

بسم الله الرحمن الرحيم



برای شرکت در دوره های آموزشی حضوری و آنلاین ، تهیه فیلم ها و جزوات برتر عمرانی به وبسایت گروه مهندسی سبزسازه مراجعه نمایید و از بهترین ها لذت ببرید.

«به نام خدا»

# پروژه درس بهسازی لرزه ای

استاد مربوطه : دکتر عبادی

گردآورنده : حسین نیکومرام

سازه مورد بررسی فولادی است و بر اساس نقشه های اجرایی المان های تیر و ستون دارای مشخصات فولاد ST37 با

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = 1.0207$$

$$\text{Soil} = \text{Type II} \rightarrow T_0 = 0.1, T_s = 0.5, S = 1.5$$

$$A = 0.25$$

روش استاتیکی خطی بر اساس نشریه 360:

$$V = C_1 C_2 C_3 C_M S_a W$$

$C_1$  :

$$2 \text{ زمین نوع } 2 \rightarrow T_s = 0.5$$

$$T = \alpha H^{3/4} = 0.08 \times (12.8)^{3/4} = 0.5414$$

$$C_1 = 1 + \frac{0.5 - 0.5414}{2 \times 0.5 - 0.2} = 0.94825$$

$$C_2 = 1$$

$$\theta < 1 \rightarrow C_3 = 1$$

$$C_M = 0.9$$

$S_a$  :

$$3 \text{ منطقه } \rightarrow A = 0.25$$

$$T > T_s \rightarrow B_1 = (S + 1) \left( \frac{T_s}{T} \right) = (1.5 + 1) \left( \frac{0.5}{0.5414} \right) = 2.31$$

$$B = B_1 \times N$$

$$T < T_s < 4 \text{ sec} \rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{3.5} (0.5414 - 0.5) + 1 = 1.00828$$

$$\rightarrow B = 2.329$$

$$S_a = 2.329 \times 0.25 = 0.5823$$

از نرم افزار SAP وزن سازه را بدست می آوریم :

$$W = 93862.1 \text{ kg}$$

$$V = 0.94825 \times 1 \times 1 \times 0.9 \times 0.5823 \times 93862.1 = 46644.71 \text{ kg}$$

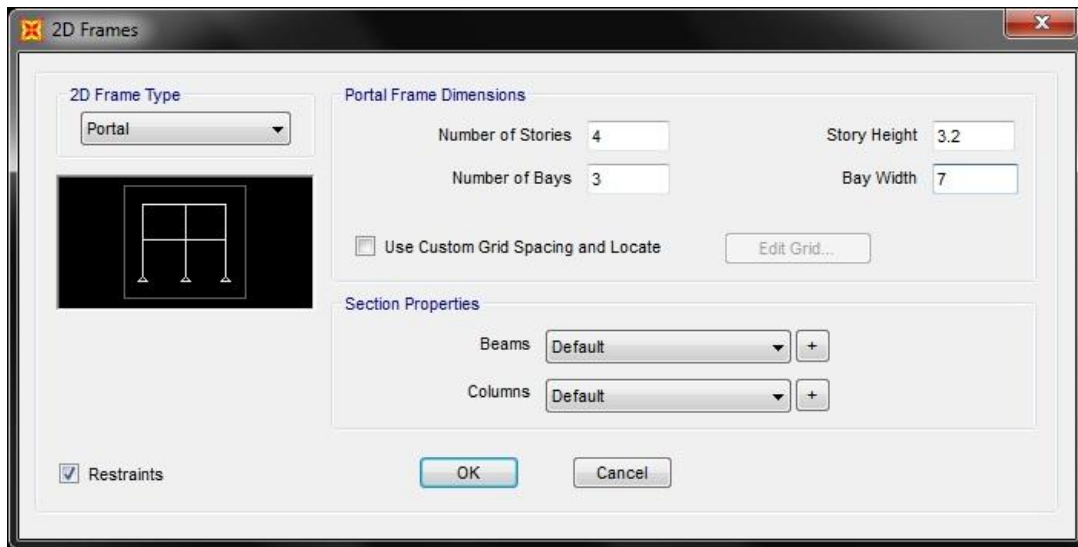
تحليل پوش آور:

ايجاد و ساخت مدل خطی سازه

برنامه sap2000 را باز می کنیم.

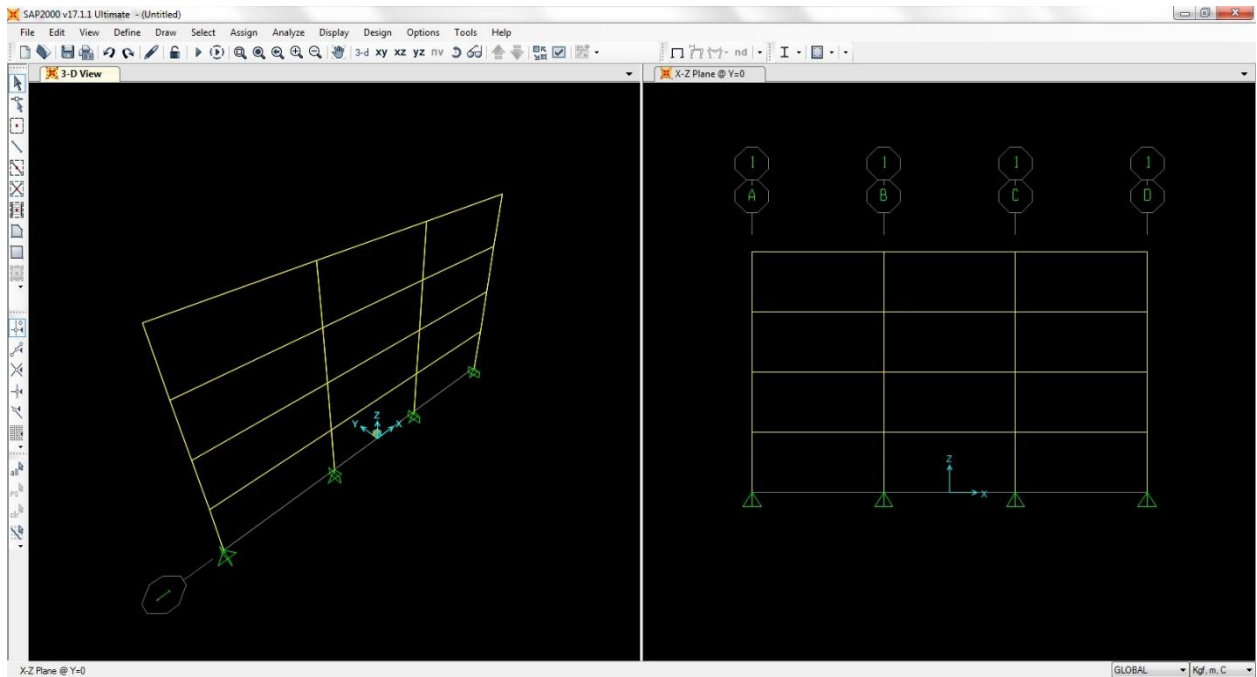
از پایین سمت راست واحد را  $kgf, m, C$  انتخاب می کنیم.

روی *New model* کلیک کرده و از فرم زیر *2D Frames* را انتخاب می کنیم و همانند شکل کامل می کنیم.



در اینجا قاب  $C$  از مدل استاتیک خطی را انتخاب کرده و تحلیل پوش آور را روی آن انجام می دهیم.

روی Ok کلیک کرده و داریم :



نقطه ی اتصال ستون ها را با دستور *Assign > Joint > Restraints ...* انتخاب کرده تا فرم *Joint Restraints* ظاهر شود که تیک همه ی گزینه ها را می زنیم.

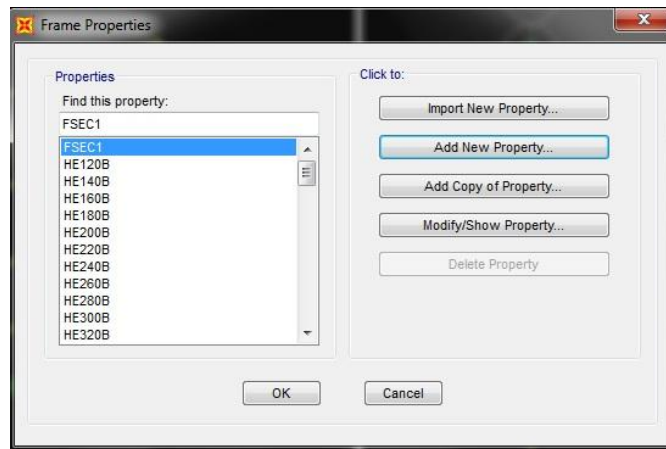


### معرفی مشخصات مصالح

روی دستور *Define > Materials ...* کلیک کرده تا فرم *Define Materials* ظاهر شود سپس روی *Add New Materials* کلیک کرده تا فرم *Material Property Data* نمایش داده شود که آن را همانند فرم زیر با نام *Steel* و با مشخصات فولاد *ST37* پر می کنیم.

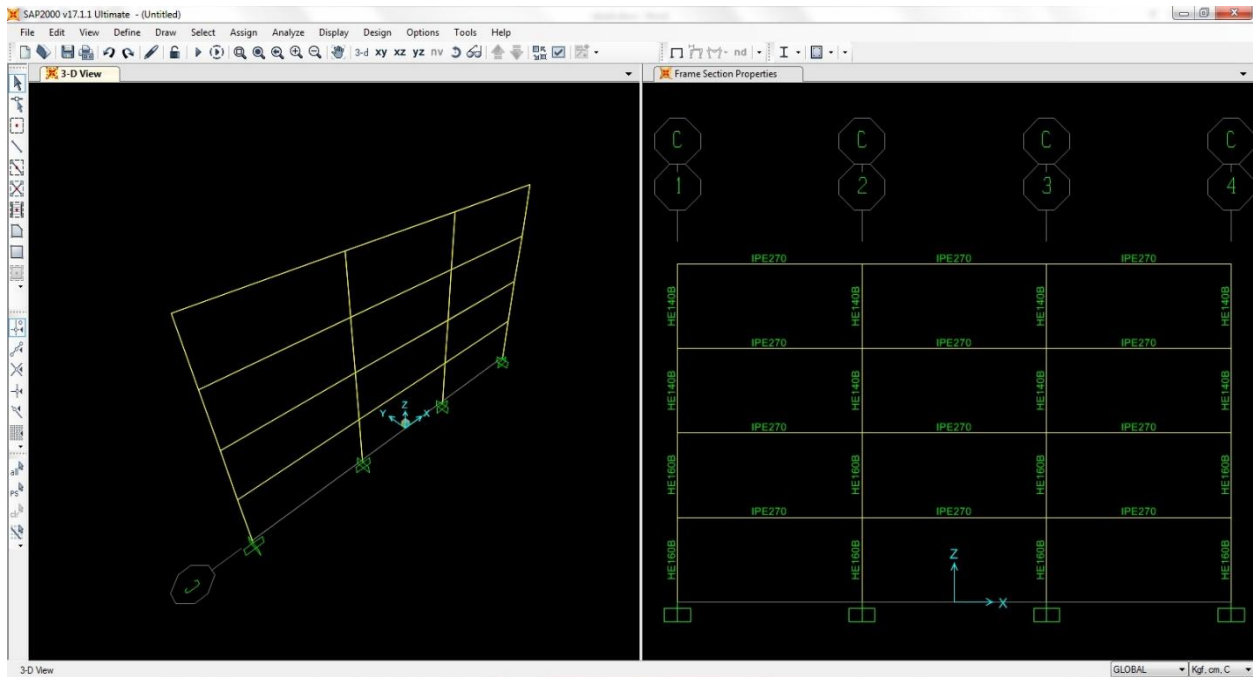
### معرفی مشخصات مقاطع اعضا

روی دستور *Define > Frame Sections ...* کلیک کرده تا فرم *Frame Propertis* ظاهر شود. روی *Import New Property* کلیک کرده و در فرم جدید روی *I / Wide Flange* کلیک می کنیم و فایل *EURO.PRO* را انتخاب می کنیم و تمام مقاطع *IPE* و *HE - B* که منطبق بر *IPB* جدول اشتال است را اضافه می کنیم.

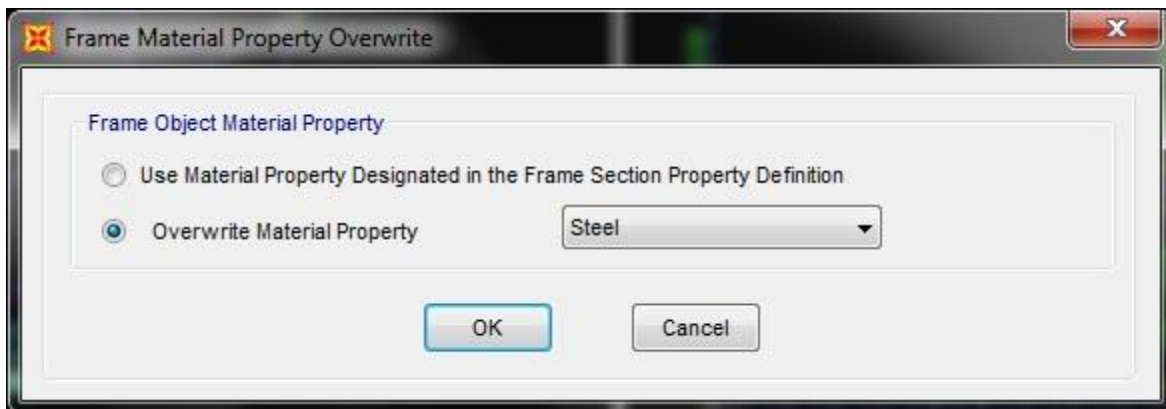


بار دیگر *Import New Property* را انتخاب می کنیم و این بار *Double Channel* را انتخاب می کنیم و مقاطع آن را اضافه می کنیم.

حال همه ی تیر های سازه را انتخاب می کنیم و روی دستور *Assign > Frame > Frame Section* کلیک می کنیم تا *Frame Propertis* باز شود که در این قسمت مقطع *IPE270* را انتخاب می کنیم. سپس در مرحله ی بعدی ستون ها را انتخاب کرده و مطابق شکل وارد می کنیم.



از نوار ابزار کناری گزینه ی *all* را انتخاب می کنیم، سپس از مسیر *Assign > Frame > Material Property Overwrite ...* ظاهر شود و آن را مانند شکل زیر تکمیل می کنیم.

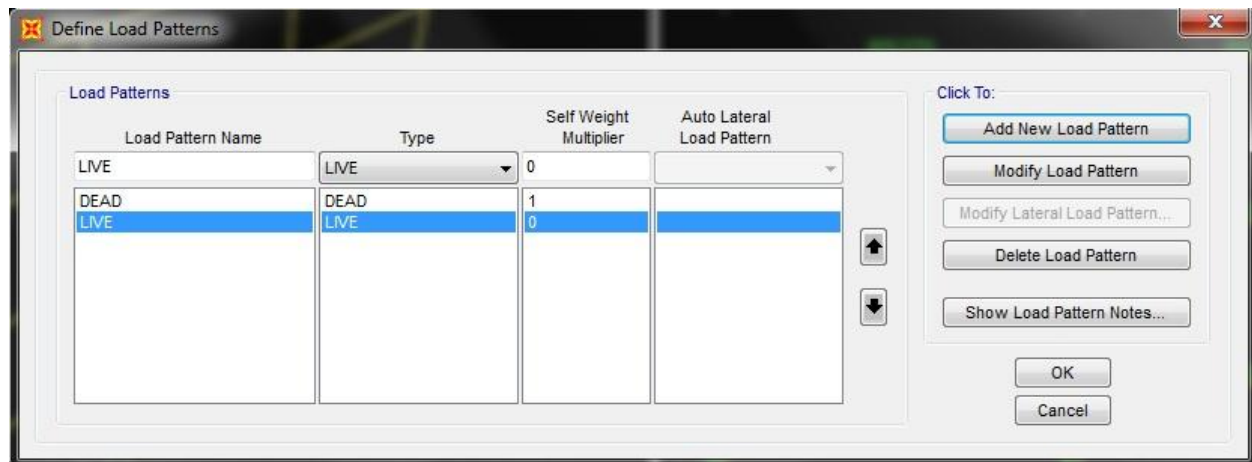




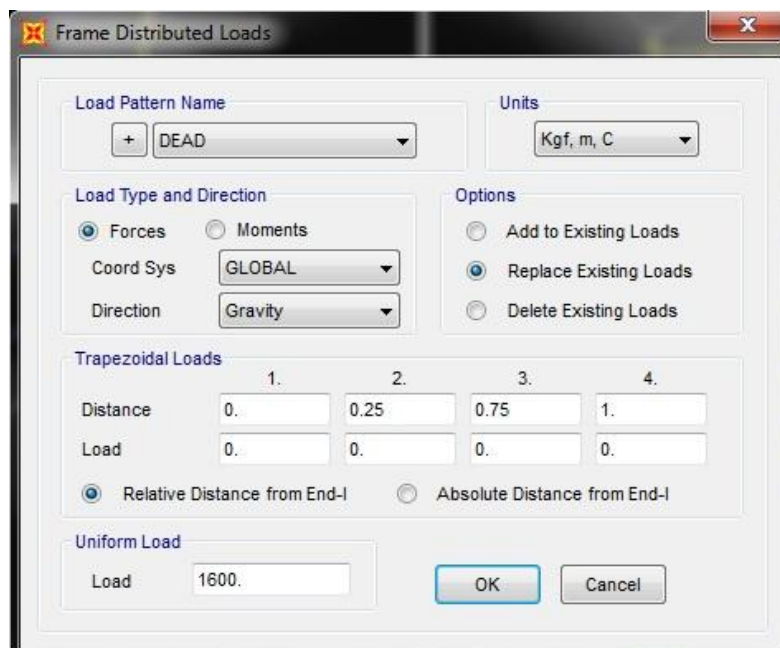
## معرفی مشخصات بارهای اعمالی

در سازه ی مورد بررسی بار مرده برابر  $1600\text{k/cm}$  و بار زنده برابر  $500\text{kg/m}$  در نظر گرفته می شود. بر اساس FEMA – 365 بارهای مرده و زنده در حال اثر کردن است که بار زنده برابر 25% بار زنده ی کاهش نیافته در نظر گرفته می شود.

