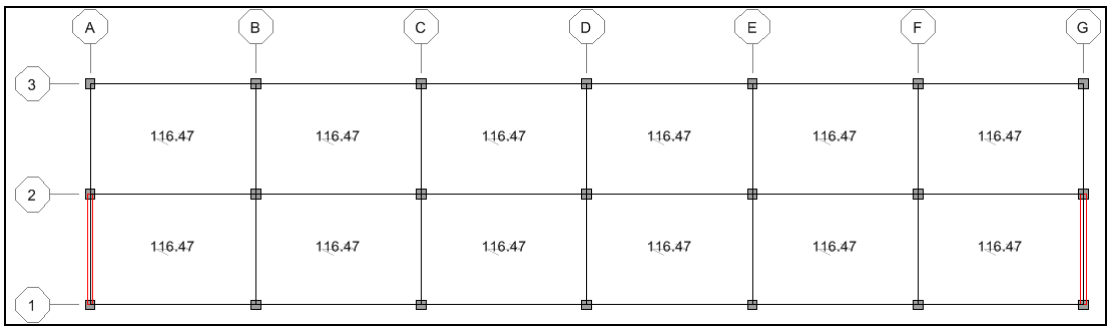
$$\Delta_{Story} = \frac{Ph^3}{3EI} + \frac{\alpha Ph}{AG}$$

$$I = \frac{0.2 \times 4^3}{12} = 1.667 \ cm^4 \quad , A = 4 \times 0.2 = 0.8 \ cm^2$$

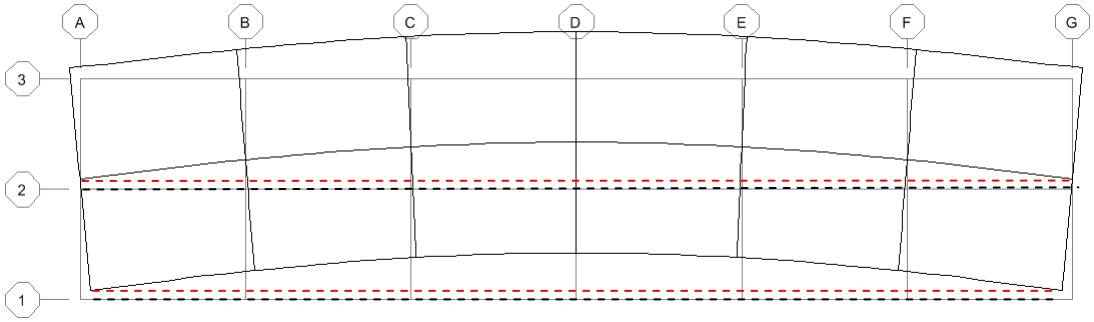
$$\Delta_{Story}=\frac{Ph^3}{3EI}+\frac{\alpha Ph}{AG}=\frac{16773\times 4^3}{3\times 2.18\times 10^9\times 1.667}+\frac{1.2\times 16773\times 4}{0.8\times 0.4\times 2.18\times 10^9}=0.0213\,cm$$

$$\frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}}=\frac{0.075}{0.0213}=3.52>0.5$$

## کنترل دیافراگم صلب با نرم افزار:




مقداربار جانبی بر سطح سقف در راستای جانبی Local-2




با توجه به اینکه مقدار مختصات جابجایی هر نقطه توسط نرم افزار ارایه می گردد ، با متوسط گیری مقدار ماکزیمم و مینیمم می توان مقدار تغییر مکان دیافراگم و تغییر مکان نسبی طبقه را محاسبه نمود.

$$\frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}}=\frac{0.17-0.0372}{0.0372}=3.57>0.5$$

$$\%\Delta=\frac{3.52}{3.57}\times 100=\%5$$

## بررسی ضوابط سازه های فلزی:

روابط مورد نیاز در سازه های فلزی بر اساس ASD-89

$$f_a = P/A$$
$$f_{b33} = M_{33}/S_{eff,33}$$
$$f_{b22} = M_{22}/S_{eff,22}$$
$$f_{v2} = V_2/A_{v2}$$
$$f_{v3} = V_3/A_{v3}$$

$$\frac{Kl}{r} = \max\left\{\frac{K_{33}\,l_{33}}{r_{33}}, \frac{K_{22}\,l_{22}}{r_{22}}\right\}, \quad \text{and}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}. \qquad \text{(ASD E2, ASD SAM 4)}$$

$$l_c = \min\left\{\frac{76\,b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{20{,}000\,A_f}{d\,F_y}\right\}, \text{ where} \qquad \text{(ASD F1-2)}$$

$A_f$ is the area of compression flange,

$$F_a = \frac{\left\{1.0 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right\}F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8\,C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}}, \quad \text{if } \frac{Kl}{r} \le C_c, \qquad \text{(ASD E2-1, SAM 4-1)}$$

$$F_a = \frac{12\,\pi^2\,E}{23(Kl/r)^2}, \qquad \text{if } \frac{Kl}{r} > C_c. \qquad \text{(ASD E2-2, SAM 4-2)}$$

For Compact sections:

$$F_{b33} = 0.66\,F_y \qquad \text{if } f_y \le 65\text{ ksi}, \qquad \text{(ASD F1-1)}$$

$$F_{b33} = 0.60\,F_y \qquad \text{if } f_y > 65\text{ ksi}, \qquad \text{(ASD F1-5)}$$

