دینامیک سازه ها

نحوه اعمال آنالیز های طیفی و تاریخچه زمانی در نرم افزار

ETABS 2015

منطبق با آیین نامه 2800 ویرایش چهارم

تهیه کننده

ایمان نخعی

ارشد سازه

Iman_pad@yahoo.com

Dynamic Analysis آنالیز دینامیکی

روش تحلیل دینامیکی برای ساختمان های زیر الزامی است : (مطابق با آئین نامه 2800 ویرایش چهارم)

الف: ساختمان های منظم با ارتفاع بیشتر از 50 متر از تراز پایه

ب: ساختمان های نامنظم با ارتفاع بیشتر از 50 متر از تراز پایه که دارای :

- نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان باشد.
- نامنظمی جرمی ، نرم و خیلی نرم در ارتفاع باشد.

تحلیل استاتیکی :

برای تحلیل دینامیکی ابتدا باید سازه را به روش استاتیکی معادل ، دقیق تحلیل نمود و پس از تحلیل دینامیکی باید برش های پایه این دو روش را همپایه ساخت. نحوه همپایه سازی نیز در قسمت های بعدی توضیح داده شده است.

تحلیل دینامیکی و روش های خطی آن :

در تحلیل دینامیکی نیروهای جانبی زلزله با استفاده از بازتاب دینامیکی که سازه بر اثر حرکت زمین ناشی از زلزله ، از خود نشان میدهد محاسبه میشوند. این روش ها عبارتند از روش **تحلیل تاریخچه زمانی** و روش **تحلیل طیفی** است.

1- روش تاریخچه زمانی :

در این روش تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه و محاسبات پاسخ مدل ریاضی ساختمان با فرض خطی بودن انجام می شود. در این تحلیل نسبت میرایی را می توان 5 درصد درنظر گرفت مگر آنکه بتوان نشان داد نسبت دیگری برای سازه مناسب تر است.

در این روش میتوان از سه یا هفت زوج نگاشت استفاده نمود و مقدار متوسط بیشنه بازتاب های بدست آمده از آنها را بازتاب نهایی درنظر گرفت.

اصلاح مقادیر بازتاب ها :

پس از تحلیل برای زوج شتاب نگاشت i ، مقدار حداکثر برش پایه V_i، تلاش اعضاء Q_{Ei} و جابجایی نسبی طبقات Δ_i، در هر طبقه تعیین خواهد شد.در صورتی که مقدار حداکثر برش پایه حاصل از تحلیل ، V_i ، کمتر از مقدار برش پایه استاتیکی معادل V_u باشد، تلاشهای اعضاء Q_{Ei} و جابجایی نسبی طبقات Δ_i ، باید مجددا در نسبت $\frac{V_u}{V_i}$ نیز ضرب می شوند.

اگر سه زوج شتاب نگاشت برای تحلیل استفاده شود، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات باید برابر با ماکزیمم مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل ها درنظر گفته شوند.

اگر از حداقل 7 شتاب نگاشت برای تحلیل استفاده شود، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات را می توان به ترتیب برابر با مقدار متوسط مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل ها درنظر گرفت.

نکات مهم :

1-مقدار میرایی را می توان 5 درصد درنظر گرفت.

2-کلیه شتابها باید به حداکثر مقدار خود مقیاس شوند یعنی حداکثر شتاب همه آنها برابر با $981\ cm/s^2$ شتاب ثقل شوند.

3-طیف های پاسخ هرزوج شتاب نگاشت با ایتفاده از روش جذر مجموع مربعات (SRSS) با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج ساخته می شود.

$$SRSS=\sqrt{(L)^2+(T)^2}$$

4-برای رسم طیف های پاسخ تکیبی و متوسط گیری شتاب نگاشت ها، در صورتی که از سه زلزله استفاده شود ، باید ماکزیمم آنها منظور شود و در صورتی که از هفت زلزله استفاده شود، باید میانگین آن ها منظور شود.