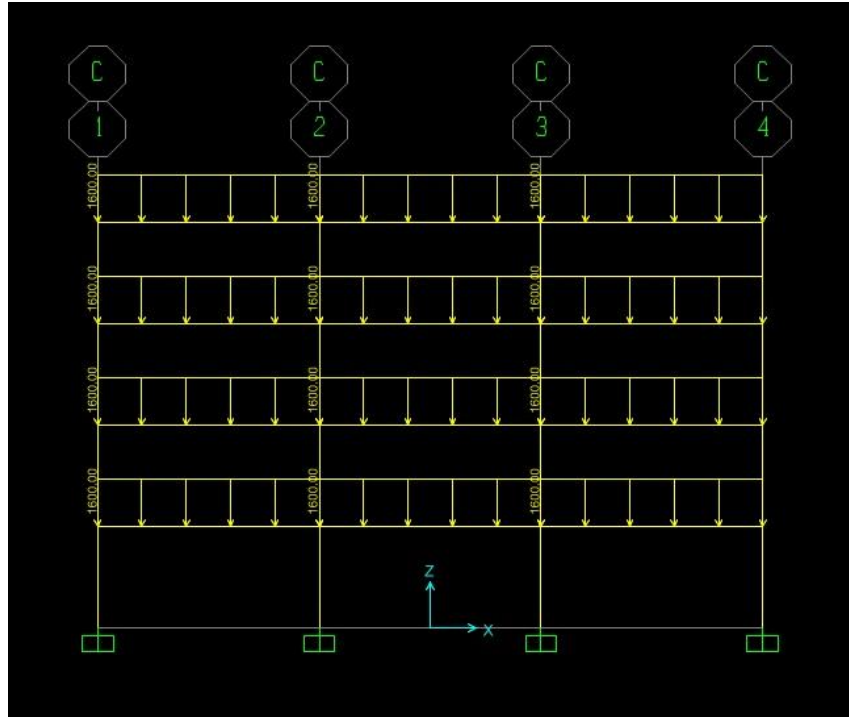
روی دستور *Define > Load Cases* کلیک کنید تا پنجره *Define Load Patterns* باز شود و آن را همانند شکل وارد می کنیم.



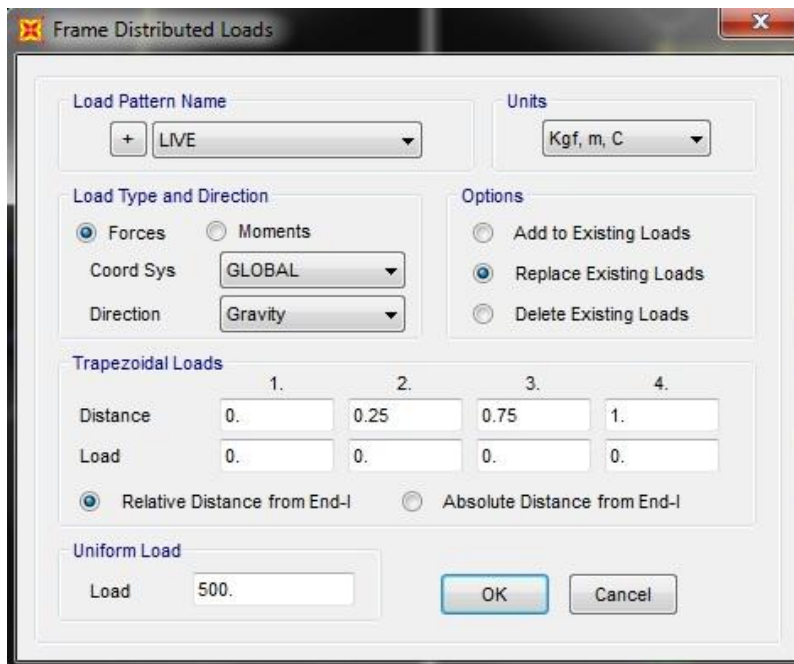
حال تمامی تیرهای سازه را انتخاب می کنیم. روی دستور *Assign > Frame Loads > Distributed ...* کلیک می کنیم تا فرم *Frame Distributed Loads* نمایش داده شود. برای اختصاص بارها همانند شکل بارها را وارد می کنیم.



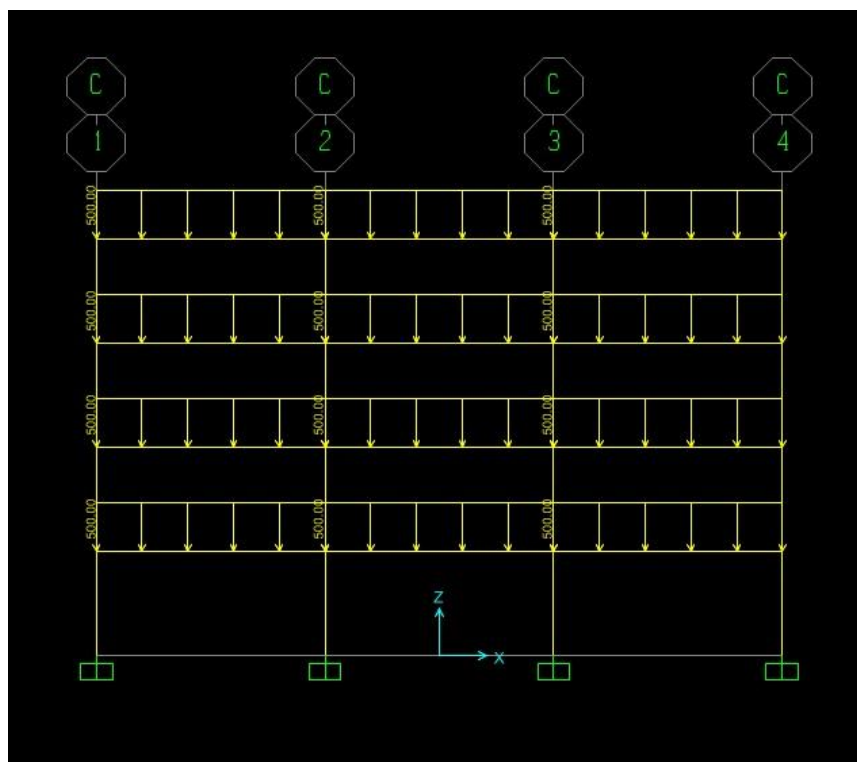
و داریم :



حال با دکمه ی ps تیرهای سازه را انتخاب کرده و بار زنده را طبق شکل های زیر اختصاص می دهیم :

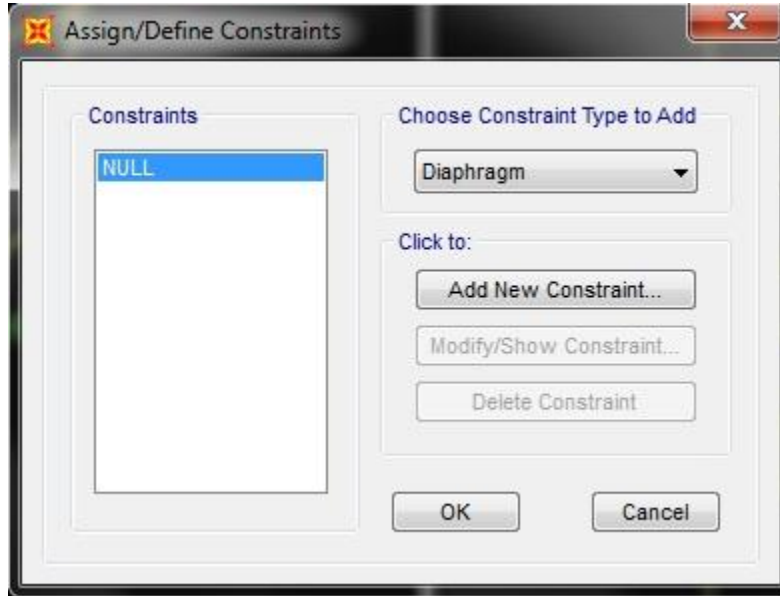


و داریم :

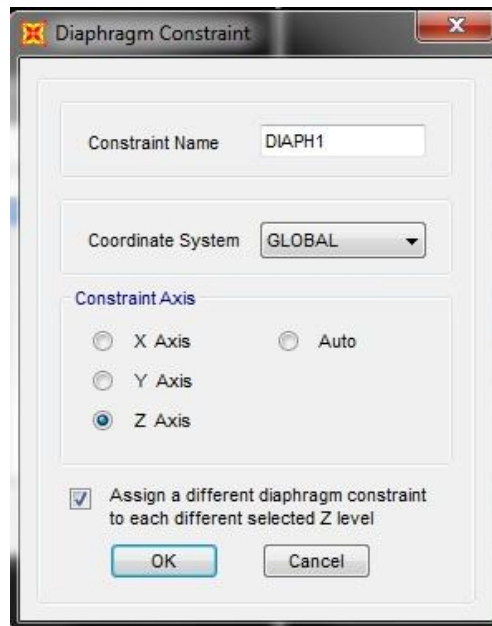


معرفی و اختصاص مشخصات دیافراگم صلب به طبقات

در سازه مورد نظر عملکرد سقف دیافراگم طبقات به صورت صلب می باشد. پس تمام گره های طبقات را انتخاب می کنیم ، روی دستور *Assign > Joint > Constraints ...* کلیک کرده و در فرم *Assign/Define Constraints* در قسمت *Choose Constraint Type to Add* از لیست کشویی گزینه ی *Diaphragm* را انتخاب می کنیم.



سپس روی *Add New Constraint* کلیک می کنیم. مشخصات را مانند شکل زیر انتخاب می کنیم. فعال کردن *Assign a Different..* باعث می شود به هر تراز *Z* یک دیافراگم تخصیص داده شود.



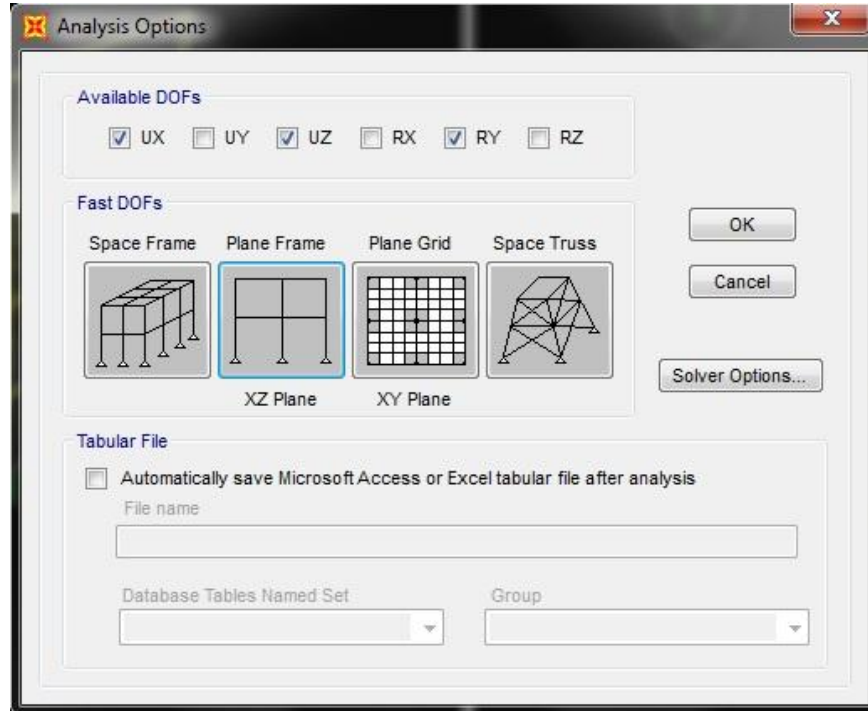
معرفی وزن موثر ساختمان در هنگام زلزله

بر اساس آیین نامه ی 2800 وزن موثر ساختمان برابر بار مرده بعلاوه ی 20٪ بار زنده ، که برای تعریف آن روی دستور *Define > Mass Source* کلیک می کنیم تا فرم *Mass Source* ظاهر شود و گزینه ی *Modify/Show Mass Source* که به صورت زیر پر می کنیم.

Load Pattern	Multiplier
LIVE	0.2
DEAD	1
LIVE	0.2

آنالیز مدل خطی سازه

روی دستور ... *Analyze > Set Analysis Options* کلیک می کنیم تا فرم *Analysis Options* نمایش داده شود و مانند شکل زیر پر می کنیم.

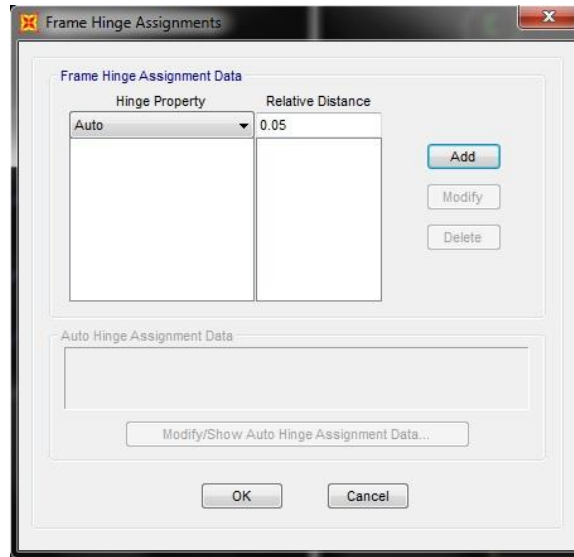


تعریف مشخصات مفاصل پلاستیک در تیرها

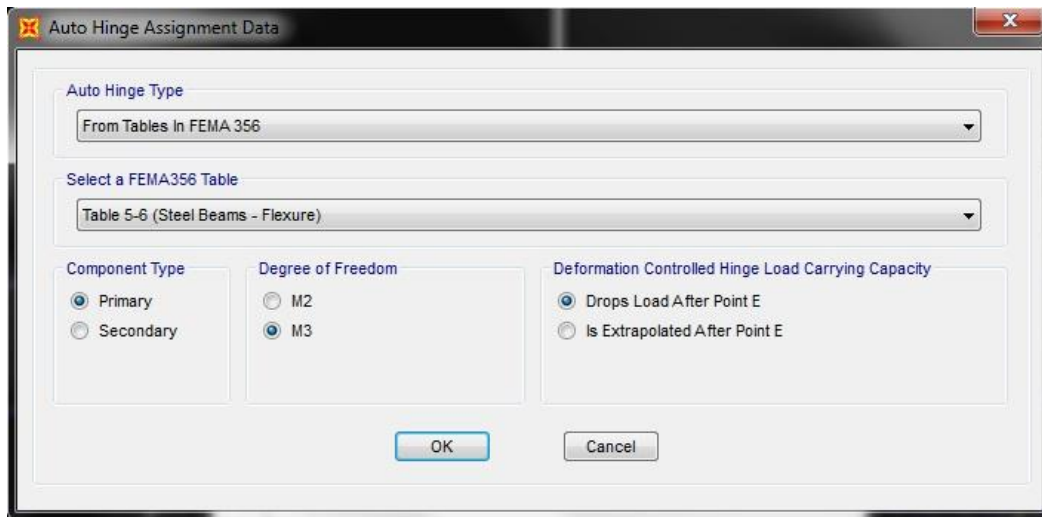
مفاصل در نظر گرفته شده به صورت خودکار برای تیرها در نرم افزار SAP بدون در نظر گرفتن اثرات لاغری در بال و جان مقطع و در جهت اطمینان اعمال می شود.

## تعریف مفاصل پلاستیک

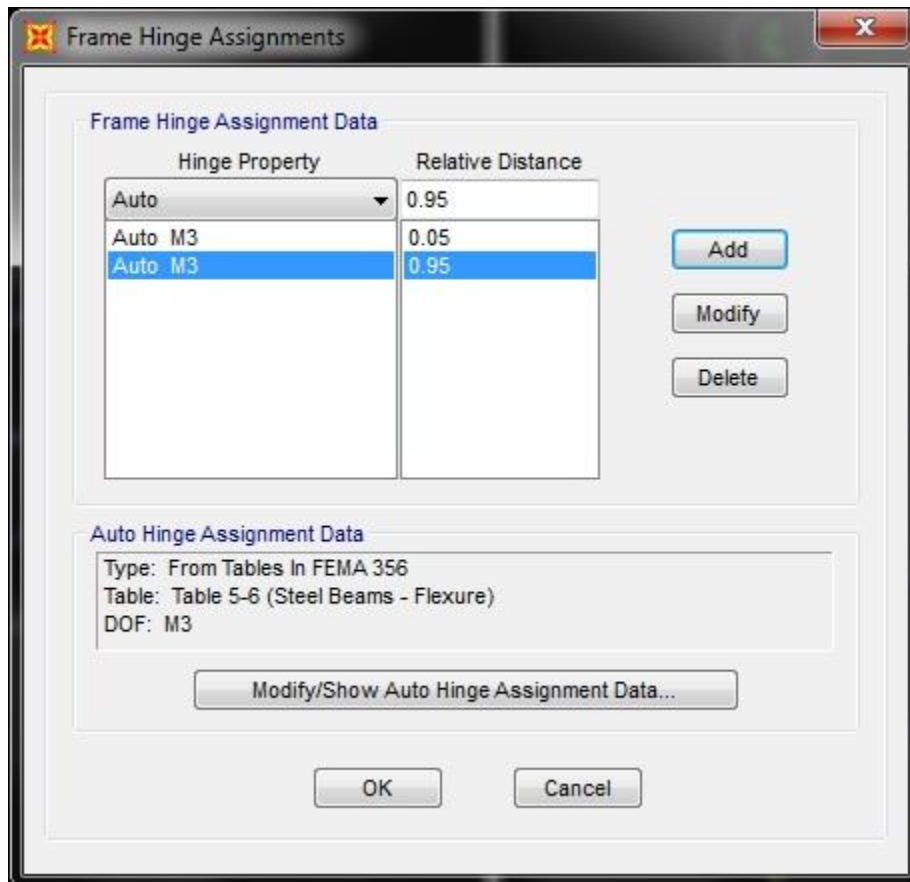
تمامی تیرها را انتخاب می کنیم سپس از مسیر *Assign > Frame > Hinges ...* به فرم *Frame Hinges Assingment* می رسیم، حال در قسمت *Relative Distance* عدد 0.05 را وارد می کنیم.



حال روی گزینه ی *Add* می زنیم و در فرم جدید *Auto Hinge Assingment* مشخصات را مانند شکل زیر وارد می کنیم.