For Noncompact sections:

$$F_{b33} = \left(0.79 - 0.002\frac{b_f}{2t_f}\sqrt{F_y}\right)F_y, \text{ if rolled and } f_y \le 65\text{ ksi}, \qquad \text{(ASD F1-3)}$$

$$F_{b33} = \left(0.79 - 0.002\frac{b_f}{2t_f}\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}\right)F_y, \text{ if welded and } f_y \le 65\text{ ksi}, \qquad \text{(ASDF1-4)}$$

$$F_{b33} = 0.60\,F_y \qquad \text{if } f_y > 65\text{ ksi}.. \qquad \text{(ASD F1-5)}$$

For $\dfrac{l_{22}}{r_T} \le \sqrt{\dfrac{102{,}000\,C_b}{F_y}}$,

$$F_{b33} = 0.60F_y\,, \qquad \text{(ASD F1-6)}$$

for $\sqrt{\dfrac{102{,}000\,C_b}{F_y}} < \dfrac{l_{22}}{r_T} \le \sqrt{\dfrac{510{,}000\,C_b}{F_y}}$,

$$F_{b33} = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y(l_{22}/r_T)^2}{1530{,}000\,C_b}\right]F_y \le 0.60F_y\,, \text{ and} \qquad \text{(ASD F1-6)}$$

for $\dfrac{l_{22}}{r_T} > \sqrt{\dfrac{510{,}000\,C_b}{F_y}}$,

$$F_{b33} = \left[\frac{170{,}000\,C_b}{(l_{22}/r_T)^2}\right] \le 0.60F_y\,, \qquad \text{(ASD F1-7)}$$

and $F_{b33}$ is taken not to be less than that given by the following formula:

$$F_{b33} = \frac{12{,}000\,C_b}{l_{22}\left(d/A_f\right)} \le 0.6\,F_y \qquad \text{(ASD F1-8)}$$

where,

$r_T$ is the radius of gyration of a section comprising the compression flange and 1/3 the compression web taken about an axis in the plane of the web,

$$C_b = 1.75 + 1.05\left(\frac{M_a}{M_b}\right) + 0.3\left(\frac{M_a}{M_b}\right)^2 \le 2.3, \text{ where} \qquad \text{(ASD F1.3)}$$

- If $f_a$ is compressive and $f_a / F_a > 0.15$, the combined stress ratio is given by the larger of

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{m33} f_{b33}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{e33}}\right) F_{b33}} + \frac{C_{m22} f_{b22}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{e22}}\right) F_{b22}}, \text{ and} \quad \text{(ASD H1-1, SAM 6.1)}$$

$$\frac{f_a}{Q(0.60 F_y)} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}, \text{ where} \quad \text{(ASD H1-2, SAM 6.1)}$$

- If $f_a$ is compressive and $f_a / F_a \le 0.15$, a relatively simplified formula is used for the combined stress ratio.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \quad \text{(ASD H1-3, SAM 6.1)}$$

- If $f_a$ is tensile or zero, the combined stress ratio is given by the larger of

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}, \text{ and} \quad \text{(ASD H2-1, SAM 6.2)}$$

$$\frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}, \text{ where}$$

| AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (BENDING) | | | |
|---|---|---|---|
| | fa | Fa | Ft |
| | Stress | Allowable | Allowable |
| Axial | 0.000 | 1334.861 | 1440.000 |

استفاده از روابط خمش

| AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1) | | | |
|---|---|---|---|
| | fa | Fa | Ft |
| | Stress | Allowable | Allowable |
| Axial | 702.468 | 1036.806 | 1440.000 |

استفاده از روابط ترکیب تنش

| AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-2) | | | |
|---|---|---|---|
| | fa | Fa | Ft |
| | Stress | Allowable | Allowable |
| Axial | 569.094 | 1281.555 | 1440.000 |

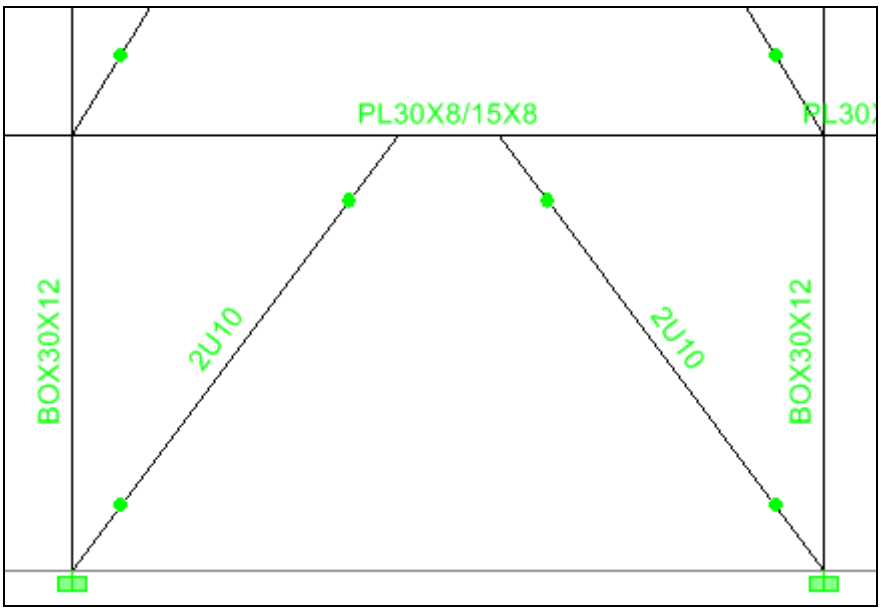
استفاده از روابط ترکیب تنش

| AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-3) | | | |
|---|---|---|---|
| | fa | Fa | Ft |
| | Stress | Allowable | Allowable |
| Axial | 2.608 | 1334.861 | 1440.000 |