5-هر زوج نگاشت چنان مقیاس شود که برای هر پریود در محدوده زمان های تناوب 0.2T و 1.5T مقایسه می شوند و ضریب مقیاس تعیین می گردد. در این حالت مقادیر متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مولفه ها ، نباید بیش از 10 درصد از 1.3 برابر مقدار نظیر آن طیف استاندار باشد. (برای بدست اوردن ضریب مقیاس ، کمترین مقدار ستون متوسط گیری شده SRSS را در محدوده 0.2T و 1.5T انتخاب نموده و مولفه متناظرش در ستون 1.3B*g را بر کوچکترین مقدار متوسط گیری شده SRSS تقسیم می کنیم.)

6-شتابنگاشت ها متعلق به زلزله هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند.

7-مدت زمان موثر حرکت شدید در شتابنگاشت ها حداقل بربر 10 ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه ، هرکدام که بیشتر است ، باشد.

8-طیف طرح استاندارد در روش های خطی برابر است با $\frac{\rho ABI}{R}$

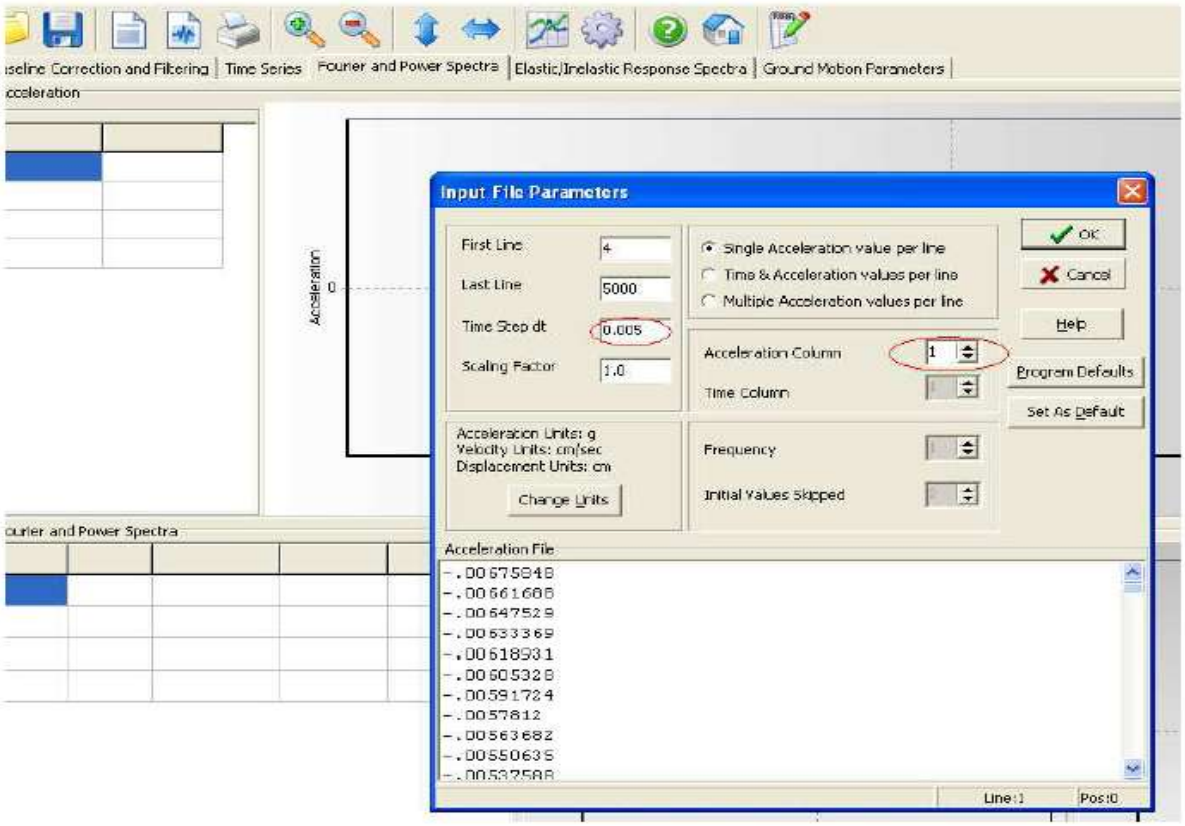
*** کلیه کارهای گفته شده را می توان در برنامه اکسل با ایجاد کردن ستون های لازم، به راحتی انجام داد.