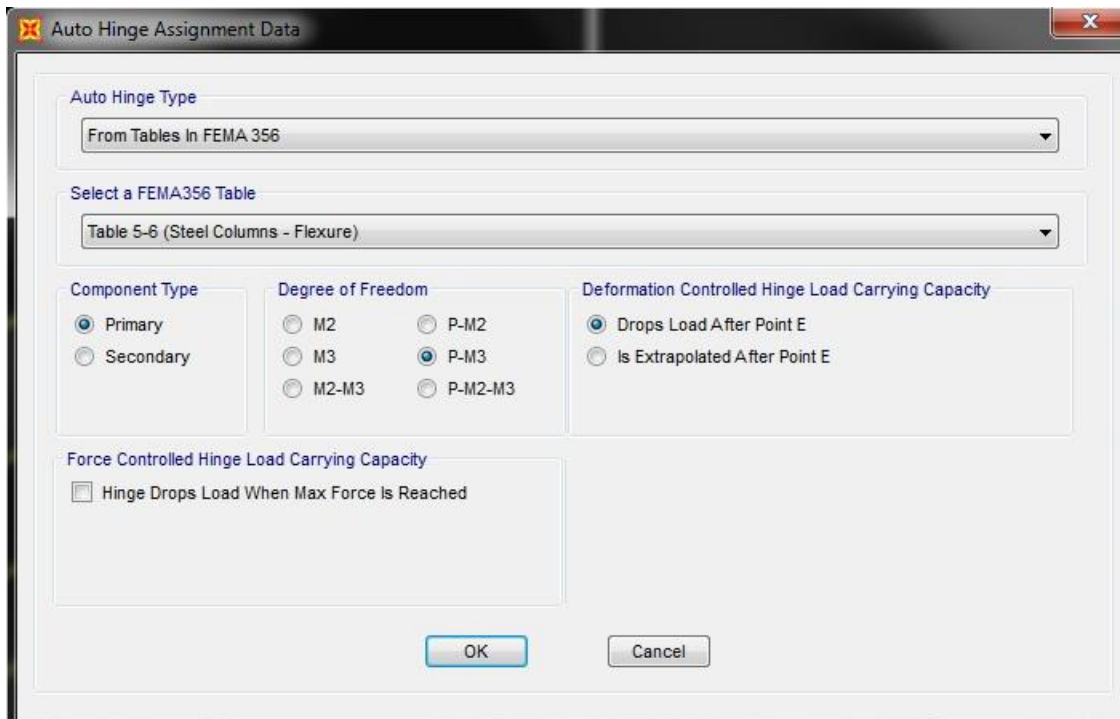


همین مراحل را با *Relative Distance* ، 0.95 تکرار می کنیم و در آخر داریم:

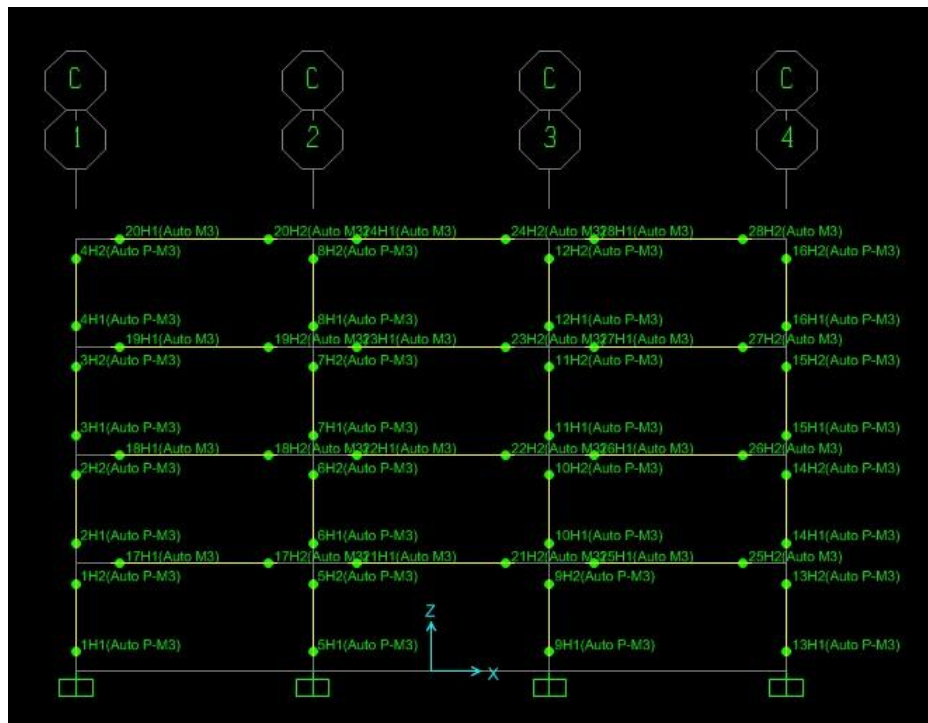




همه ی این مراحل را برای ستون ها در *Relative Distance* 0.05 و 0.95 وارد می کنیم ولی در منوی *Auto Hinge Assingment* مشخصات را مانند شکل زیر وارد می کنیم :



در آخر داریم :



### معرفی مشخصات الگوهای بارگذاری در آنالیز استاتیکی غیرخطی

برای معرفی بار جانبی باید ضریب برش پایه را بدست بیاوریم و برای محاسبه ی ضریب برش پایه از آیین نامه ی 2800 استفاده می کنیم :

$$T = \alpha H^{3/4} = 0.08 \times (12.8)^{3/4} = 0.5414$$

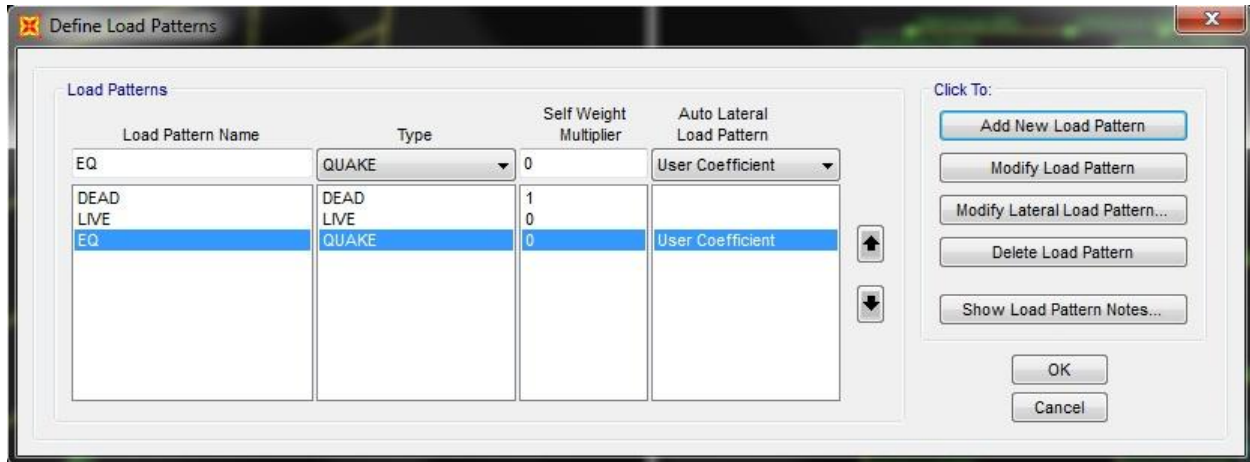
$$T > T_s \rightarrow B = (S + 1) \left( \frac{T_s}{T} \right)^{2/3} = (1.5 + 1) \left( \frac{0.5}{0.5414} \right)^{2/3} = 2.371$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.25 \times 2.371 \times 1}{5} = 0.11855$$

$$k = 0.5T + 0.75 \quad , \quad 0.5 < T < 2.5 \text{ برای}$$

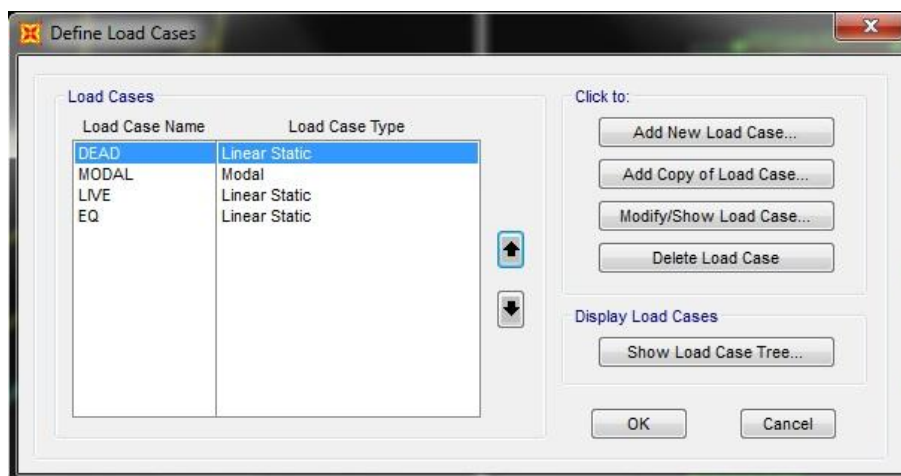
$$0.5 < T < 2.5 \rightarrow k = 0.5 \times 0.5414 + 0.75 = 1.0207$$

روی دستور *Define > Load Pattern* کلیک می کنیم و بار *EQ* را با مشخصات زیر تعریف می کنیم.

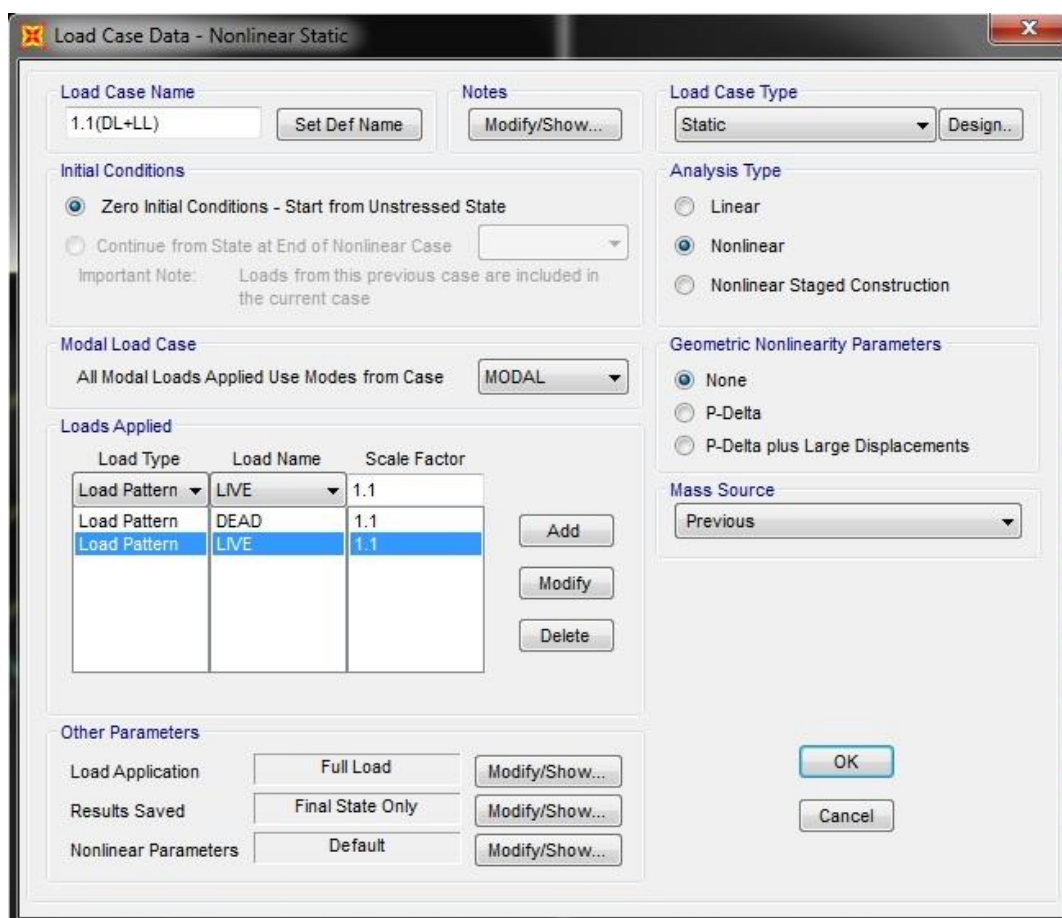


روی گزینه ی *Modify Lateral Load Pattern ...* کلیک می کنیم، کادر باز شده را مانند شکل زیر پر می کنیم.

حال روی دستور *Define > Load Cases ...* کلیک می کنیم تا فرم زیر ظاهر شود.



برای معرفی بار ثقلی سازه روی *Add New Load Case ...* کلیک می کنیم تا فرم *Analysis Case Data* نشان داده شود، در این فرم طبق *FEMA – 365* ترکیب بار *1.1(DL + LL)* معرفی می شود و گزینه ی *nonlinear* را فعال کرده و این فرم را مانند شکل زیر کامل می نماییم.



قسمت *Other Parameters* نیازی به تغییر ندارد. پس *OK* را می زنیم.

برای معرفی مشخصات آنالیز تحت اثر الگوی بار جانبی *Add New Load Case ...* را کلیک کرده و ترکیب بار *EQ* را طبق شکل زیر وارد می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name: EQ [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case 1.1(DL+LL) [v]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL [v]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern [v]	EQ [v]	1
Load Pattern [v]	EQ [v]	1

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

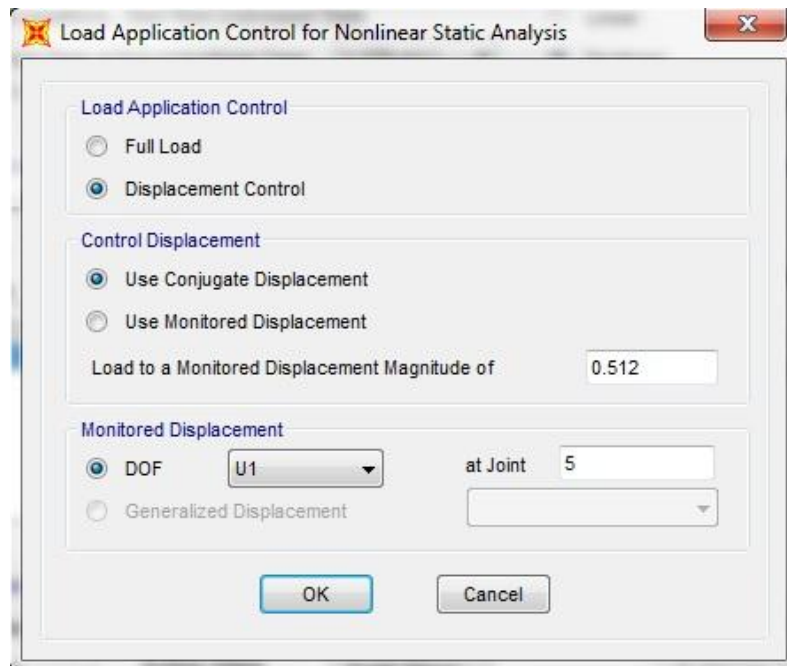
Mass Source: Previous [v]

Other Parameters:

- Load Application: Displ Control [Modify/Show...]
- Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

در قسمت *Other Parameters* در سطر *Load Application* دکمه ی *Modify/Show ...* را می زنیم و کادر جدید را مانند شکل زیر پر می کنیم.

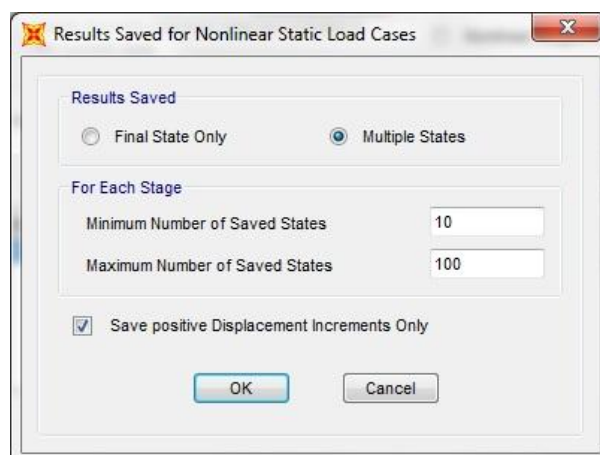


استفاده از گزینه ی *Displacement Control* باعث می شود تا بار اعمالی به سازه آنقدر افزایش بیابد که سازه ناپایدار شود. استفاده از گزینه ی *Use Conjugate Displacement* باعث بوجود آمدن یک میان گیری وزنی از تمام تغییر مکان های سازه می شود.

در قسمت *Load to a Monitored Displacement Magnitude of* مقدار تغییر مکان هدف محاسبه شده توسط نرم افزار را در نظر می گیریم که مقدار آن برابر با  $0.04H = 0.04 \times 12.8 = 0.512m$  می باشد ( $H$  ارتفاع ساختمان می باشد).

قسمت *Monitored Displacement* نیازی به تغییر ندارد.

به *Other Parameters* بر می گردیم و روبروی *Results Saved* دکمه ی *Modify/Show ...* را کلیک می کنیم و طبق شکل زیر ویرایش می کنیم.



به *Other Parameters* بر می گردیم. قسمت *nonlinear Parametrs* نیازی به تغییر ندارد.

به فرم *Define Load Cases* بر می گردیم، روی گزینه ی *EQ* رفته و *Add Copy of Load Cases* را می زنیم و طبق شکل زیر تغییرات را اعمال می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name: Uniform [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design..]

Initial Conditions:
 

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case 1.1(DL+LL) [v]

 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:
 

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL [v]

Geometric Nonlinearity Parameters:
 

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous [v]

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1
Accel	UX	-1

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:
 

- Load Application: Displ Control [Modify/Show...]
- Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

دوباره به فرم *Define Load Cases* بر می گردیم، روی گزینه ی *EQ* رفته و *Add Copy of Load Cases* را می زنیم و طبق شکل زیر تغییرات را اعمال می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name: Mode1 Set Def Name Modify/Show... Notes: Modify/Show... Load Case Type: Static Design..

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case 1.1(DL+LL) ▼

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL ▼

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1
Mode	1	1

Add Modify Delete

Analysis Type

Linear

Nonlinear

Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters

None

P-Delta

P-Delta plus Large Displacements

Mass Source

Previous ▼

Other Parameters

Load Application: Displ Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

پس داریم :

**Define Load Cases**

Load Case Name	Load Case Type
DEAD	Linear Static
MODAL	Modal
LIVE	Linear Static
EQ	Linear Static
1.1(DL+LL)	Nonlinear Static
EQ Pattern	Nonlinear Static
Uniform	Nonlinear Static
Mode1	Nonlinear Static

Click to:

Add New Load Case...

Add Copy of Load Case...

Modify/Show Load Case...

Delete Load Case

Display Load Cases

Show Load Case Tree...