استفاده از روابط ترکیب تنش

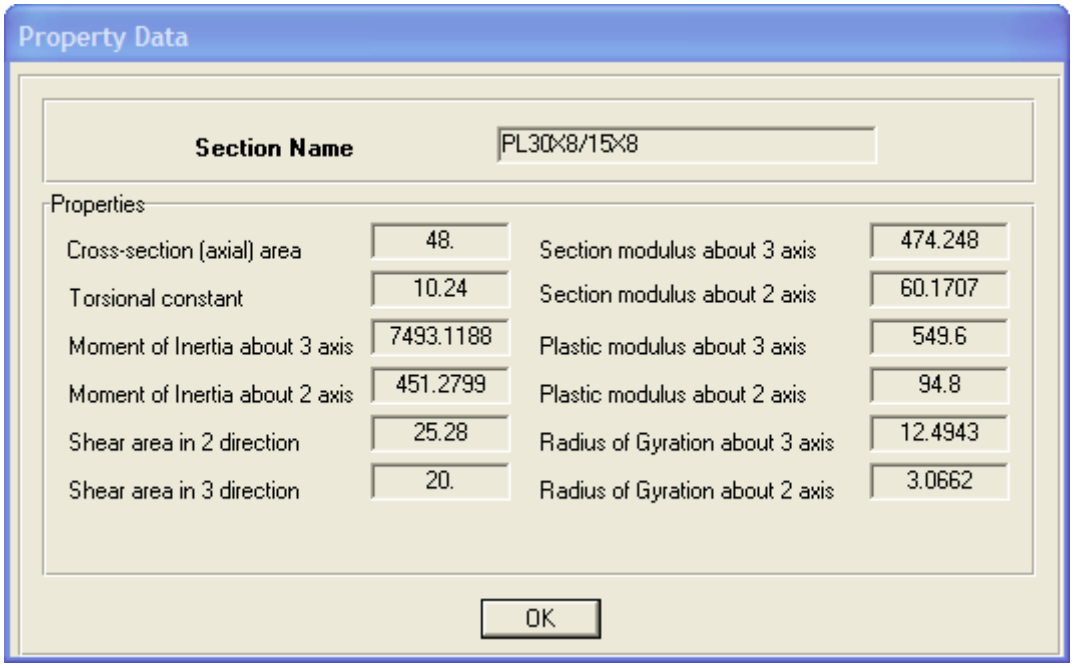
## ضوابط بادبندهای واگرا:

تیر پیوند در شکل (۱۰۵) را در نظر بگیرید.




شکل (۱۰۵)

این تیر دارای مشخصات مقطع مطابق شکل (۱۰۶) می باشد.




شکل (۱۰۶)

## رفتار تیر پیوند:

$M_p = F_y Z$ لنگر پلاستیک

$V_p = 0.6 F_y A_w$ برش پلاستیک

$F_{ye} = 1.15 F_y$ مقاومت تسلیم مورد انتظارفولاد

$P_y = F_y A_g$ نیروی محوری تسلیم تیر پیوند

$M_p = 2400 \times 549.6 = 13.19\ ton.m$

$V_p = 0.6 \times 2400 \times (30 \times 0.8) = 34.56\ ton$

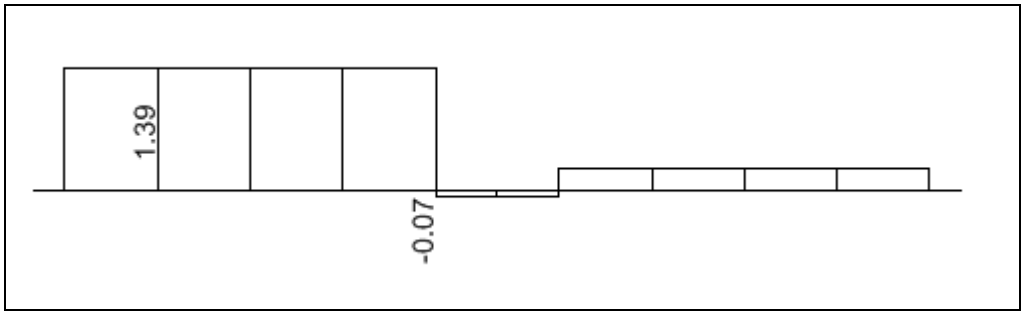
$e \le 1.6 \frac{M_p}{V_p} = 1.6 \times \frac{13.19}{34.56} = 61\ cm$ رفتار برشی حاکم است

$e \ge 2.6 \frac{M_p}{V_p} = 2.6 \times \frac{13.19}{34.56} = 100\ cm$ رفتار خمشی حاکم است