روش کار :

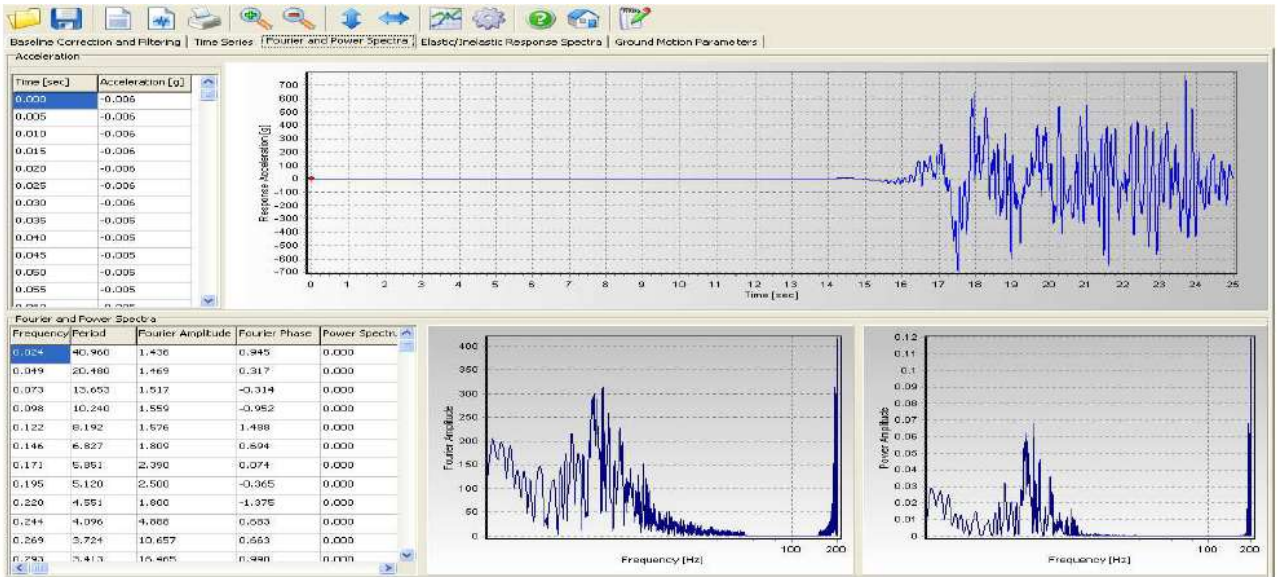
برای این تحلیل به داده های زلزله نیازمندیم که میتوان آنرا از سایت های اینترنت مثل سایت **Peer** دریافت نمود. دقت داشته باشید که باید رکوردهای نزدیک به شهر موردنظر انتخاب کرد. تعداد رکوردهای دریافتی میتوان 3 یا 7 عدد باشد. فایل دریافتی را با برنامه **notepad** باز کرده و فقط مولفه های T, L را کپی نمایید وآنها را در دو فایل جداگانه در notepad ذخیره نمایید. برای استفاده از این فایل ها باید سطرها را به یک ستون تبدیل نمود که این کار را توسط نرم افزاری مثل **Row2Col** میتوان انجام داد یا با نرم افزار اکسل.

فایل تبدیل شده را ذخیره می نماییم. نرم افزار **Sismosignal** را با کرده و فایل های ذخیره شده notepad را در این برنامه فراخوانی می نماییم.