OK Cancel

تعيين مشخصات طيف پاسخ براي سطح خطر مورد نياز

ابتدا طيف پاسخ براي سطح خطر 1 معرفي مي شود. براي اين كار در *Excel* مقدار ضريب بازتاب  $B$  و پريود  $T$  را به ترتيب از زمان 0 تا 5.9 ثانيه با فرمول هاي زير وارد مي كنيم :

$$\left( \begin{array}{l} 0 \leq T_e \leq T_0 \\ T_0 \leq T_e \leq T_s \\ T_e > T_s \end{array} \right) \rightarrow \left( \begin{array}{l} B = 1 + S \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \\ B = 1 + S \\ B = 1 + S \left( \frac{T_s}{T_e} \right)^{2/3} \end{array} \right)$$



پس داریم :

1	T	B
2	0	1
3	0.1	2.5
4	0.2	2.5
5	0.3	2.5
6	0.4	2.5
7	0.5	2.5
8	0.6	2.2139
9	0.7	1.9977
10	0.8	1.8275
11	0.9	1.6895
12	1	1.5749
13	1.1	1.4779
14	1.2	1.3947
15	1.3	1.3222
16	1.4	1.2584
17	1.5	1.2019
18	1.6	1.1513
19	1.7	1.1057
20	1.8	1.0643
21	1.9	1.0266
22	2	0.9921
23	2.1	0.9604
24	2.2	0.931
25	2.3	0.9039
26	2.4	0.8786
27	2.5	0.855
28	2.6	0.8329
29	2.7	0.8122
30	2.8	0.7928
31	2.9	0.7744

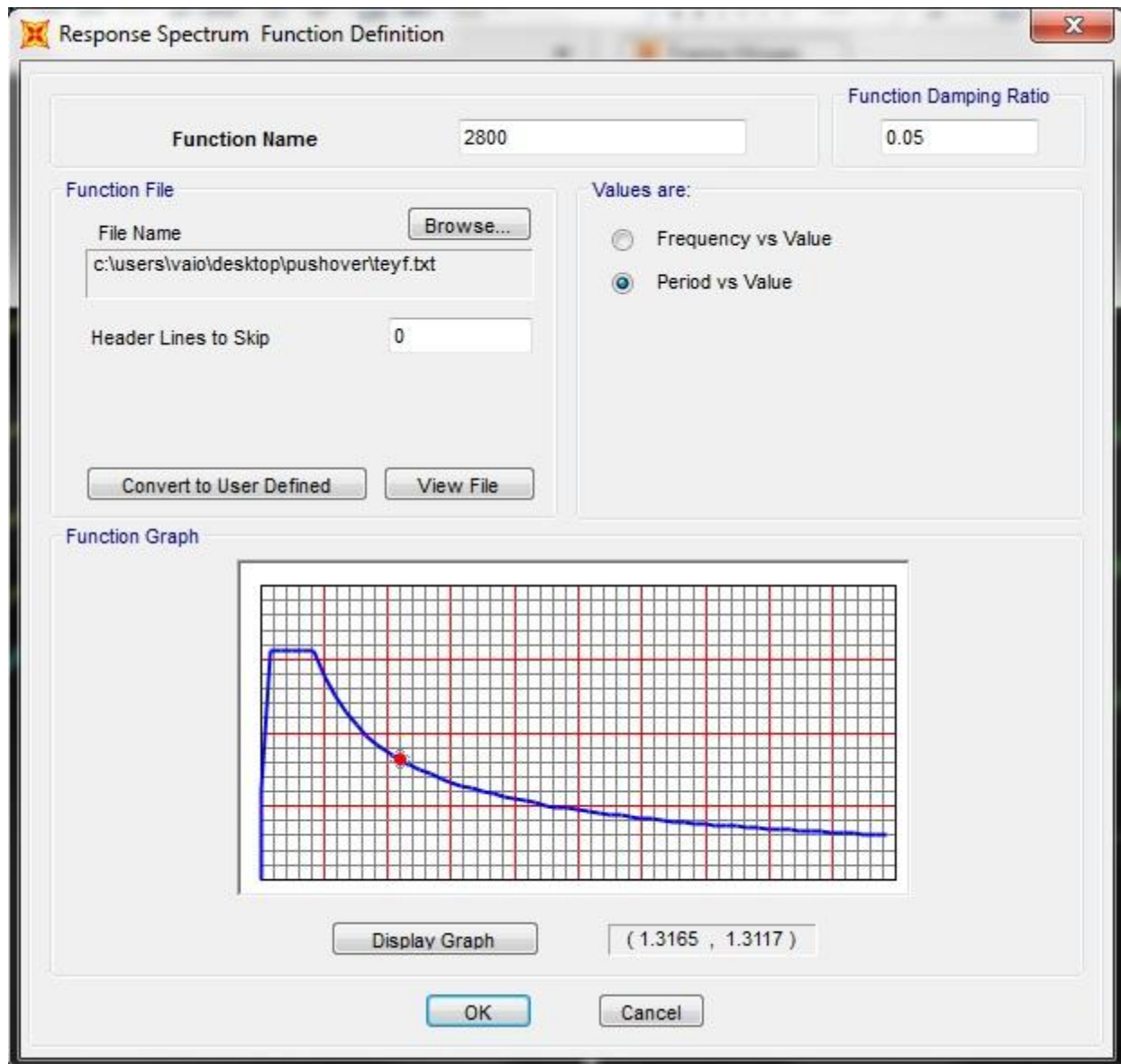
32	3	0.7571
33	3.1	0.7408
34	3.2	0.7252
35	3.3	0.7105
36	3.4	0.6965
37	3.5	0.6832
38	3.6	0.6705
39	3.7	0.6583
40	3.8	0.6467
41	3.9	0.6356
42	4	0.625
43	4.1	0.6148
44	4.2	0.605
45	4.3	0.5956
46	4.4	0.5865
47	4.5	0.5778
48	4.6	0.5694
49	4.7	0.5613
50	4.8	0.5535
51	4.9	0.5459
52	5	0.5386
53	5.1	0.5315
54	5.2	0.5247
55	5.3	0.5181
56	5.4	0.5117
57	5.5	0.5055
58	5.6	0.4994
59	5.7	0.4936
60	5.8	0.4879
61	5.9	0.4823

سپس از Excel خروجی *Text(Tab delimited)(\*.txt)* می گیریم .

حال از مسیر *Define > Functions > Response Spectrum ...* به کادر *Define Response Spectrum Functions* می رسم.

در قسمت *Choose Function Type to Add* گزینه ی *From File* را انتخاب کرده و *Add New Function* را کلیک می کنیم.

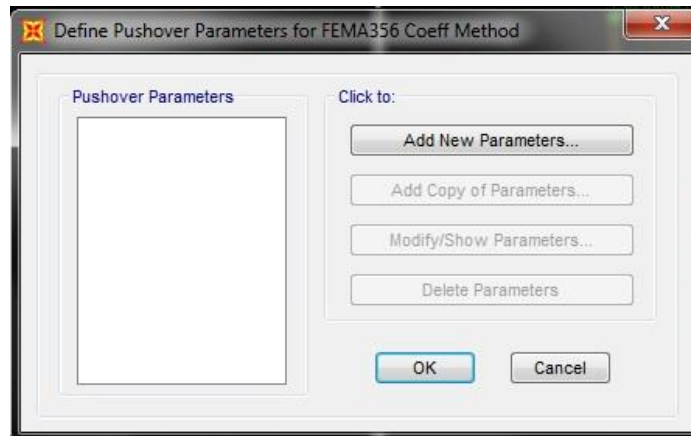
در کادر جدید در قسمت *Values are* ، *Period vs Value* را انتخاب می کنیم و در قسمت *Browse Function File* را می زنیم و فایل *txt* ذخیره شده را انتخاب می کنیم که گراف مورد نظر را در پایین کادر می بینیم.



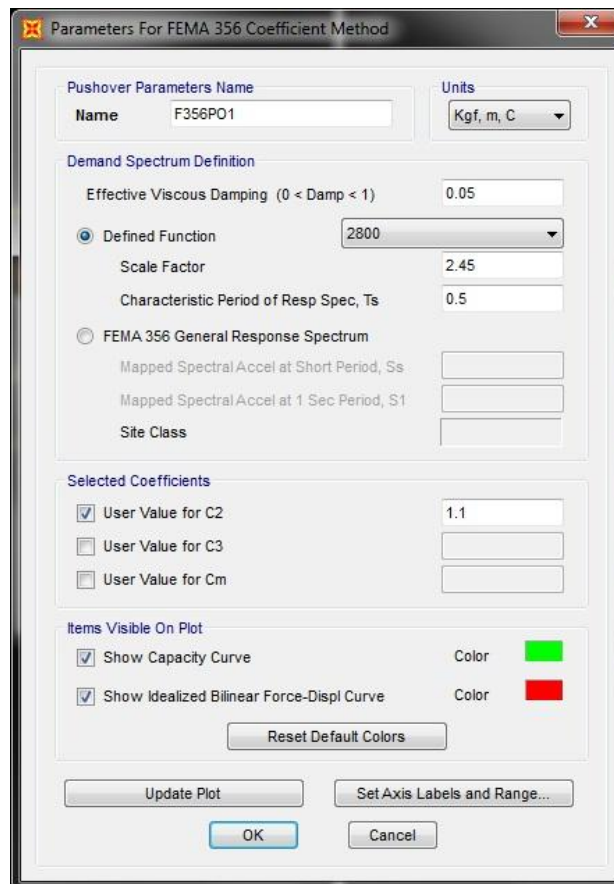
روی دکمه *OK* کلیک کرده تا به صفحه ی اصلی برنامه بازگردیم.

اختصاص پارامترهای تعیین "تغییر مکان هدف بر اساس FEMA – 356" و "نقطه عملکرد بر اساس  
"ATC – 40"

روی دستور *Define > Pushover Parameter Sets > FEMA – 356 Coefficient Method* کلیک می  
کنیم.



روی *Add New Parameter* کلیک کرده مشخصات آن را مانند شکل زیر به آن تخصیص می دهیم.



به صفحه ی اصلی باز می گردیم.

روی دستور *Define > Pushover Parameter Sets > ATC – 40 Capacity Spectrum* کلیک می کنیم.

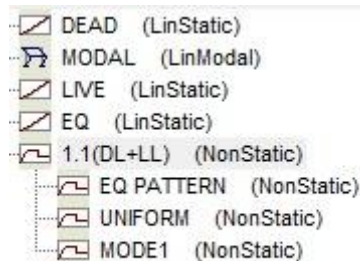
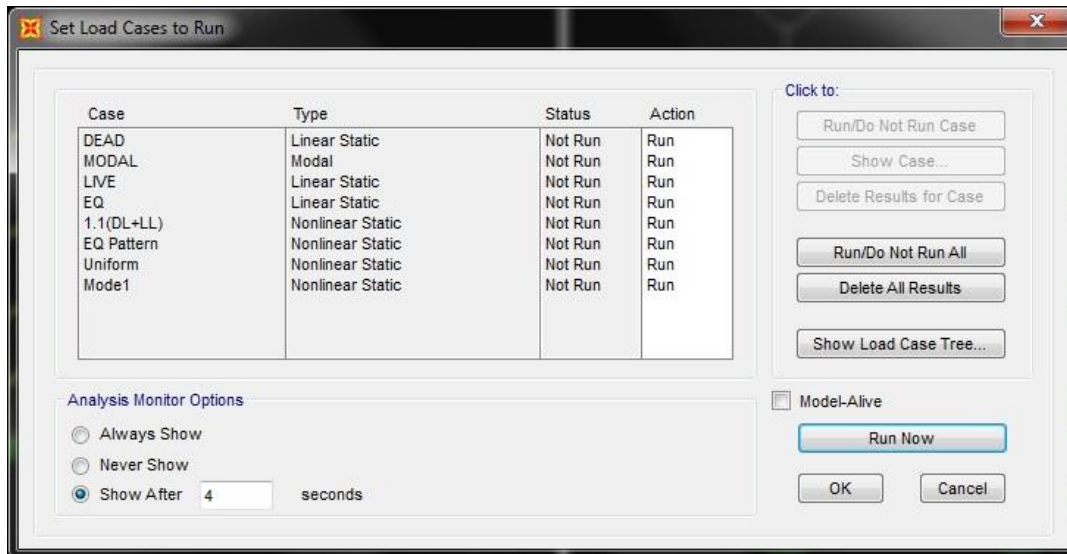
در پنجره ی باز شده، روی *Add New Parameter* کلیک کرده و فرم باز شده را مانند شکل زیر پر می کنیم.

$SF$  را از رابطه مقابل بدست می آوریم:

$$SF = A \times g = 0.25 \times 9.81 = 2.45 \text{ m/s}^2$$

## آنالیز مدل غیرخطی اولیه ی سازه

حال برای آنالیز مدل غیرخطی اولیه ی سازه روی دکمه ی *Run* کلیک می کنیم. در پنجره ی *Set Load Cases to Run* روی گزینه ی *Show Load Cases Tree* نمایش داده شود، در منوی جدید روی گزینه ی *Expand All* کلیک کرده تا تمامی حالت های آنالیز نمایش داده شود.

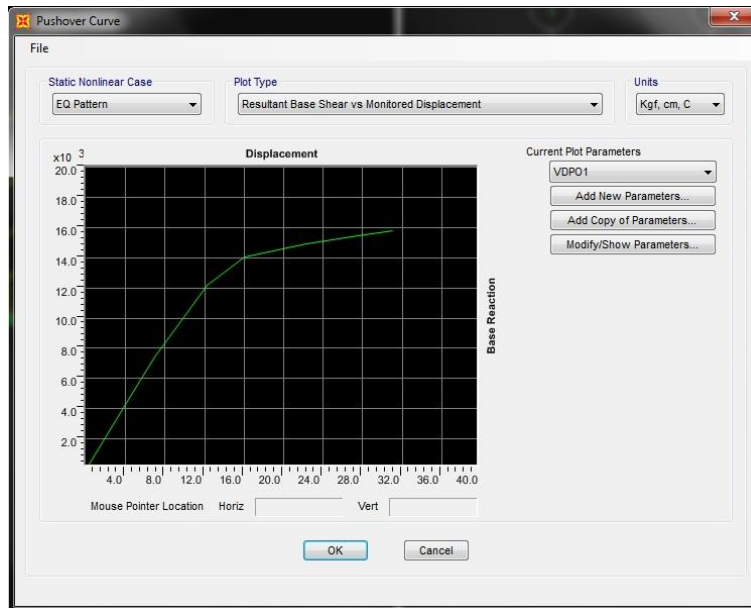


به فرم *Set Load Cases to Run* باز می گردیم و روی گزینه ی *Run Now* کلیک می کنیم.

روی دستور *Disply > Show Static Pushover Curve ...* کلیک می کنیم تا فرم *Pushover Curve* نمایش داده شود.

در این فرم از منوی کشویی *Static Nonlinear Cases* نام الگوی بارگذاری انتخاب می شود. از منوی کشویی *Plot Type* نوع نمودار نمایش داده شده مشخص می شود.

اگر از قسمت *Plot Type* گزینه *Resultant Base Shear vs Monitored Displacement* و از قسمت *Static Nonlinear Cases* بار *EQ Pattern* را انتخاب می کنیم تا منحنی نمایش داده شود.



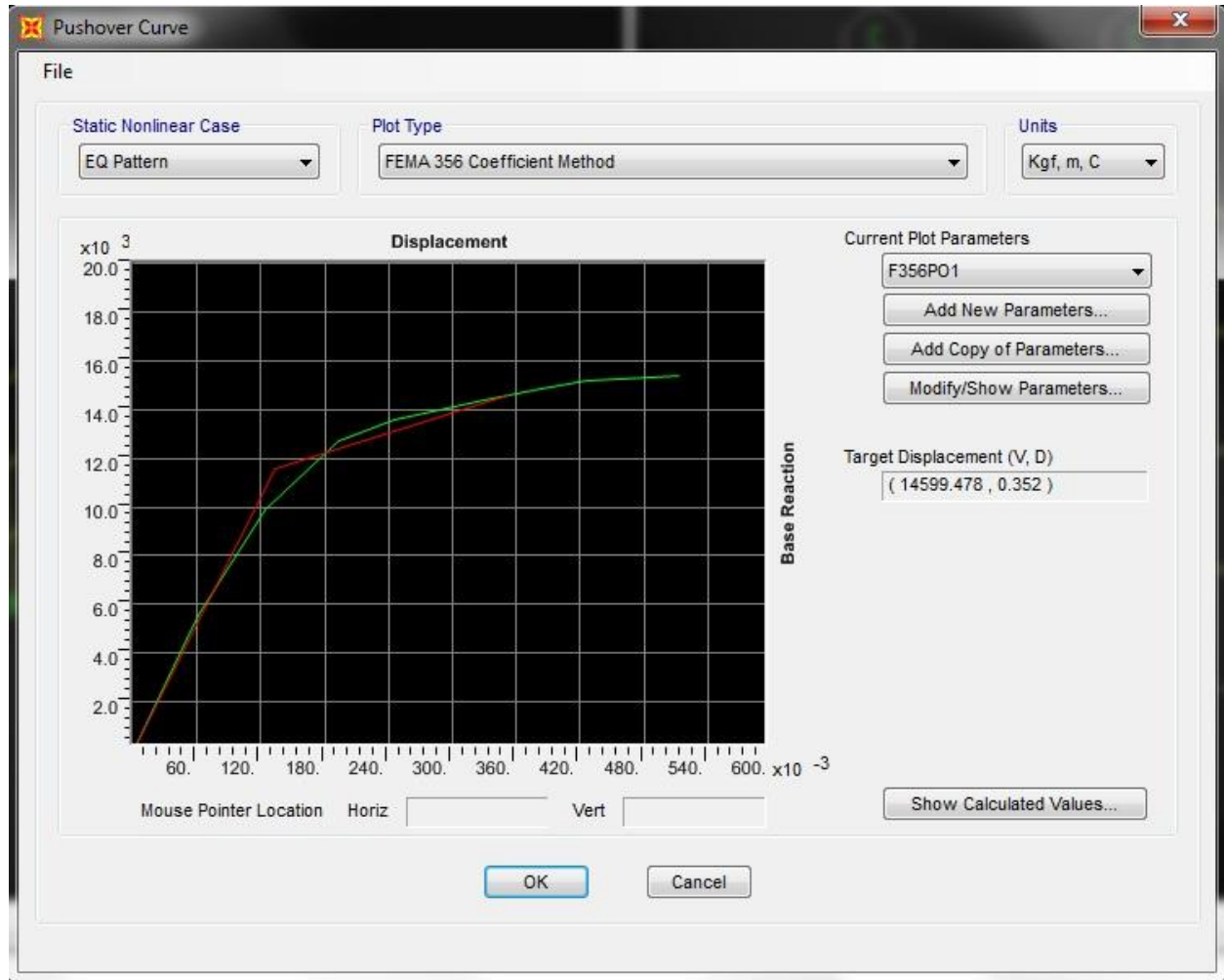
حال در منوی *Pushover Curve* روی *File* در بالا کلیک کرده و *Display Tables* را انتخاب می کنیم و روی *Step* های مختلف مقادیر را مشاهده کنیم.

	LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce Kgf	AtoB Unitless	BtoO Unitless	IOtoLS Unitless	LStoCP Unitless	CPToC Unitless	CtoD Unitless	DtoE Unitless
	EQ Pattern	0	3.022E-15	0	56	0	0	0	0	0	0
	EQ Pattern	1	5.12	5505.51	56	0	0	0	0	0	0
	EQ Pattern	2	6.925481	7446.94	55	1	0	0	0	0	0
	EQ Pattern	3	12.231605	12187.4	48	5	0	1	1	1	1
	EQ Pattern	4	16.003181	14054.81	39	6	4	1	2	4	4
	EQ Pattern	5	22.226963	14920.24	36	2	3	3	2	10	10
	EQ Pattern	6	27.444008	15465.71	35	1	3	1	1	15	15
	EQ Pattern	7	30.974879	15813.44	33	3	2	1	1	16	16

## مشاهده ی نمودار پوش آور "تغییر مکان هدف بر اساس FEMA – 356"

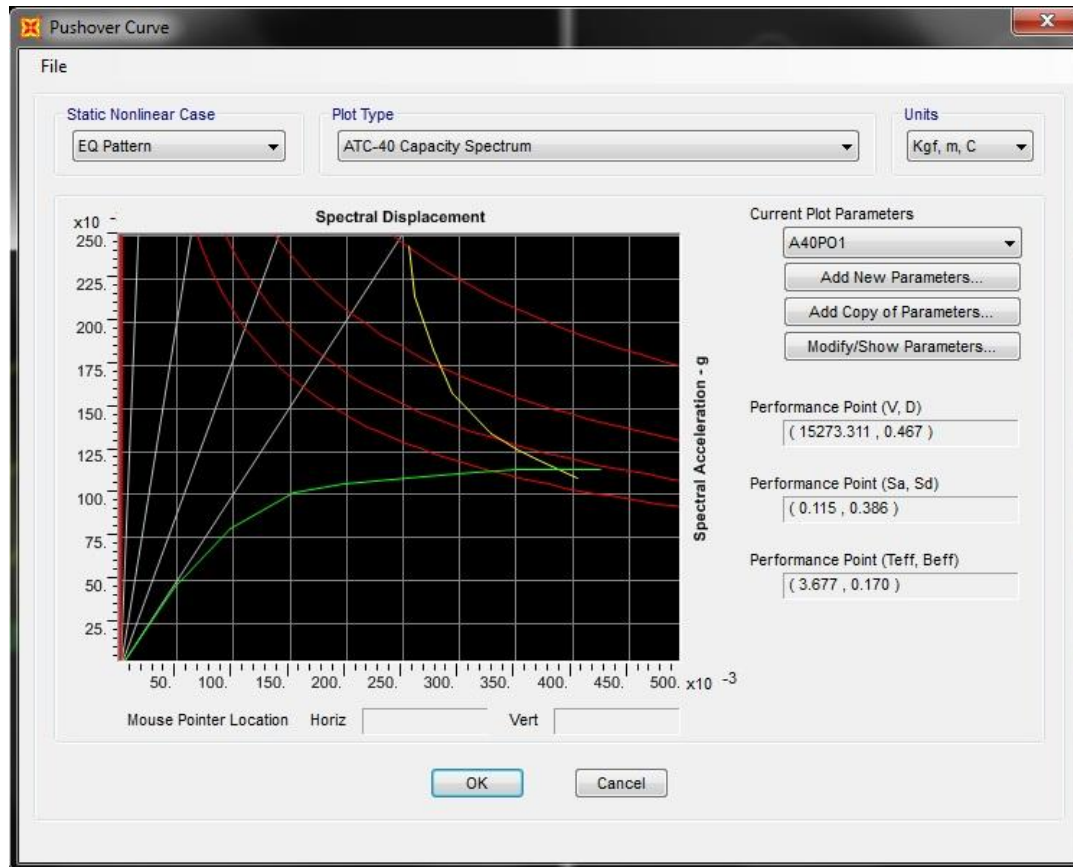
منحنی بعدی منحنی تغییر مکان هدف بر اساس FEMA – 356 می باشد که برای مشاهده ی آن از قسمت *Plot Type* گزینه ی *Fema 356 Coefficient Method* انتخاب می شود تا نمودار آن نمایش داده شود.

در قسمت *Target Displacement* ، مقدار جابجایی و برش در تغییر مکان هدف آورده شده است.



مشاهده ی نمودار پوش اور "نقطه عملکرد بر اساس  $ATC - 40$ "

برای مشاهده ی نقطه عملکرد بر اساس  $ATC - 40$  از قسمت *Plot Type* گزینه ی *ATC - 40 Capacity Spectrum* انتخاب می شود تا نمودار آن نمایش داده شود.



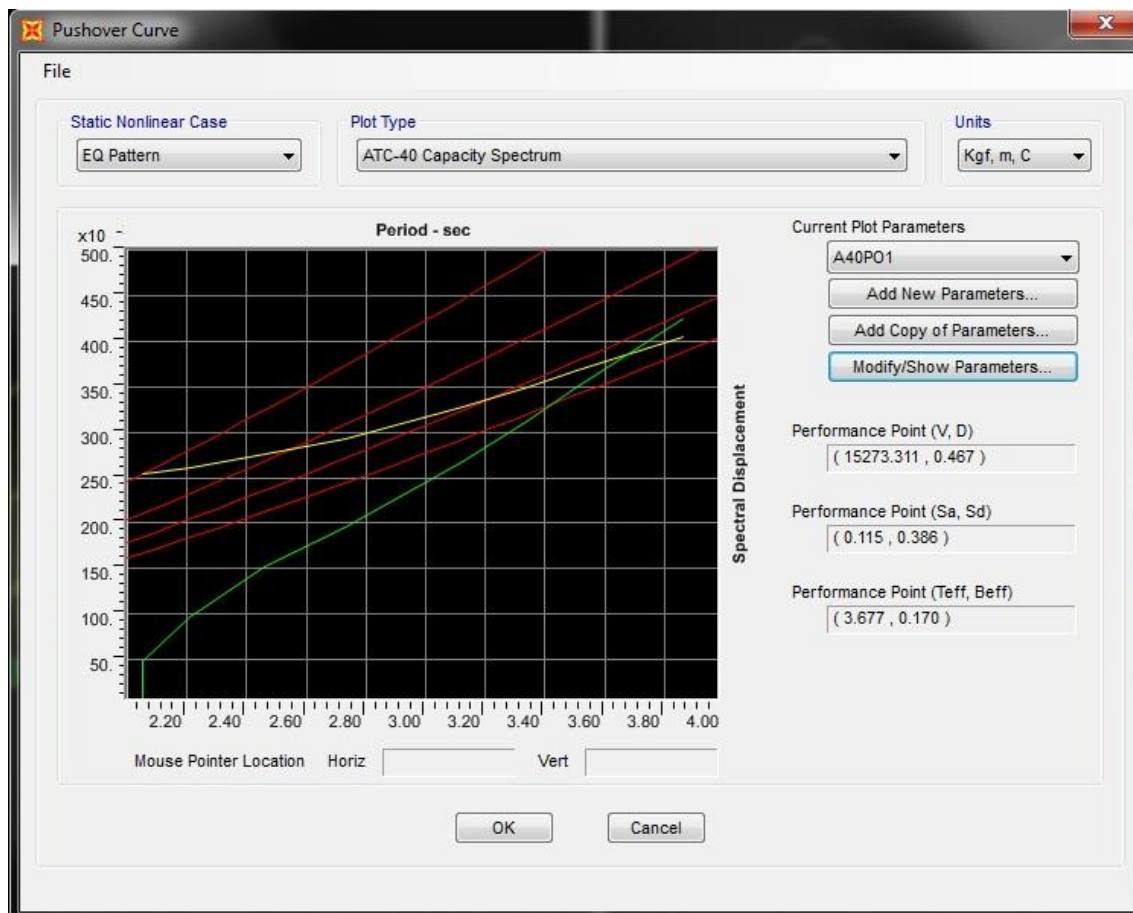
در فرم بالا کادر *Performance Point (V, D)* نشان دهنده ی جابجایی افقی و برش پایه، کادر *Performance Point (Sa, Sd)* نشان دهنده ی جابجایی طیفی و شتاب طیفی و *Performance Point (Teff, Beff)* نشان دهنده ی میرایی و زمان تناوب موثر سازه در نقطه ی عملکرد می باشد.

همینطور در منوی *Pushover Curve* روی *File* در بالا کلیک کرده و *Display Tables* را انتخاب می کنیم که در *Step* های مختلف می توانیم این شش ویژگی نام برده را در جدول مشاهده نماییم.

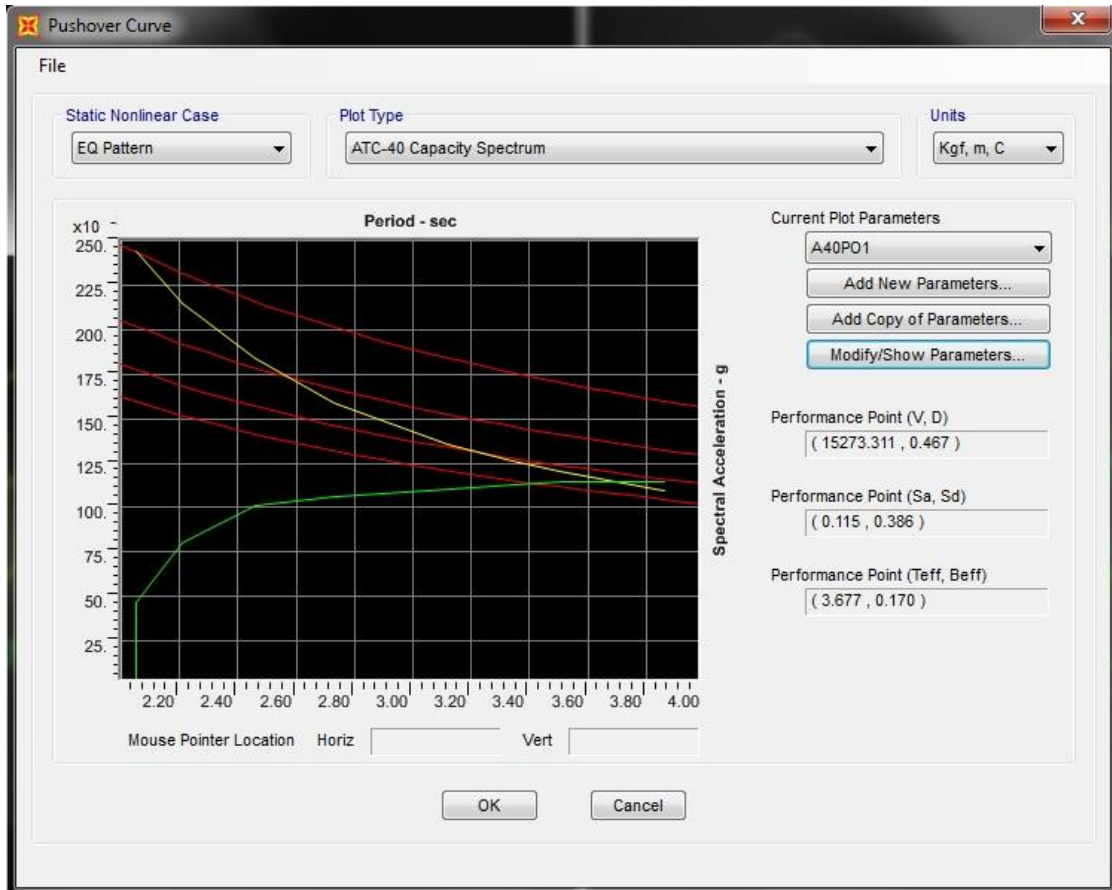
با کلیک روی گزینه ی *Modify/Show Parameters* پارامترهای تعریف شده بر اساس نقطه عملکرد نشان داده می شوند که می توان تغییرات دلخواه را اعمال کرد.




بطور مثال با انتخاب  $Sd - T$  در *Plot Axes* شکل زیر که منحنی جابجایی طیفی - دوره تناوب را به ما می دهد .



و يا با انتخاب  $Sa - T$  در  $Plot Axes$  شكل زير را به ما مي دهد .



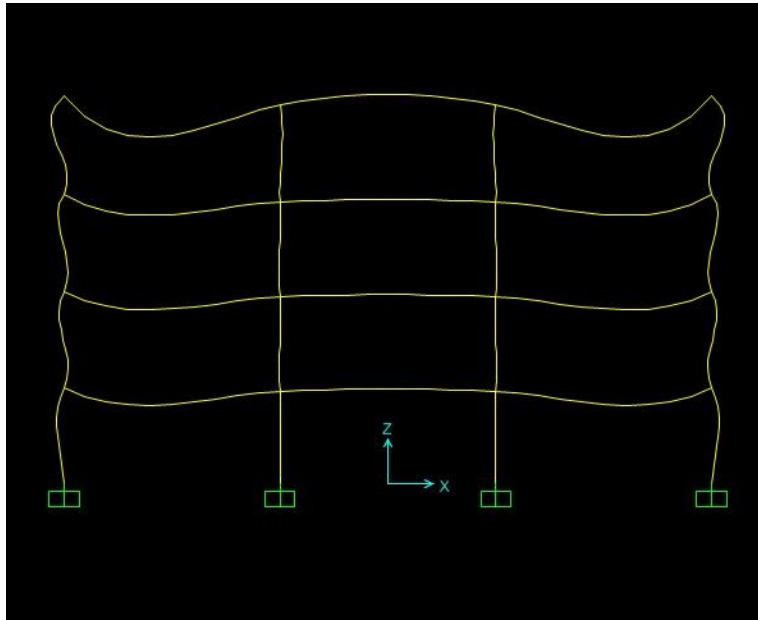
ارزیابی وضعیت و معیارهای پذیرش مفاصل سازه تحت بار جانبی

روی دکمه ی  کلیک کرده و تا شکل زیر ظاهر شود.

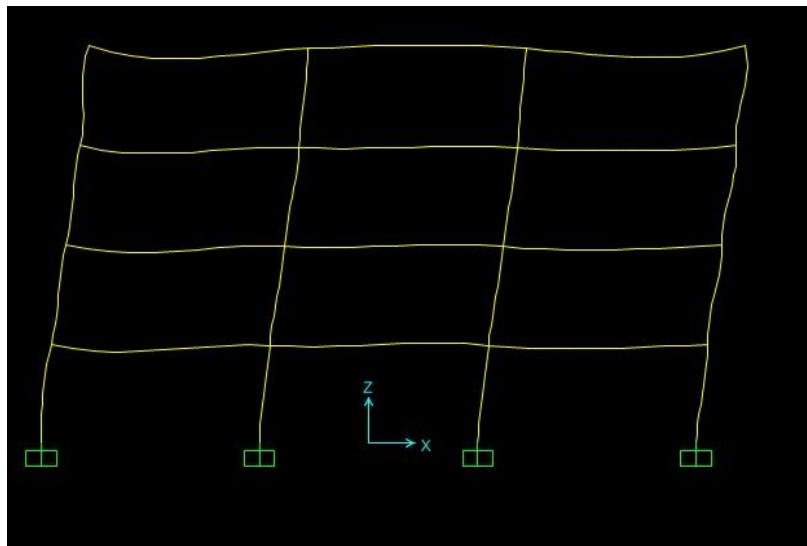


همانطور که می بینیم در قسمت *Case/Combo Name*، *EQ Pattern* را انتخاب می کنیم و مراحل تشکیل مفصل را *Step* به *Step* بررسی می کنیم.