## مقاومت برشی تیر پیوند:

$V_a \le V_v$

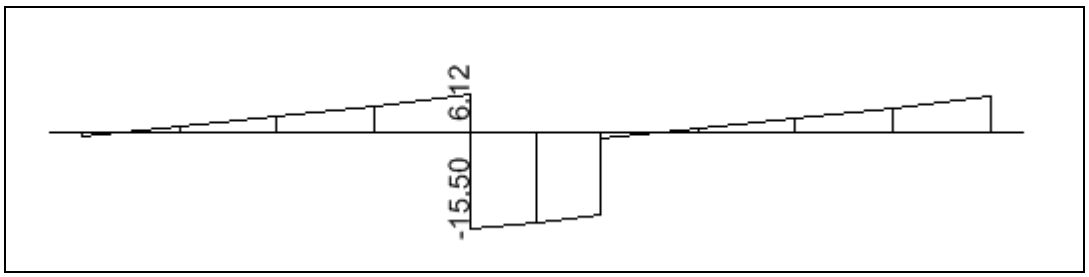
$$IF \Rightarrow \frac{P_a}{0.6P_y} \le 0.15 \Rightarrow V_v = \min\left\{\frac{2 \times 0.6M_p}{e}, 0.6V_p\right\}$$




شکل (۱۰۷) نمایش مقدار نیروی محوری تیر

$$\frac{1.39 \times 1000}{0.6 \times 2400 \times 48} = 0.02 < 0.15$$

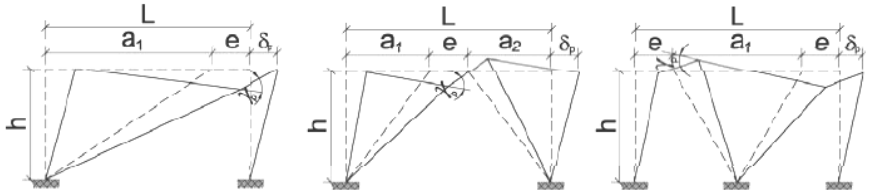
$$V_v = \min\left\{\frac{2 \times 0.6 \times 13.19 \times 100000}{60}, 0.6 \times 34.56\right\} = 20.7\ ton$$




شکل (۱۰۸) نمایش مقدار نیروی برشی در تیر

$V_a \le V_v \Rightarrow 15.5 \le 20.7\ \ ok$

## دوران تیر پیوند:




$$\gamma_p = \frac{a_1 + e}{eh}\delta_p = \frac{L}{eh}\delta_p \qquad \gamma_p = \frac{a_1 + a_2 + e}{eh}\delta_p = \frac{L}{eh}\delta_p \qquad \gamma_p = \frac{a_1 + 2e}{2eh}\delta_p = \frac{L}{2eh}\delta_p$$

$\delta_p$ مقدار حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی طبقه است که از تغییرمکان جانبی نسبی حاصل از بارهای طراحی در 0/7R به دست می آید.

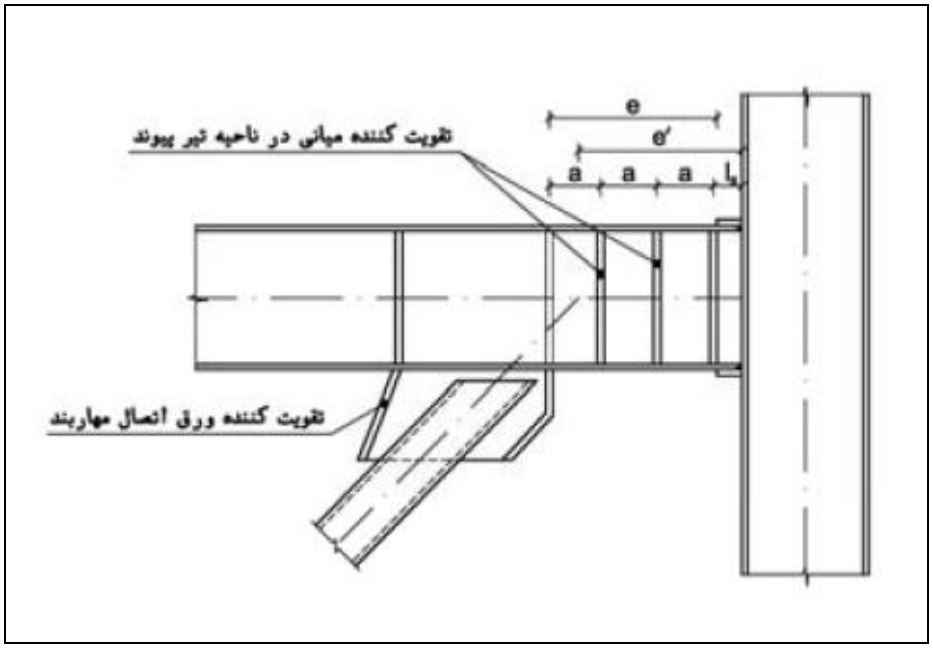
1- در صورتی‌که $e \le ۱/۶ \frac{M_p}{V_p}$ باشد، $\gamma_p \le ۰/۰۸$