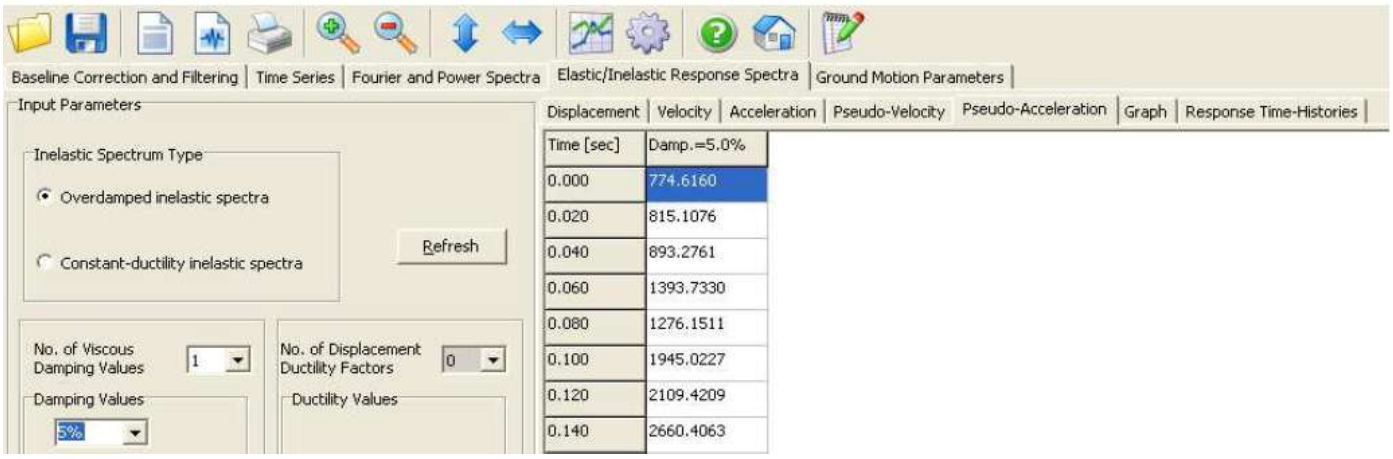
در گزینه Time Step dt فاصله زمانی بازه های شتاب نگاشت که از سایت گفته شده گرفته شده است، وارد می کنیم. بطور مثال 0.005. در قسمت Acceleration Column چون فایل ها تبدل به یک ستون شده اند عدد 1 وارد می کنیم.



صفحه زیر نمایان می گردد :

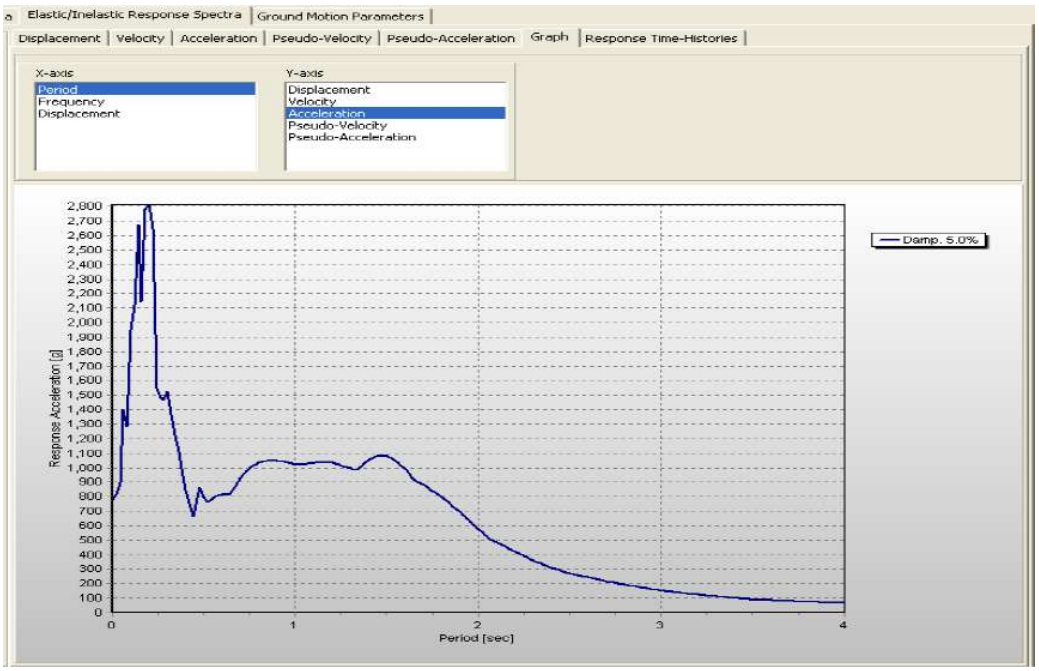


بر روی گزینه Time Series کلیک نموده و در صفحه نمایش داده شده مقادیر زمان Time و شتاب Acceleration را کپی کرده و در یک ستون از شیت اول برنامه اکسل قرار می دهیم. سپس از منوی بالا روی گزینه Elastic/Inelastic Response Spectra کلیک کرده و گزینه Pseudo-Velocity را انتخاب کرده تا صفحه زیر نمایش داده شود . اگر صفحه خالی بود گزینه Refresh را میزنیم.