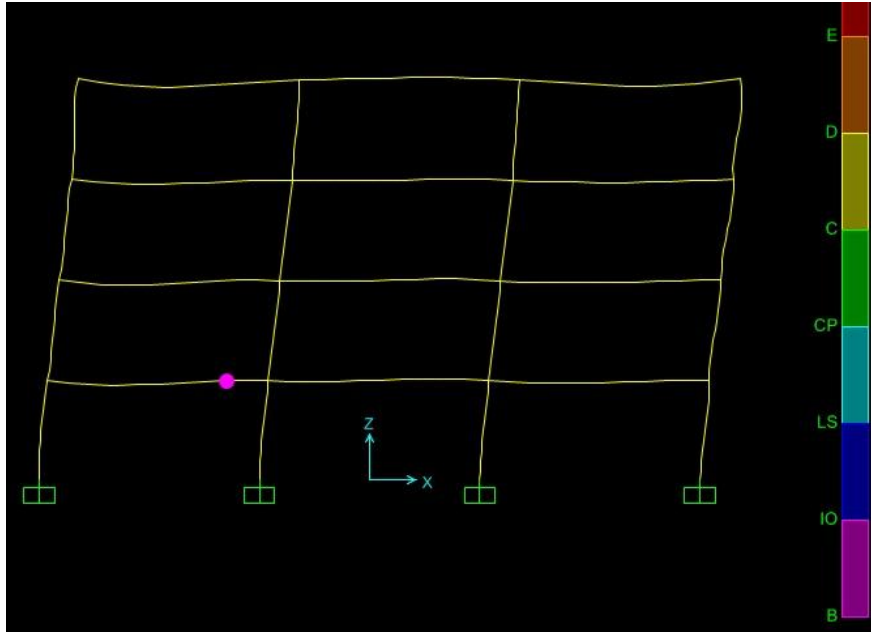
Step 0



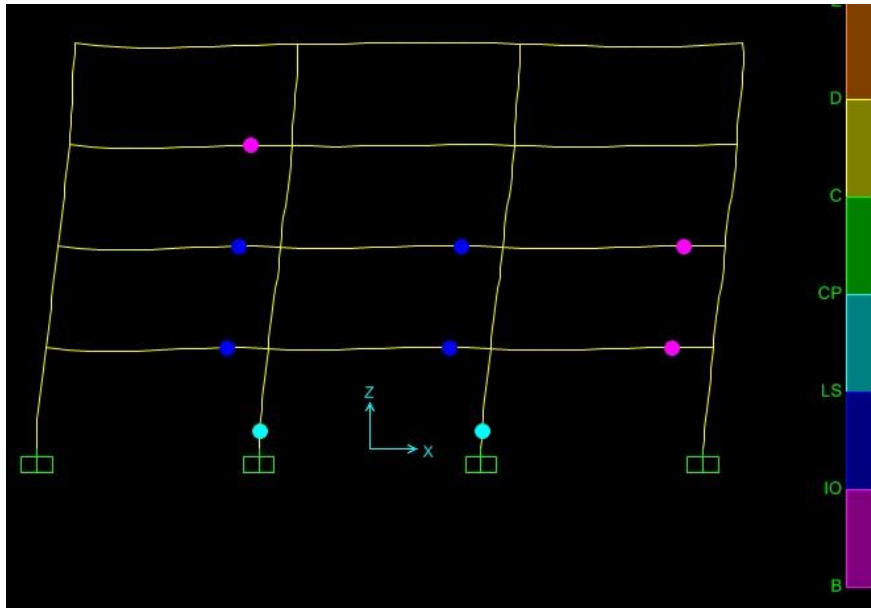
Step 1



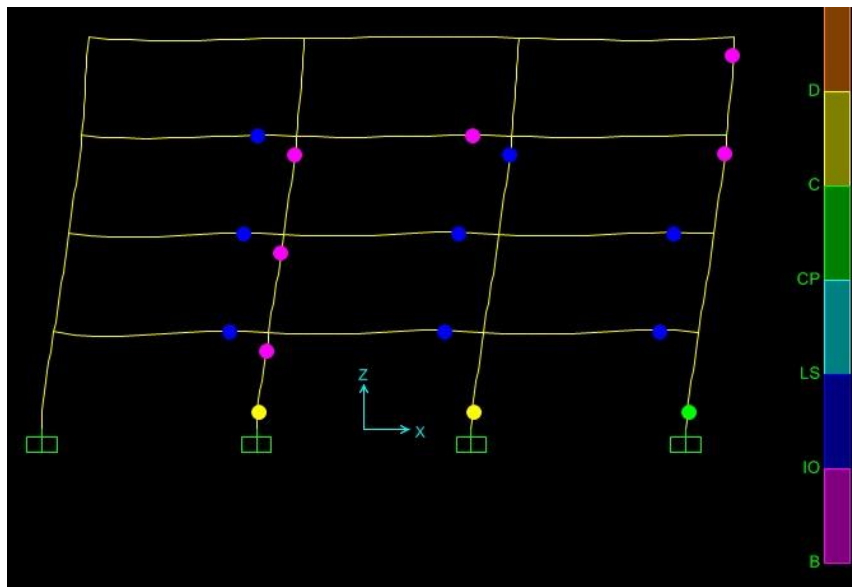
Step 2



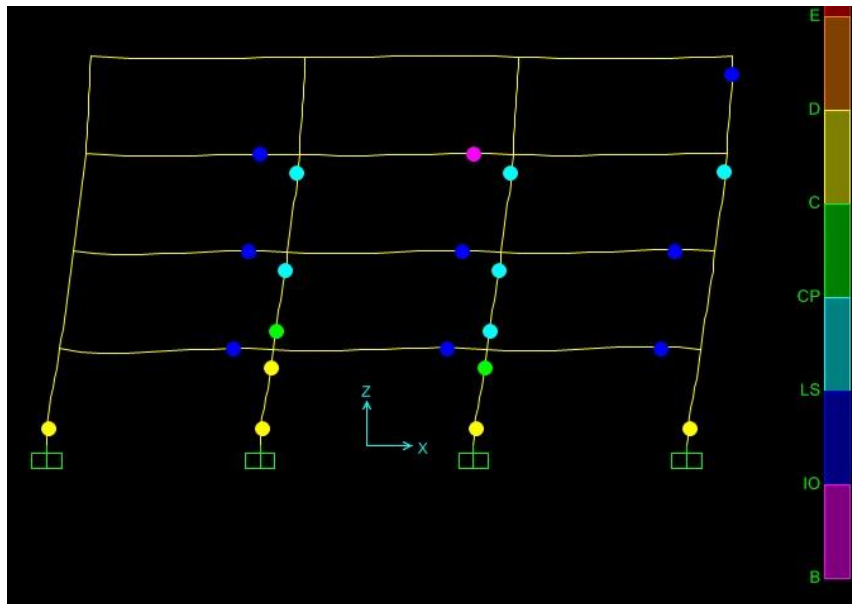
Step 3



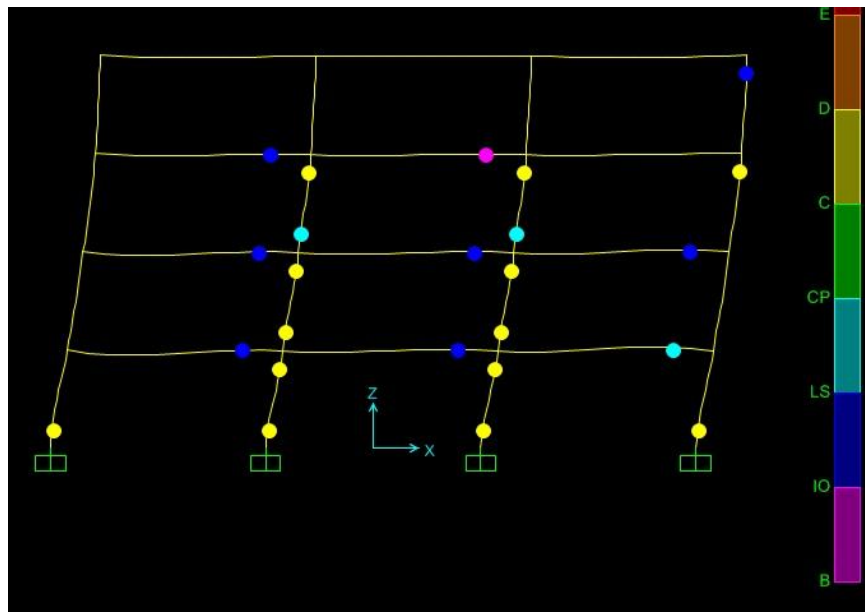
Step 4



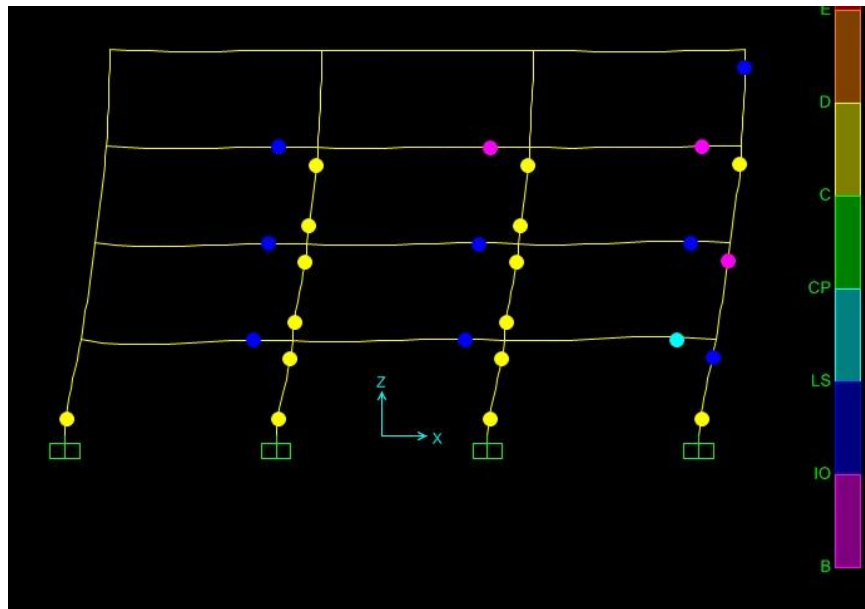
Step 5



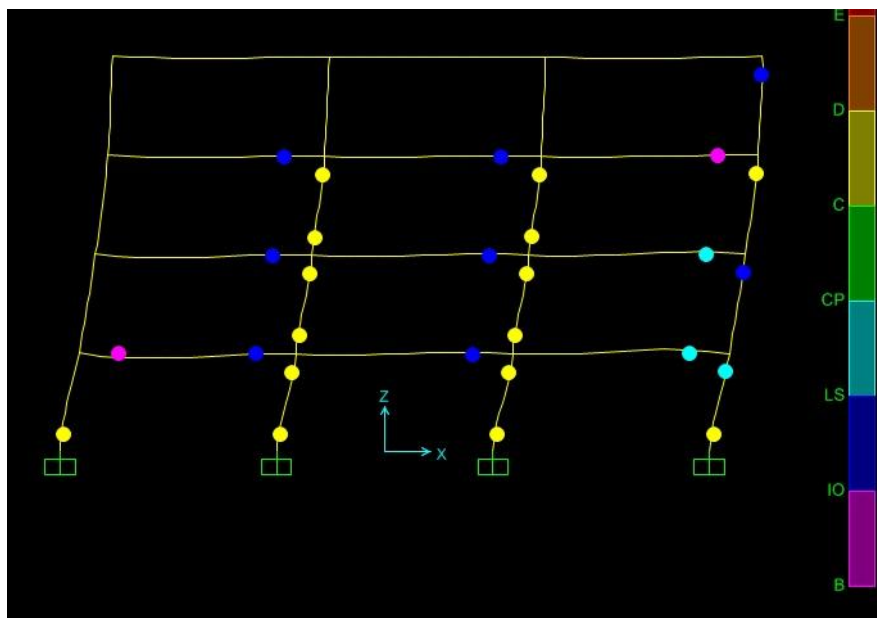
Step 6



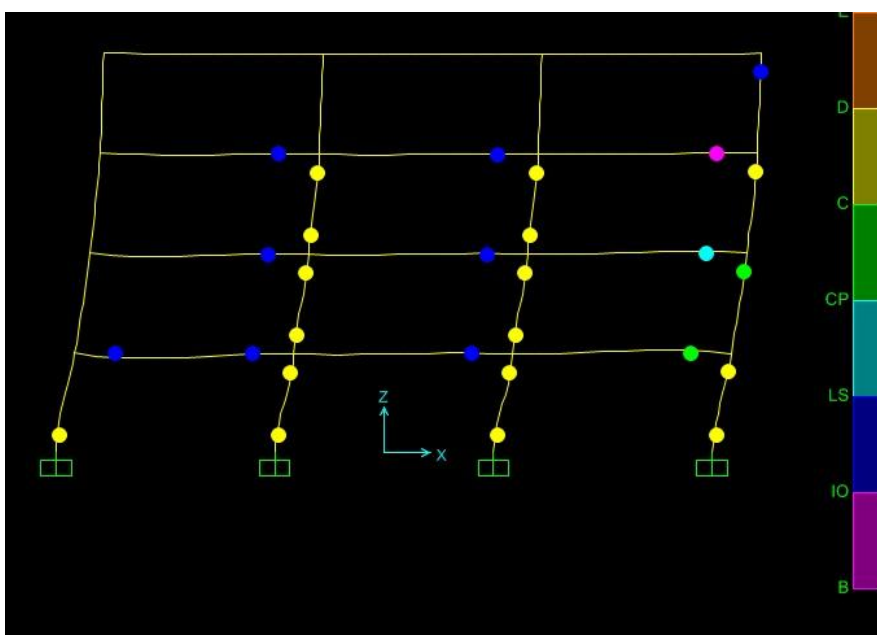
Step 7



Step 8



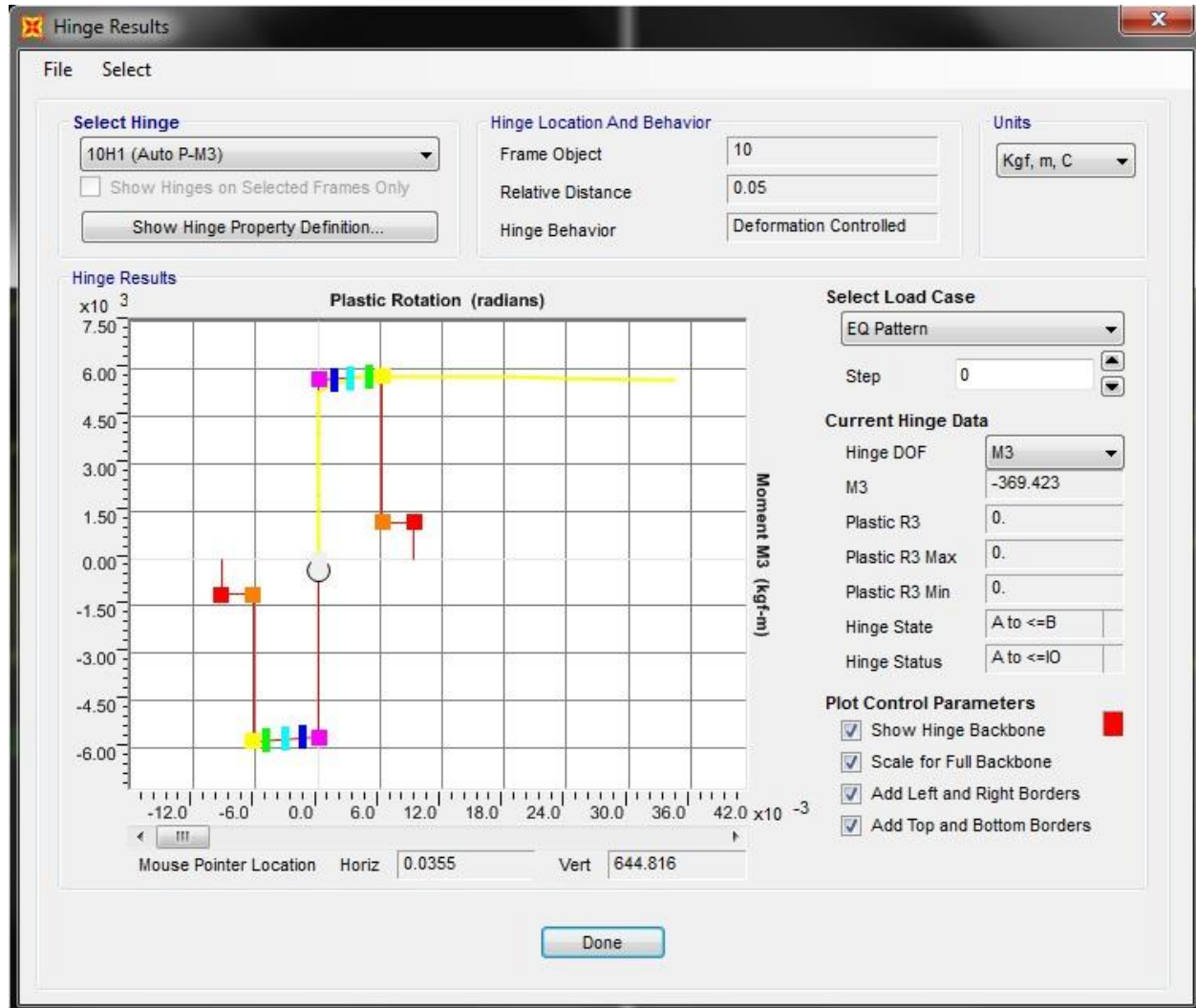
Step 9





مشاهده ی رفتار مفاصل در آنالیز استاتیکی خطی

روی *Display > Show Hinge Results ...* کلیک می کنیم تا فرم *Hinge Results* باز شود.

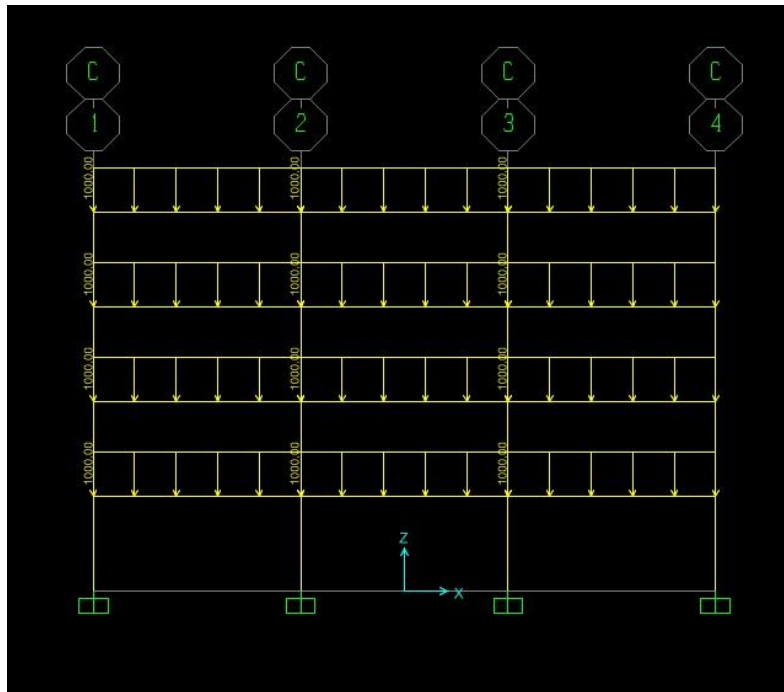


روی *Plot Control Parameters* با فعال کردن همه ی پارامترها نمایش مناسب تری خواهیم داشت.

## ایجاد و ساخت مدل غیر خطی نهایی و ارزیابی نهایی سازه

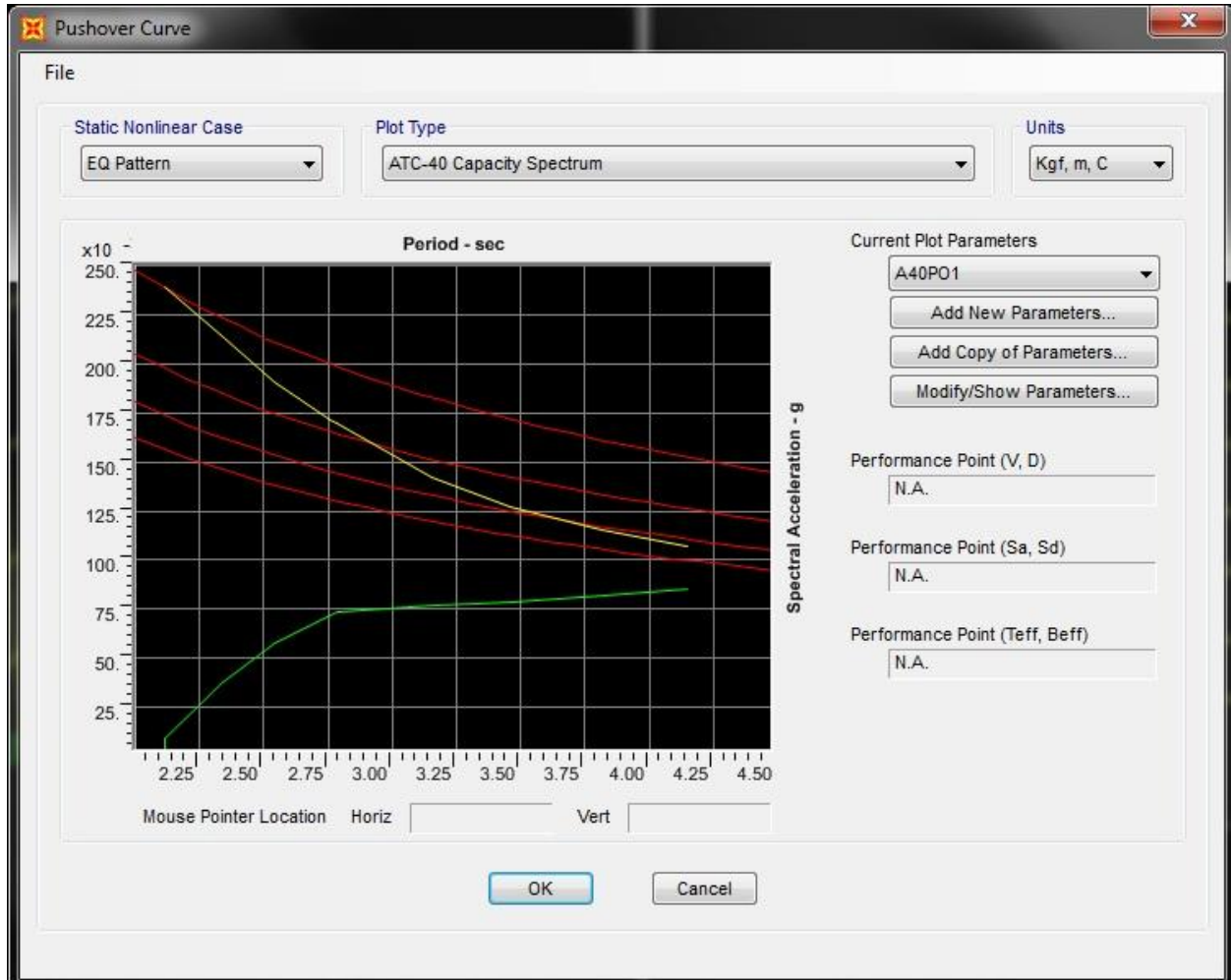
در این مرحله بار زنده را دو برابر می کنیم و در جهت بهسازی آن مشخصات مفاصل را اصلاح و یک سری باندند برای افزایش سختی سازه اضافه می کنیم.

پس تیرها را انتخاب کرده و بار زنده را که برابر  $1000\text{kg/m}$  می شود را اعمال می کنیم.