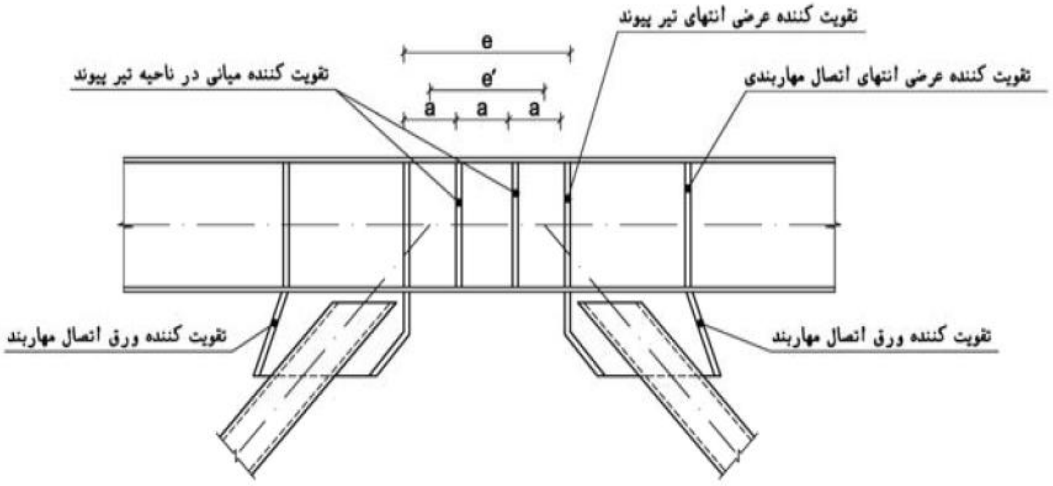
2- در صورتی‌که $e \ge ۲/۶ \frac{M_p}{V_p}$ باشد، $\gamma_p \le ۰/۰۲$

3- در صورتی‌که $۱/۶ \frac{M_p}{V_p} < e < ۲/۶ \frac{M_p}{V_p}$ باشد، $\gamma_p \le ۰/۰۴\left(۴/۴ - ۱/۵\, e \frac{V_p}{M_p}\right)$

$$\gamma p = \frac{L}{eh}\delta p = \frac{450}{60 \times 320} \times (0.56 - 0.19) \times 0.7 \times 7 = 0.04\, rad$$

## سخت کننده های تیر پیوند:






## الزامات عمومی طراحی ستونها:

مطابق شکل (۱۰۹) مقادیر $f_a$ و $F_a$ برای هر ستون قابل مشاهده می باشد.

| AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-2) | | | |
|---|---|---|---|
| | fa | Fa | Ft |
| | Stress | Allowable | Allowable |
| Axial | 594.899 | 1291.556 | 1440.000 |

شکل (۱۰۹)

$$\frac{f_a}{F_a} > 0.4$$

$0.75D + 0.75L + 0.75\Omega_o E \le F_a.A$ فشار محوری

$0.75D + 0.75\Omega_o E \le 0.6F_y.A$ کشش محوری

$$\frac{594.9}{1291.6} = 0.46 > 0.4$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| L=260.000 | | | |
| A=138.240 | i22=19143.474 | i33=19143.478 | |
| s22=1276.232 | s33=1276.232 | r22=11.768 | r33=11.768 |
| E=2038902.000 | fy=2400.000 | | |

شکل (۱۱۰)

$F_a.A = 1291.6 \times 138.24 = 178551\ kg$

$0.6F_y.A = 0.6 \times 2400 \times 138.24 = 199066\ kg$

| Story | Column | Load | P(kg) |
|---|---|---|---|
| STORY1 | C4 | COMB1 | -46896.6 |
| STORY1 | C4 | COMB2 | 107710.13 |
| STORY1 | C4 | COMB3 | -36313.49 |
| STORY1 | C4 | COMB4 | -97127.02 |

شکل (۱۱۱)

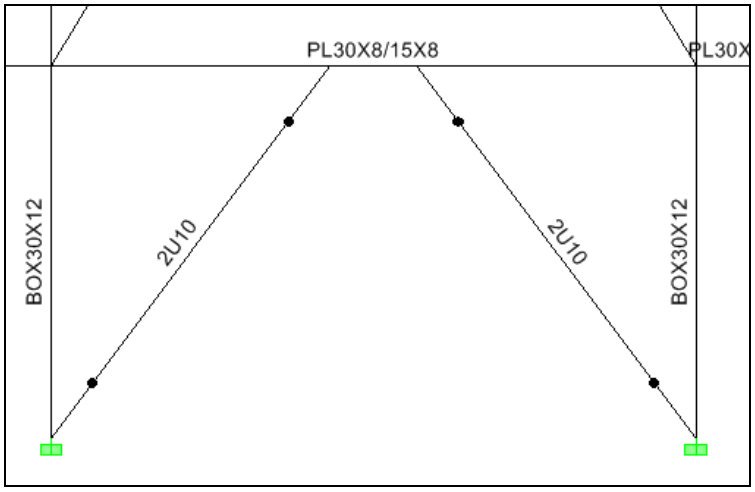
مطابق شکل(۱۱۱) ترکیبات در نرم افزار ETABS ایجاد می گردد. و مقادیر نیروی محوری ناشی از ترکیبات فوق بدست می آید.

## اتصالات در اعضای قطری مهاربند:

مقاومت کششی مورد نیاز اتصالهای قطری مهاربند باید حداقل برابر کمترین دو مقدار زیر باشد.