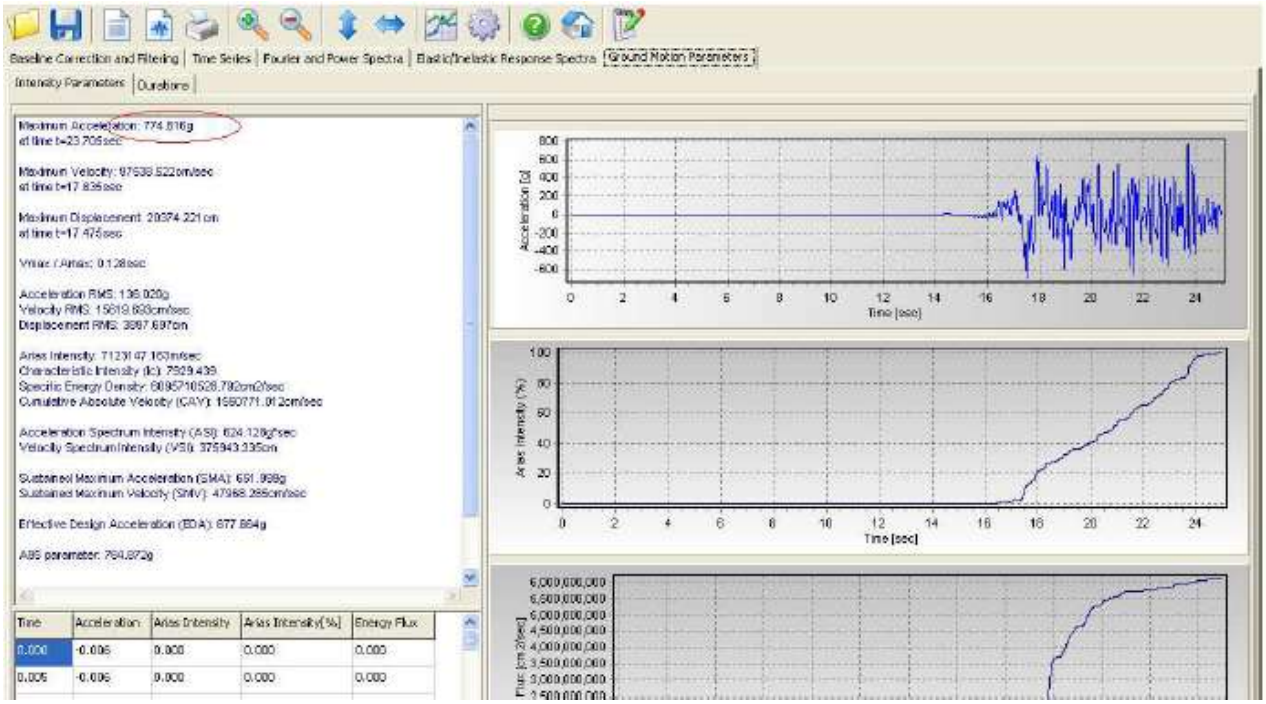


حال مقادیر Time و Damp را کپی نموده و در شیت دوم از برنامه اکسل قرار دهید.

برای مشاهده نمودار Acc-Period در زیر گزینه های Elastic/Inelastic Response Spectra بر روی Graph کلیک نمایید تا صفحه زیر نمایش داده شود.



جهت مقیاس سازی شتاب نگاشت ها در منو بالا صفحه روی گزینه Ground Motion Parameters و زیر گزینه Intensity Parameters کلیک نموده . شتاب نشان داده شده ماکزیمم شتاب زلزله می باشد.