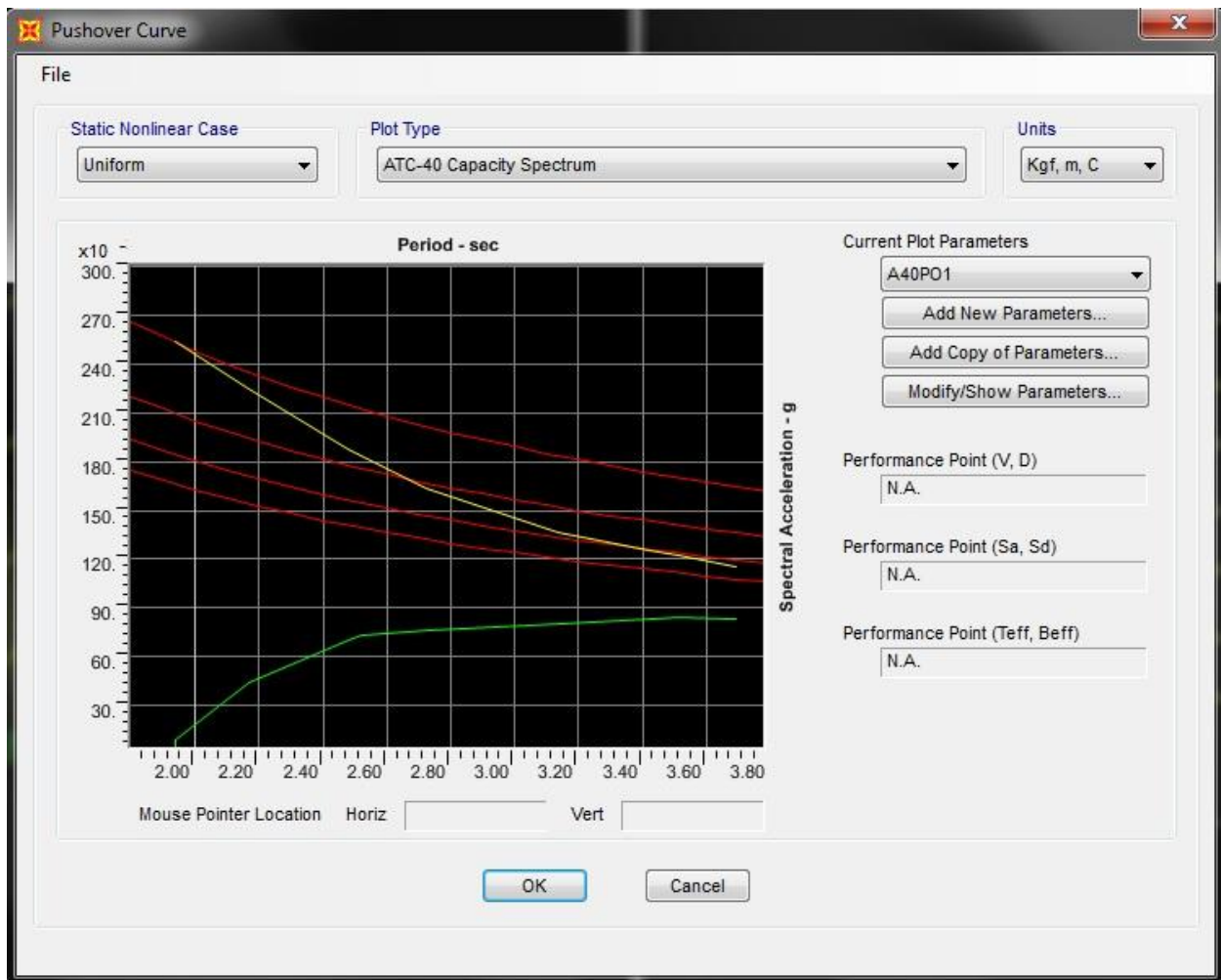


همانطور که در شکل زیر می بینیم منحنی نیاز منحنی ظرفیت همدیگر را قطع نمی کنند.

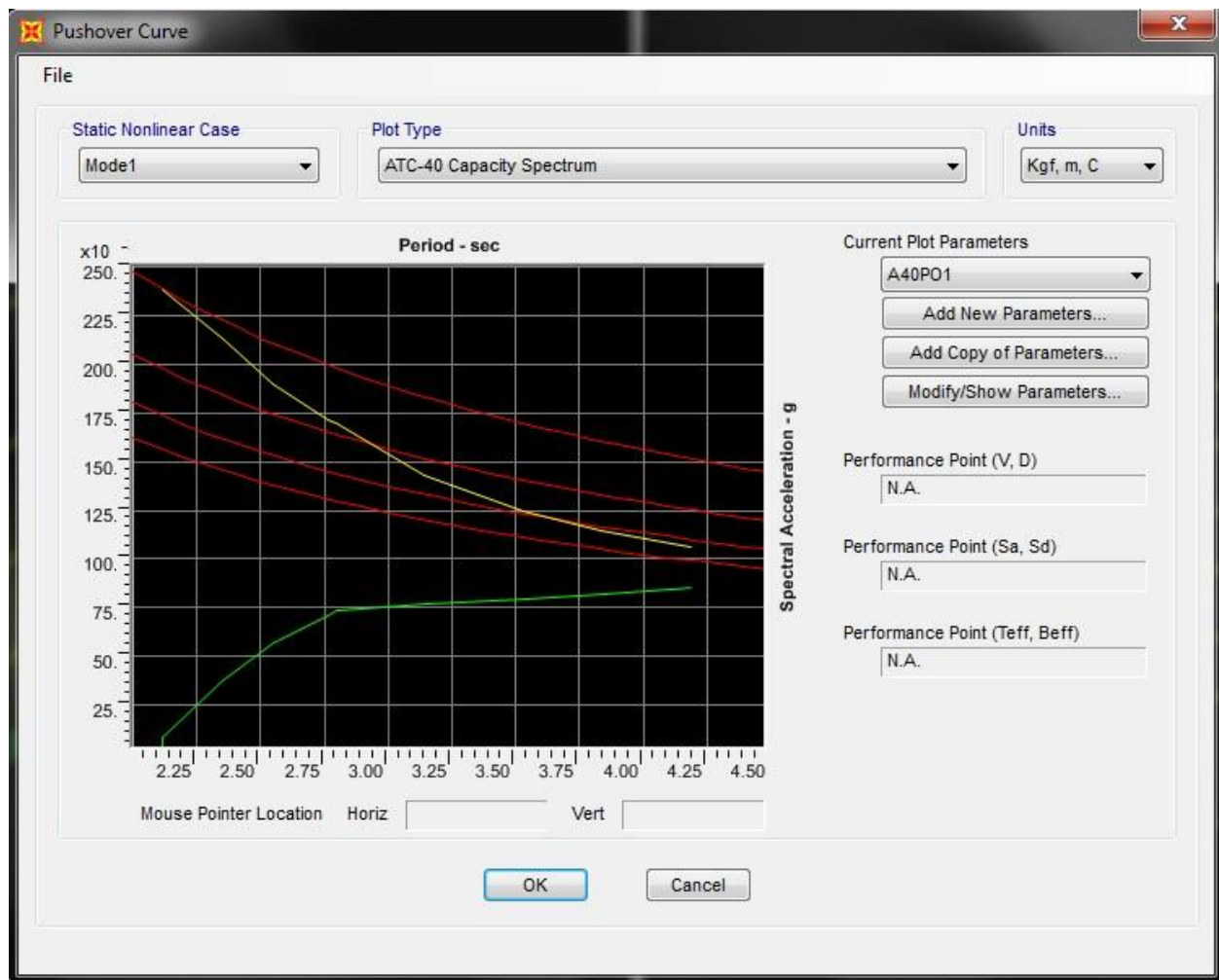
## *EQ Pattern*




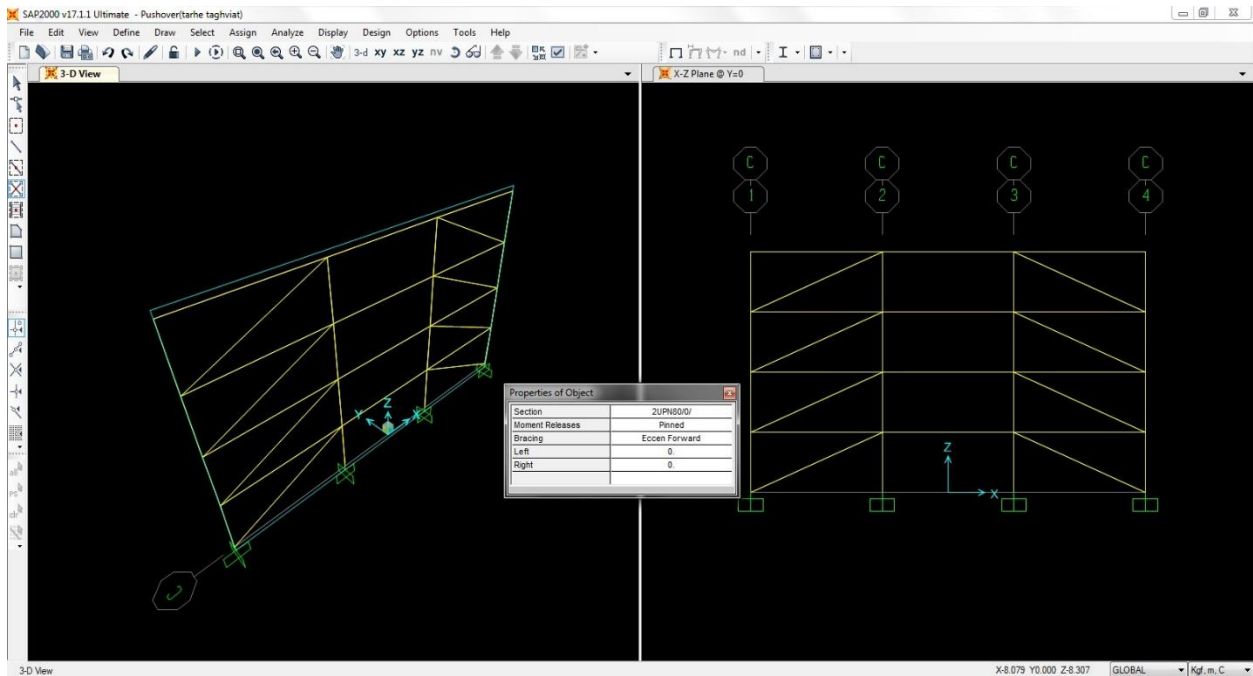
Uniform



## Mode1

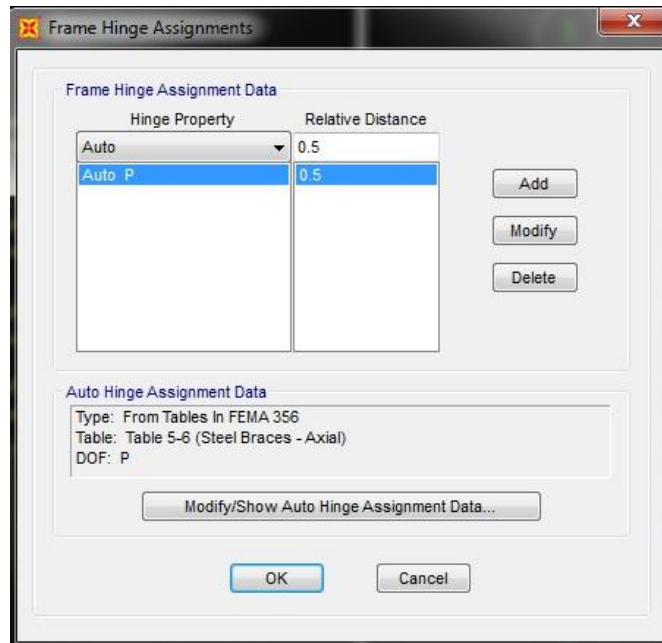


با توجه به این افزایش بار می خواهیم سختی را افزایش دهیم، پس از روی نوار ابزار کناری دکمه  را زده و بعد از انتخاب مقطع مورد نظر مهاربند ها را رسم می کنیم.



اختصاص مفاصل بادبندها :

تمامی بادبند ها را انتخاب می کنیم سپس از مسیر *Assign > Frame > Hinges ...* به فرم *Frame Hinges Assingment* می رسیم، حال در قسمت *Relative Distance* عدد 0.5 را وارد می کنیم.



حال روی گزینه ی Add می زنیم و در فرم جدید *Auto Hinge Assingment* مشخصات را مانند شکل زیر وارد می کنیم.

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type  
From Tables In FEMA 356

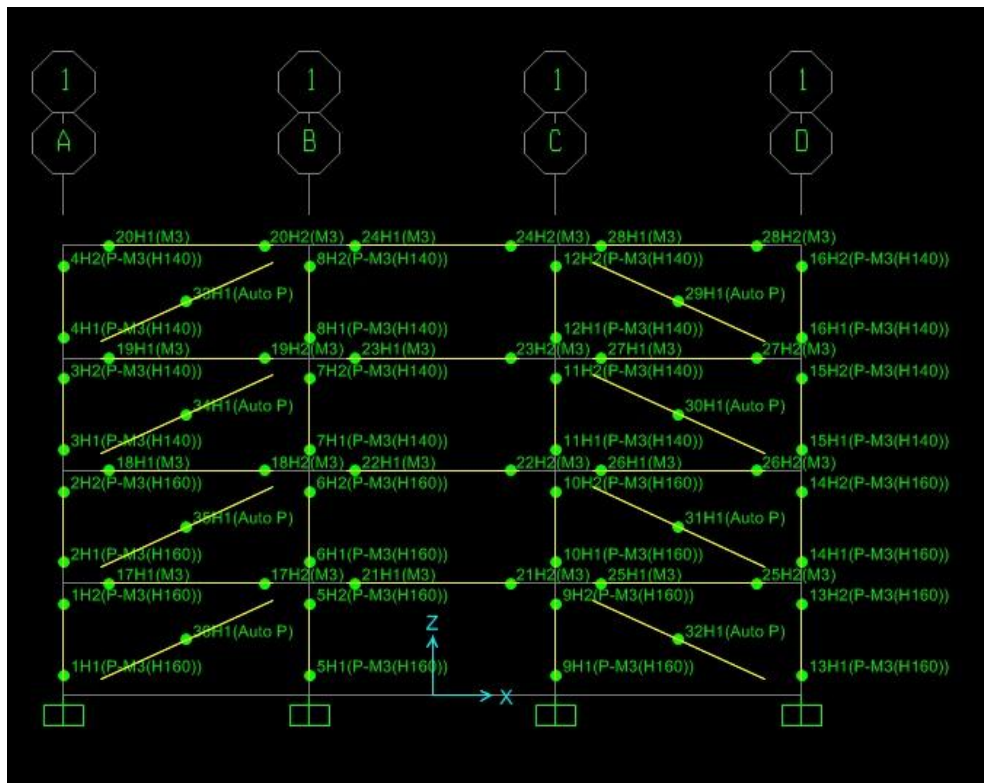
Select a FEMA356 Table  
Table 5-6 (Steel Braces - Axial)

Component Type  
 Primary  
 Secondary

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity  
 Drops Load After Point E  
 Is Extrapolated A After Point E

OK Cancel

و در آخر داریم :



## اصلاح مشخصات مفاصل پلاستیک در تیرها

در نرم افزار SAP2000 معیارهای پذیرش و پارامترها را بدون در نظر گرفتن محدودیت های لاغری بال و جان در نظر گرفته است و مقادیر مشخصات مفاصل را از ردیف *b* FEMA – 356 برداشت کرده که این مقادیر دارای ارقام محافظه کارانه تری نسبت به ردیف *a* دارد.

با محاسبه ی محدودیت های لاغری در میابیم که از ردیف *a* استفاده کنیم.

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{12}{2 \times 0.98} = 6.122 \leq \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}} = \frac{52}{\sqrt{37.5496}} = 8.486$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{24}{0.62} = 38.71 \leq \frac{418}{\sqrt{F_{ye}}} = \frac{418}{\sqrt{37.5496}} = 68.214$$

**Table 5-6 Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Structural Steel Components**

Component/Action	Modeling Parameters			Acceptance Criteria				
	Plastic Rotation Angle, Radians	Residual Strength Ratio		Plastic Rotation Angle, Radians				
				IO	Primary		Secondary	
	a	b	c		LS	CP	LS	CP
<b>Beams—flexure</b>								
a. $\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}}$ and $\frac{h}{t_w} \leq \frac{418}{\sqrt{F_{ye}}}$	90 <sub>y</sub>	110 <sub>y</sub>	0.6	10 <sub>y</sub>	60 <sub>y</sub>	80 <sub>y</sub>	90 <sub>y</sub>	110 <sub>y</sub>
b. $\frac{b_f}{2t_f} \geq \frac{65}{\sqrt{F_{ye}}}$ or $\frac{h}{t_w} \geq \frac{640}{\sqrt{F_{ye}}}$	40 <sub>y</sub>	60 <sub>y</sub>	0.2	0.250 <sub>y</sub>	20 <sub>y</sub>	30 <sub>y</sub>	30 <sub>y</sub>	40 <sub>y</sub>
c. Other	Linear interpolation between the values on lines a and b for both flange slenderness (first term) and web slenderness (second term) shall be performed, and the lowest resulting value shall be used							

حال با در نظر گرفتن مقادیر ردیف *a* مشخصات مفاصل را اصلاح می کنیم.

برای این کار تمام مفاصل را پاک کرده و از مسیر *Define > Section Propertis > Hinge Propertis ...* مفصل جدید تیرها را وارد می کنیم. برای این کار مفصل *M3* را تعریف می کنیم.