۱ –نیروی قطری کششی $0.6F_{ye}.A_g$

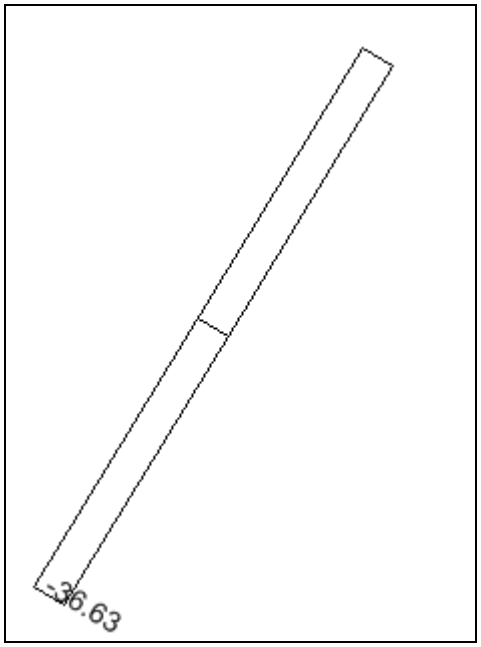
۲ –حداکثر اثر نیرویی که بر اساس تحلیل سازه به مهاربند منتقل نماید.




شکل (۱۱۲)

$A_g = 34\ cm^2$

$T = 0.6 \times 1.15 \times 2400 \times 34 = 56\ ton$




شکل(۱۱۳) نیروی ناشی از تحلیل سازه

## تیر خارج از تیر پیوند:

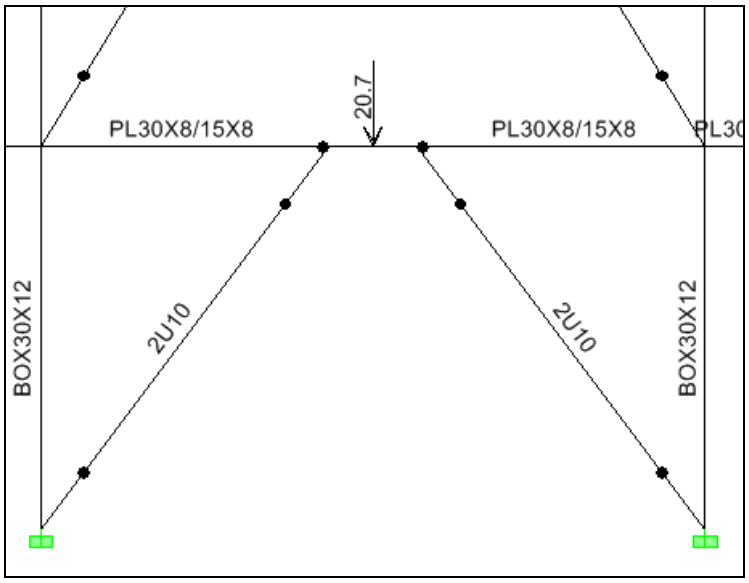
تیر ناحیه خارج از تیر پیوندباید برای ترکیب بار فوق طراحی شوند.

$$D+L\pm1.25V_V$$

$$IF \Rightarrow \frac{P_a}{0.6P_y}\le 0.15 \Rightarrow V_V=\min\left\{\frac{2\times0.6M_p}{e},0.6V_p\right\}$$

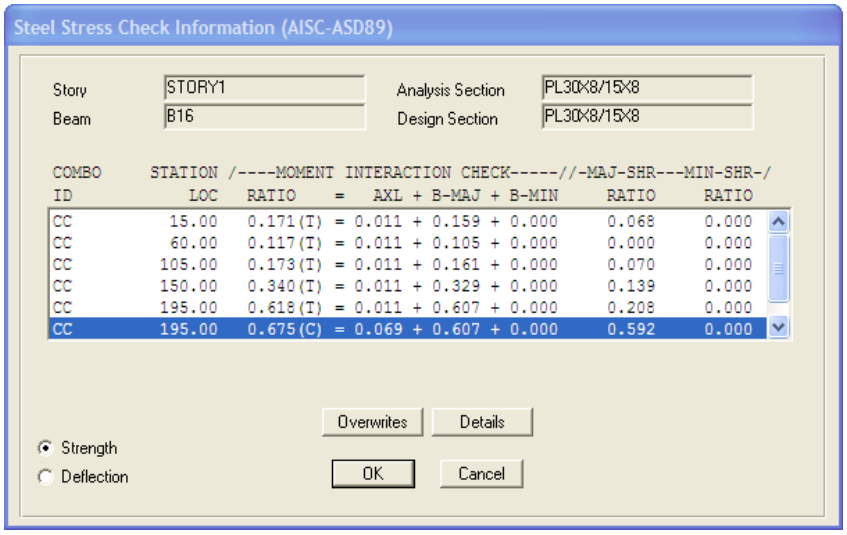
$$V_V=\min\left\{\frac{2\times0.6\times13.19\times100000}{60},0.6\times34.56\right\}=20.7\ ton$$

مطابق شکل (۱۱٤) این نیرو در محل نقطه عطف این تیر وارد می گردد.