با تقسیم 981 بر این عدد ضریب تصحیح برای این رکورد بدست می آید.

مراحل فوق را برای T و L و تمامی زلزله ها انجام می دهیم و میتوان نتایج را در برنامه اکسل قرار داد تا محاسبات به سادگی انجام شود.

محاسبه ضریب مقیاس : برای محاسبه ضریب مقیاس مقدار شتاب ماکزیمم 981 را بر شتاب ماکزیمم بدست آمده از برنامه ، تقسیم میکنیم. عدد بدست آمده ضریب مقیاس نامیده می شود.

به طور مثال برای رکورد L1:

981 / 774.616 = 1.26643

برای T نیز به همین شکل انجام می دهیم. این ضریب را باید برای تمامی L , T رکوردهای استفاده شده، محاسبه نمود.

پس از محاسبه ضریب مقیاس مقادیر بدست آمده از رکوردها در نرم افزار Sismosignal (Time , Damp) را که در شیت اول اکسل ذخیره کرده ایم، ستون مقادیر Damp را در ضریب مقیاس ضرب می کنیم و در ستونی جدید در همان برنامه قرار میدهیم. (این کار با یک فرمول نویسی ساده در اکسل براحتی انجام میگردد). همانطور که قبلا اشاره شد ار رکورد یک T و یک L دارد که برای هر دوی آن باید این عملیات انجام گیرد.

Time	L1	L1*1.26643	T3	T3*1.6348
0	-0.006	-0.00759858	0.001	0.0016348
0.005	-0.006	-0.00759858	0.001	0.0016348
0.01	-0.006	-0.00759858	0.001	0.0016348
0.015	-0.006	-0.00759858	0.001	0.0016348

این عملیات را نیز برای مقادیر بدست آمده از شیت دوم برای T , L رکوردها، انجام می دهیم.

در شیت دوم اکسل

1	Time	L1	Spect L1g	T3	Spect T3g	[(Spect L1g)^2+(SpectT3g)^2]^0.5
2	0	774.616	980.9969	600.072	980.9977	1387.339719
3	0.02	815.3207	1032.547	626.6807	1024.498	1454.56104
4	0.04	894.9094	1133.34	674.6042	1102.843	1581.367248
5	0.06	1398.041	1770.522	902.1613	1474.853	2304.33046

حال با استفاده از فرمول $SRSS=\sqrt{(L)^2+(T)^2}$ مقدار SRSS را برای ردیف L ,T ها محاسبه می کنیم.

این محاسبات برای چندین زلزله انجام میگیرد (مثلا زلزله بم، گلبافت، زرند) سپس برای هر کدام در هر زمان یک SRSS حساب خواهیم کرد و در آخر از این SRSS ها بدست آمده برای هر زمان میانگین میگیریم. مثلا

زمان Time	زلزله زرند	زلزله گلبافت	زلزله بم	میانگین SRSS
0.2	3403.055264	3759.994821	5278.610246	5278.610246
0.22	3568.963399	3485.376566	5182.487795	5182.487795
0.24	3351.320312	4465.132021	3279.383632	4465.132021
0.26	3386.520526	3773.991396	3144.124005	3773.991396
0.28	3082.810926	3381.477915	3071.272426	3381.477915
0.3	2446.658511	3015.719427	2650.67251	3015.719427

حال با توجه به مشخصات پروژه ، ارتفاع ساختمان و نوع خاک مقادیر پریود سازه T و ضریب بازتاب B را در بازه 0 تا 5 ثانیه بدست آوریم. در این مثال مقدار بین زمان ها 0.02 درنظر گرفته شده است.

***حداکثر زمان بهتر است عددی بین 5 تا 10 ثانیه باشد.

بازه 0.2T و 1.5T را روی جدول مشخص می کنیم و در این بازه کوچکترین مقدار میانگین SRSS را پیدا میکنیم. مقدار 1.3*B*g را نیز برای این مقدار مینیمم محاسبه می نماییم.