برای مقطع IPE240 مقدار  $\theta_y$  را حساب می کنیم :

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}I_b}{6EI_b} = \frac{367 \times 2640 \times 400}{6 \times 2.1 \times 10^6 \times 3892} = 0.007903$$

$$\text{شیب سختی کششی} = 1 + 0.03 \times (\text{elastic slope}) \times a = 1 + 0.03 \times (1/\theta_y) \times 9\theta_y = 1.27$$

در قسمت *Acceptance Criteria* مقادير ضريب هاي ردیف  $a$  را از جدول بالا روبروی هر سطح خطر وارد می کنیم. پس مشخصات را به صورت شکل زیر وارد می کنیم:

Frame Hinge Property Data for FH1 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.6	-8
D-	-0.6	-6
C-	-1.27	-6
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.27	6
D	0.6	6
E	0.6	8

Symmetric

Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length

Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

	Positive	Negative
<input checked="" type="checkbox"/> Use Yield Moment Moment SF	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Use Yield Rotation Rotation SF (Steel Objects Only)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
<input type="checkbox"/> Immediate Occupancy	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Life Safety	<input type="text" value="6"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Collapse Prevention	<input type="text" value="8"/>	<input type="text"/>

Show Acceptance Criteria on Plot

OK Cancel

## اصلاح مشخصات مفاصل پلاستیک در ستون ها

با محاسبه ی محدودیت های لاغری در میابیم که باید از ردیف  $a$  استفاده کنیم. (H160-B)

### Columns—flexure<sup>2,7</sup>

For  $P/P_{CL} < 0.20$

a. $\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}}$ and $\frac{h}{t_w} \leq \frac{300}{\sqrt{F_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6	$1\theta_y$	$6\theta_y$	$8\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
b. $d \frac{b_f}{2t_f} \geq \frac{65}{\sqrt{F_{ye}}}$ or $\frac{h}{t_w} \geq \frac{460}{\sqrt{F_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$2\theta_y$	$3\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
c. Other	Linear interpolation between the values on lines a and b for both flange slenderness (first term) and web slenderness (second term) shall be performed, and the lowest resulting value shall be used							

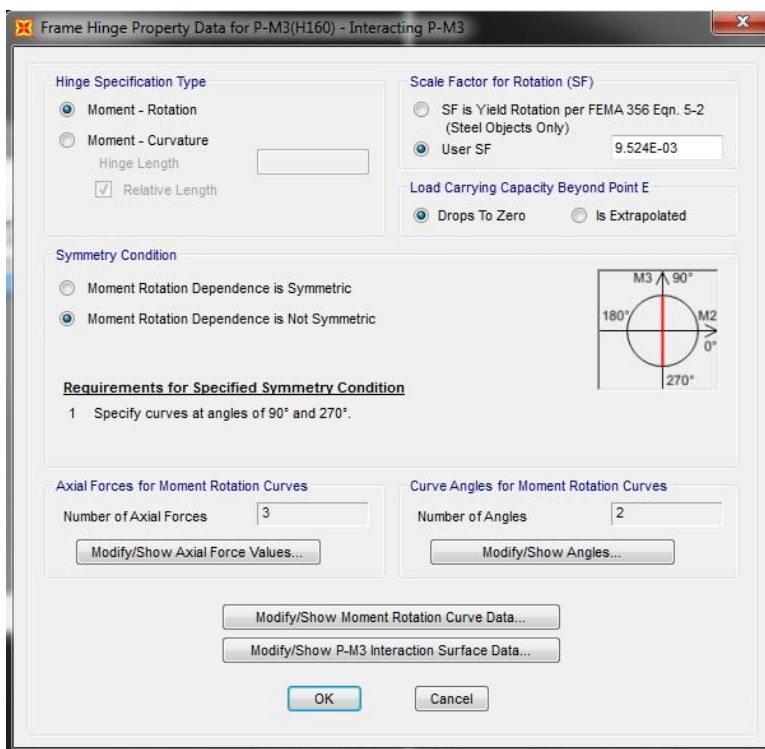
$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{16}{2 \times 1.3} = 6.154 \leq \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}} = \frac{52}{\sqrt{37.5496}} = 8.486$$

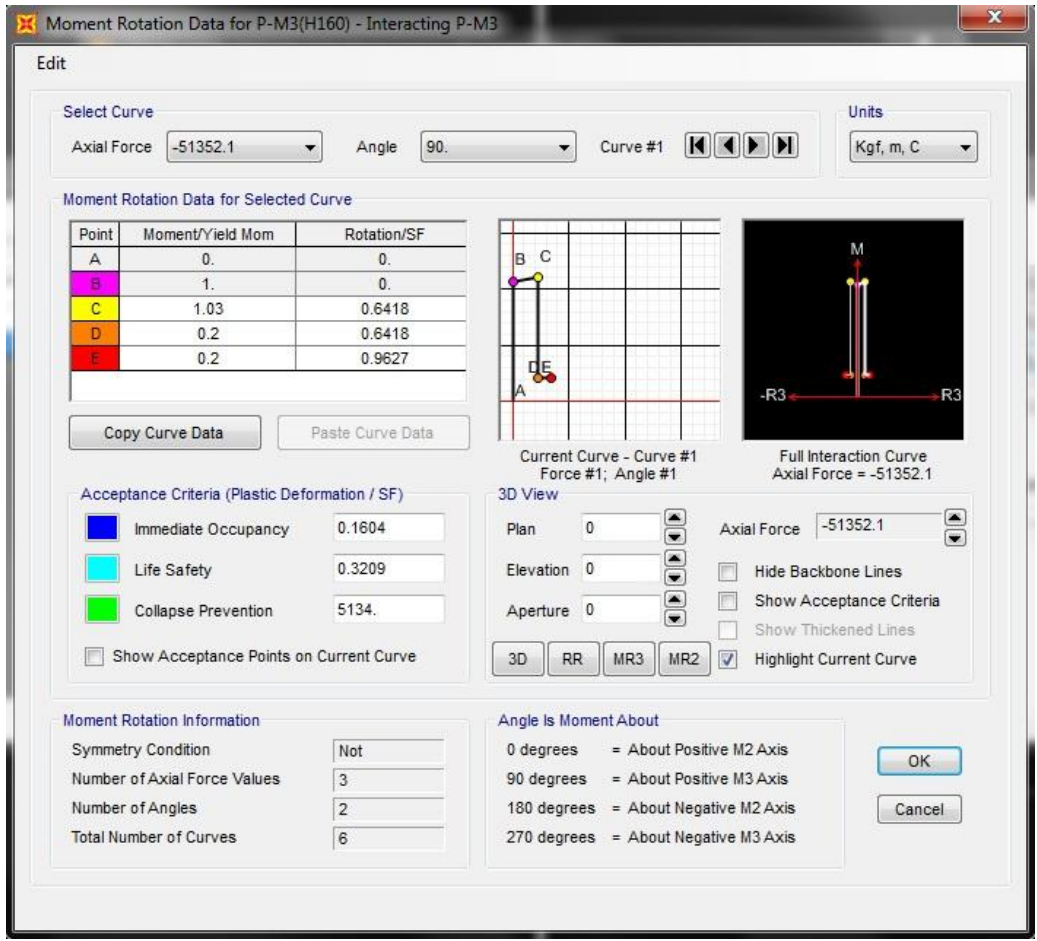
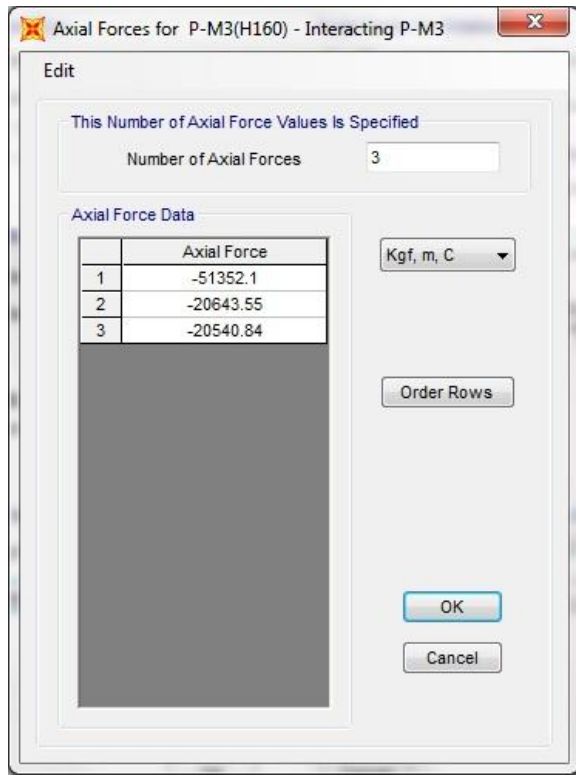
$$\frac{h}{t_w} = \frac{16}{0.8} = 20.00 \leq \frac{418}{\sqrt{F_{ye}}} = \frac{418}{\sqrt{37.5496}} = 68.214$$

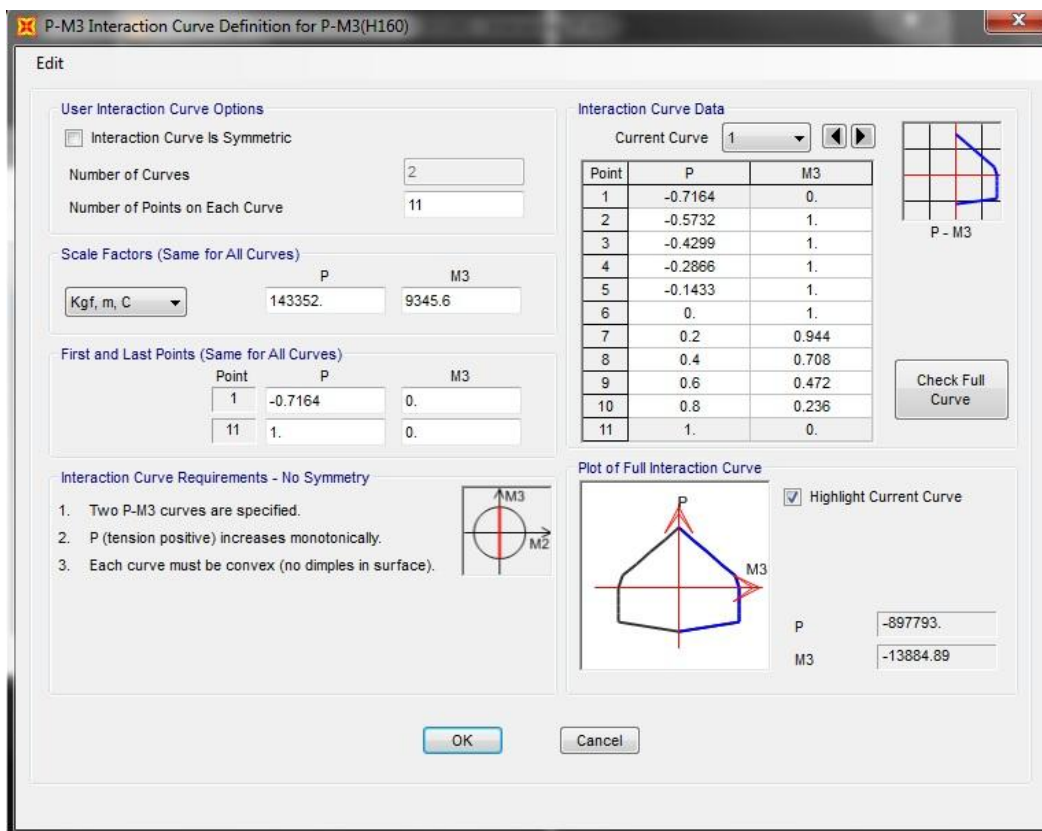
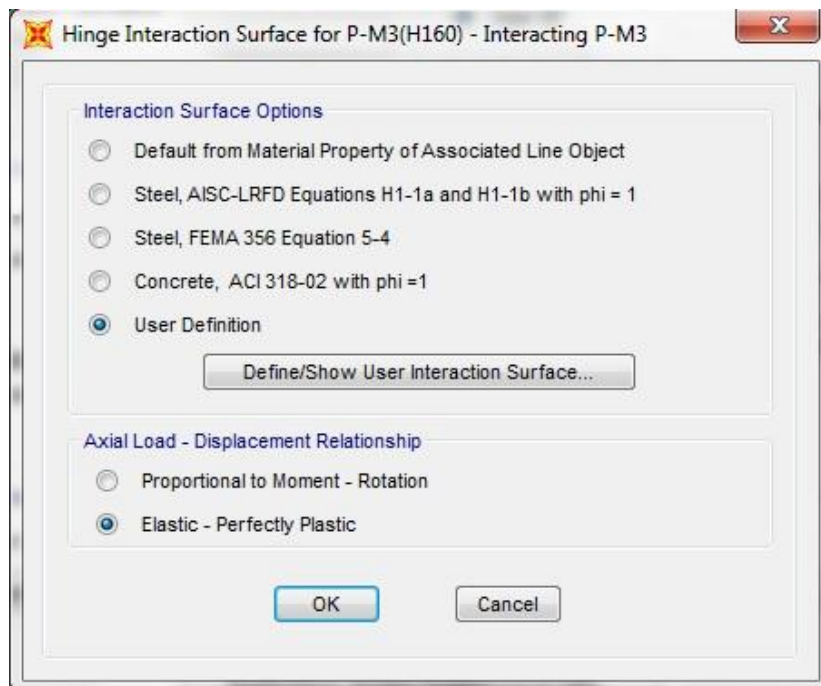
پس برای تعریف مشخصات از مسیر *Define > Section Propertis > Hinge Propertis ...* مشخصات مفصل جدید تیرها را وارد می کنیم. برای این کار مفصل  $P - M3(H160)$  را تعریف می کنیم. و مشخصات آن را وارد می کنیم.



با کلیک روی *Modify ...* مشخصات قسمت های آن را مانند شکل های زیر وارد می کنیم.







همین مراحل را برای  $H140$  تکرار می کنیم.

حال مفاصل تعریف شده را با  $0.05$  و  $0.95$  *Relative Distance* به تیرها و ستون های مربوطه اختصاص می دهیم.

در اینجا الگوی بار مهاربندها را اضافه می کنیم.

برای این کار ابتدا تمام تیرها و ستون ها را انتخاب کرده و از منوی *Assign > Assign to Group ...* روی *Add New Group ...* کلیک کرده و در قسمت *Group Name* ، *COL + BEAM* را وارد می کنیم. سپس بادبندها را انتخاب کرده و همین مراحل را تکرار می کنیم و اسم آن را *ADD BRACE* می گذاریم.

روی دستور *Define > Load Cases ...* کلیک کرده و روی *Add New Load Case ...* کلیک می کنیم و مشخصات را مانند شکل زیر وارد می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction**

Load Case Name: COL+BEAM [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:  
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
 Continue from State at End of Nonlinear Case [ ]  
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:  
 Linear  
 Nonlinear  
 Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:  
 None  
 P-Delta  
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous [ ]

Show Stages: [Show Stages In Tree View...]

Stage Definition:

Stag No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	No		
1	0.	No		

[Add] [Copy] [Modify] [Insert] [Delete]

Expand Stage Definition

Data For Stage 1 (0. days):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	COL+BEA	0.			
Add Structure	Group	COL+BEAM	0.			

Expand Stage Data Stage: << 1 >> of 1 [Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:  
Results Saved: End of Final Stage Only [Modify/Show...]  
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

در فرم *Define Load Cases* حالت آنالیز  $1.1(DL + LL)$  را انتخاب کرده و *Modify* را می‌زنیم و مانند شکل زیر بر می‌کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name: 1.1(DL+LL) [Set Def Name] [Modify/Show...]

Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design..]

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case [COL+BEAM]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

**Modal Load Case**

All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	LIVE	1.1

[Add] [Modify] [Delete]

**Analysis Type**

Linear

Nonlinear

Nonlinear Staged Construction

**Geometric Nonlinearity Parameters**

None

P-Delta

P-Delta plus Large Displacements

**Mass Source**

[Previous]

**Other Parameters**

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]



به صفحه ی قبلی برگشته و روی *Add New Load Case ...* کلیک می کنیم و مطابق شکل زیر کامل می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static Staged Construction**

Load Case Name: ADD BRACE    Notes:    Load Case Type: Static    Design...

Initial Conditions:   
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State   
 Continue from State at End of Nonlinear Case    1.1(DL+LL)   
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:   
 Linear   
 Nonlinear   
 Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:   
 None   
 P-Delta   
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Stage Definition:

Stag No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	No		
1	0.	No		

Expand Stage Definition

Data For Stage 1 (0. days):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	BRACE	0.			
Add Structure	Group	BRACE	0.			

Expand Stage Data    Stage: < < 1 > > of 1    Add    Modify    Delete

Other Parameters:   
 Results Saved: End of Final Stage Only    Modify/Show...   
 Nonlinear Parameters: Default    Modify/Show...   
 OK    Cancel

حال بار EQ Pattern را کلیک کرده و گزینه ی Modify را می زنیم و طبق شکل ها تغییرات را اعمال می کنیم.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name: EQ Pattern [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:
 

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case [ADD BRACE]

 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EQ	1.
Load Pattern	EQ	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:
 

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:
 

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Other Parameters:
 

- Load Application: Displ Control [Modify/Show...]
- Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]
- Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

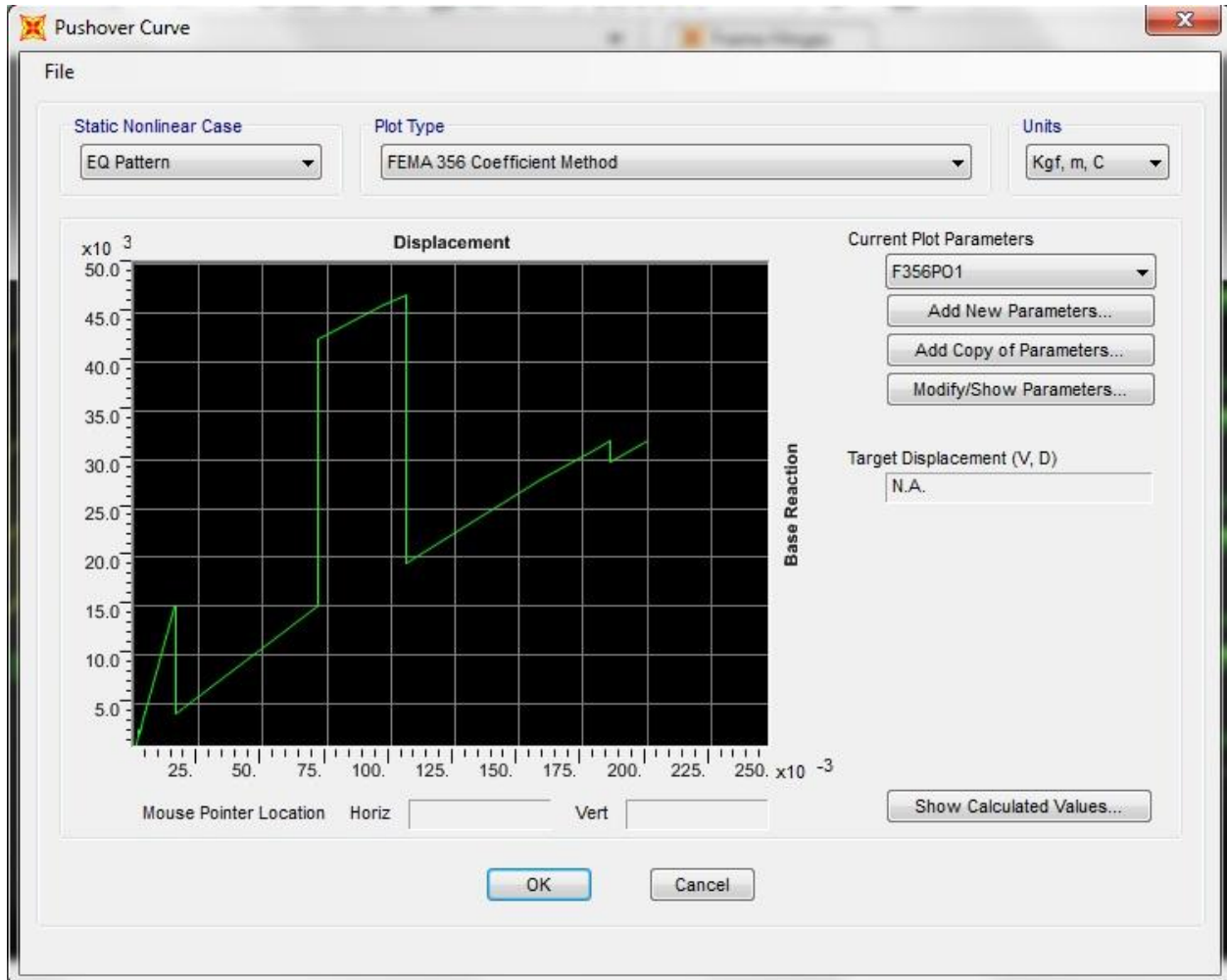
در قسمت *Nonlinear Parameters* روی *Modify* می زنیم و در قسمت *Hinge Unloading Method* گزینه ی *Restart Using Secant Stiffness* را علامت دار می کنیم. به صفحه ی قبلی برگشته و در قسمت *Load Application* روی *Modify* می زنیم و در قسمت *Load to a Monitored Displacement* مقدار 0.2 را وارد می کنیم، یعنی جابجایی افقی را به 20cm محدود می کنیم.

همین مراحل را برای حالت بارهای *Uniform* و *Mode1* انجام می دهیم.

به صفحه ی اصلی نرم افزار بر می گردیم .

سپس از نرم افزار *Run* می گیریم و نمودارها را مشاهده می کنیم.

## FEMA – 356



ATC - 40