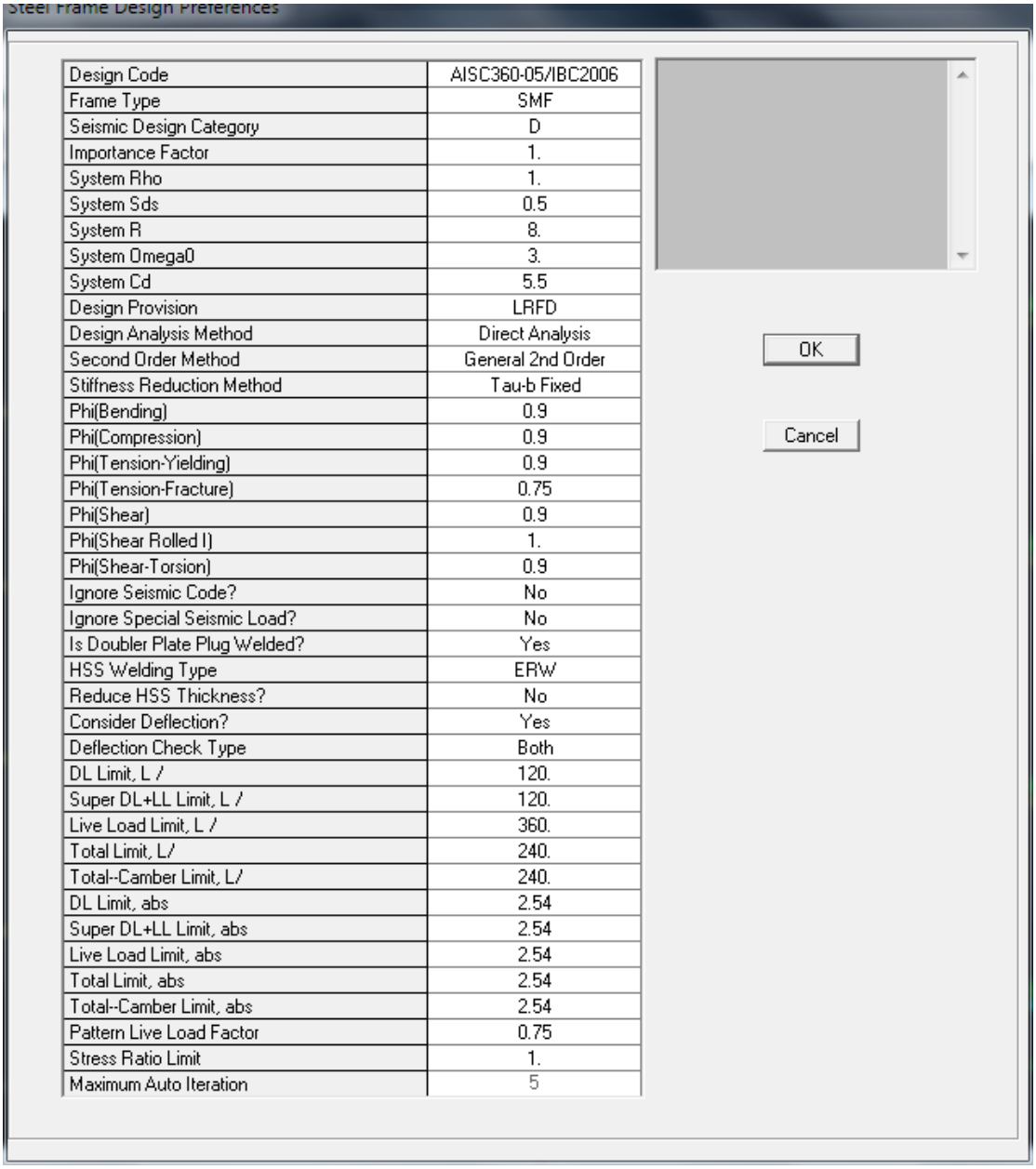

شکل (۱۱٤)

مقاومت موجود تیر در این ناحیه باید ۱/۱۵ برابر آنچه در ضوابط خمشی محاسبه می گرددمنظور شود.




شکل ۱۱۵

**طراحی بر اساس AISC360-05/IBC2006 :**




شکل ۱۱۶

انتخاب سیستم باربر جانبی

SMF: قاب خمشی ویژه

IMF: قاب خمشی متوسط

OMF: قاب خمشی معمولی

SCBF: قاب مهاربند همگرای ویژه

OCBF: قاب مهاربند همگرای معمولی

OCBFI: قاب مهاربند همگرای معمولی جدا شده از فنداسیون

EBF: قاب مهاربند واگرا

Seismic Design Category انتخاب طبقه بندی لرزه ای که در صورتیکه ضریب رفتار بیشتر از ۳ باشد ضوابط لرزه ای برای حالات F-E-D در نظر گرفته می شود.و انتخاب حالات C-B-A حتما ضوابط لرزه ای در طراحی برای هر حالتی در نظر گرفته می شود.

Importance Factor ضریب اهمیت سازه یا همان I

System Rho ضریب درجه نامعینی سازه که در آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله یک در نظر گرفته می شود.

System Sds این ضریب برای در نظر گرفتن اثرات قائم نیروی زلزله بر سازه می باشد که با توجه به اینکه در ۲۸۰۰ زلزله این ضریب وجود ندارد .پس مقدار صفر را وارد نمایید.

System R ضریب رفتار سازه در حالت مقاومت نهایی می باشد.که با توجه به اینکه در ۲۸۰۰ زلزله مقدار فوق بر حسب تنش مجاز می باشد. پس باید ضریب ناشی از ۲۸۰۰ زلزله را بر ۱/۴ تقسیم نماییم.

$R = R_{2800} / 1.4$

System Omega0 این ضریب همان مقدار $\Omega_0$ در مبحث ۱۰ صفحه ۳۵۹ ویرایش ۱۳۸۷می باشد.

یا به عبارتی ضریب بار تشدید یافته می باشد.

System Cd مقدار ضریب فوق برابر است با $0.7R_W$ که مقدار ضریب رفتار همان مقدار ۲۸۰۰ زلزله می باشد.

Design Provision در این قسمت یکی از حالات حد نهایی LRFD یا تنش مجاز ASD را انتخاب نمایید.

Design Analysis Method این قسمت شامل ۳ تحلیل می باشد که عبارتند از:

- Direct Analysis: روش تحلیل مستقیم
- Effective Length: روش استفاده از طول موثر (معمولا وقتی نسبت تغییر مکان تحت آنالیز مرتبه دوم به تغییر مکان تحت آنالیز مرتبه اول کمتر از ۱/۵ باشد از این تحلیل استفاده می گردد.)
- Limited 1st Order: تحلیل مرتبه اول محدود

Second Order Method این قسمت نحوه انجام تحلیل مرتبه دوم را می توان انتخاب نمود.که شامل

- General Second Order: لحاظ کردن اثرات ثانویه $P-\Delta$
- Amplified 1st Order: استفاده از روش تشدید لنگر و نیروهای بدست آمده از تحلیل مرتبه ۱

Stiffness Reduction Method در این قسمت روش کاهش سختی خمشی مشخص می گردد.

- Tau-b Variable: ضریب $\tau_b$ به صورت متغییر و تابعی از $P_r$ است

- Tau-b Fixed: مقدار ضریب $\tau_b$ برابر ۱ لحاظ می شود.

| | |
|---|---|
| Phi(Bending) | 0.9 |
| Phi(Compression) | 0.9 |
| Phi(Tension-Yielding) | 0.9 |
| Phi(Tension-Fracture) | 0.75 |
| Phi(Shear) | 0.9 |
| Phi(Shear Rolled I) | 1. |
| Phi(Shear-Torsion) | 0.9 |

| | |
|---|---|
| Ignore Seismic Code? | No |

گزینه No باعث در نظر گرفتن اثرات لرزه ای می شود.

| | |
|---|---|
| Ignore Special Seismic Load? | No |

گزینه No باعث در نظر گرفتن ترکیبات بارهای زلزله تشدید یافته می شود.

| | |
|---|---|
| Is Doubler Plate Plug Welded? | No |

گزینه Noبه معنی جدا بودن ورق مضاعف متصل به ستون به جهت ایجاد جوشکاری به غیر از جوش کام و انگشتانه می باشد.

| | |
|---|---|
| HSS Welding Type | ERW |

روش جوشکاری در مقاطع جدار نازک مستطیلی می باشد. ERW (قوس الکتریکی تحت حفاظ) که در این حالت ضخامت جوش باید ۰/۹۳ ضخامت اسمی جداره در نظر گرفته می شود.و SAW(قوس الکتریکی غوطه ور) که در این حالت ضخامت جوش معادل ضخامت اسمی جداره در نظر گرفته می شود.

| | |
|---|---|
| Reduce HSS Thickness? | No |

باعث کاهش یا عدم کاهش ضخامت ورق های مقطع جدار نازک بسته می شود.

| | |
|---|---|
| Consider Deflection? | Yes |
| Deflection Check Type | Both |
| DL Limit, L / | 120. |
| Super DL+LL Limit, L / | 120. |
| Live Load Limit, L / | 360. |
| Total Limit, L/ | 240. |
| Total--Camber Limit, L/ | 240. |
| DL Limit, abs | 2.54 |
| Super DL+LL Limit, abs | 2.54 |
| Live Load Limit, abs | 2.54 |
| Total Limit, abs | 2.54 |
| Total--Camber Limit, abs | 2.54 |

| | |
|---|---|
| Stress Ratio Limit | 1. |

مقدار نسبت تنش در طراحی اعضا

| | |
|---|---|
| Maximum Auto Iteration | 5 |

تعداد دفعات تکرار در تحلیل و طراحی اعضا

| | |
|---|---|
| Pattern Live Load Factor | 0.75 |

ضریب کاهش مربوط به اثر بارگذاری شطرنجی زنده در شرایط بحرانی ترین وضع بارگذاری

**منابع و مراجع:**


۱ –علی اکبر آقا کوچک و سید سهیل مجید زمانی – ۱۳۸۰– شرحی بر ویرایش ۲ آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) – کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی

۲– مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن – آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۳

3) Edward L.Wilson -2002- Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures - A physical Approach with Emphasis on Earthquake Engineering - CSI Computer and Structures Inc.

4) CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, and SAFE- Computer and Structures, Inc. Berkeley, California, USA -October 2005.

5) Ashraf Habibullah -1997- Structural Dynamics Earthquake Engineering for practicing structural Engineers a one-Day Course - CSI Computer and Structures Inc.

۶– سید محمود نجفی الموسوی– مهدی ترابی –سمینار آنالیز دینامیکی طیفی در نرم افزار SAP,ETABS – سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اصفهان ۱۳۸۷

۷– بارهای وارد بر ساختمان ، مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان۱۳۸۵

۸– حسن باجی – روش ها و نکات طراحی ساختمان های فولادی در Etabs – نشر علم و عمران ۱۳۸۹