ضریب مقیاس = (1.3*B*g) / Min Avg.SRSS

$$\textbf{ضریب نهایی} = \frac{\rho AI}{R} * \textbf{ضریب مقیاس}$$

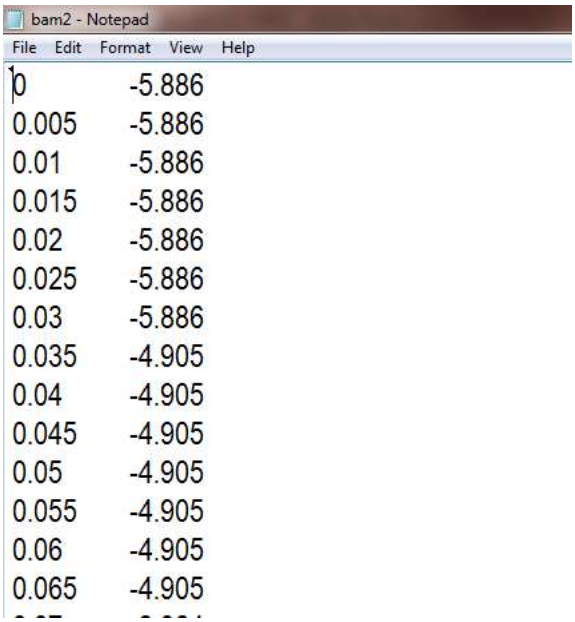
ρ : ضریب نامعینی سازه (مطابق با آیین نامه این ضریب عدد 1 یا 1.2 می باشد که باید محاسبه گردد)
A : شتاب مبنای طرح

I :ضریب اهمیت سازه

R : ضریب رفتار

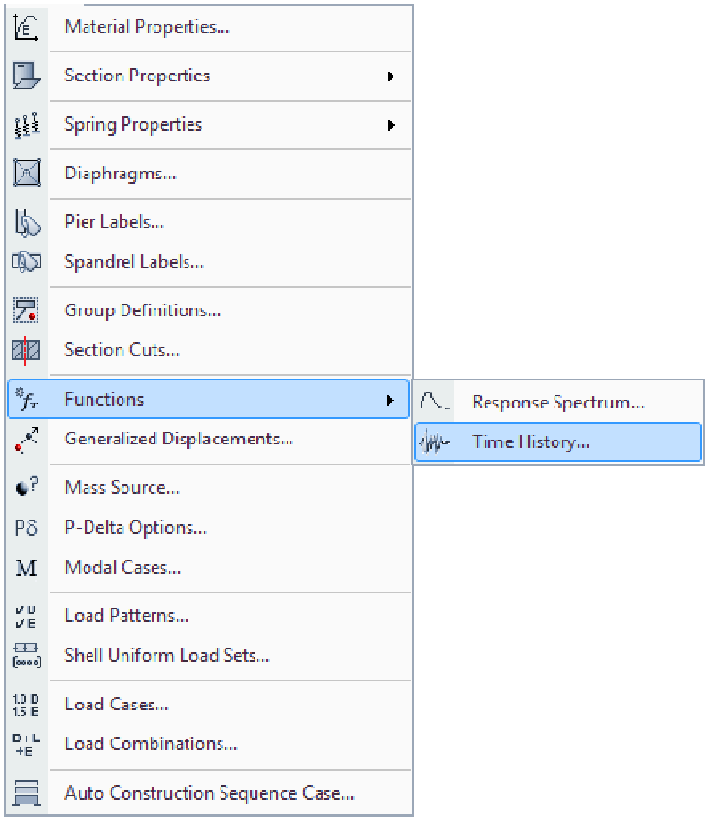
حال با بدست آمدن ضریب نهایی باید آن را در اعداد شتاب اولیه که در ضریب تصحیحی که براي هرمؤلفه بدست آمده و در آن ضرب شده ، ضرب کنیم ، اکنون این رکورد ها برای ورود به نرم افزار های تحلیلی برای تحلیل دینامیکی (لحظه به لحظه) آماده شده اند.

مقادیر محاسبه شده L , T با ضریب مقیاس خودشان را به صورت جداگانه، همراه با زمانشان، را در یک فایل Notepad ذخیره می کنیم تا از آن در برنامه ETABS استفاده نمائیم. ستون اول زمان و ستون دوم L یا T مانند شکل زیر:

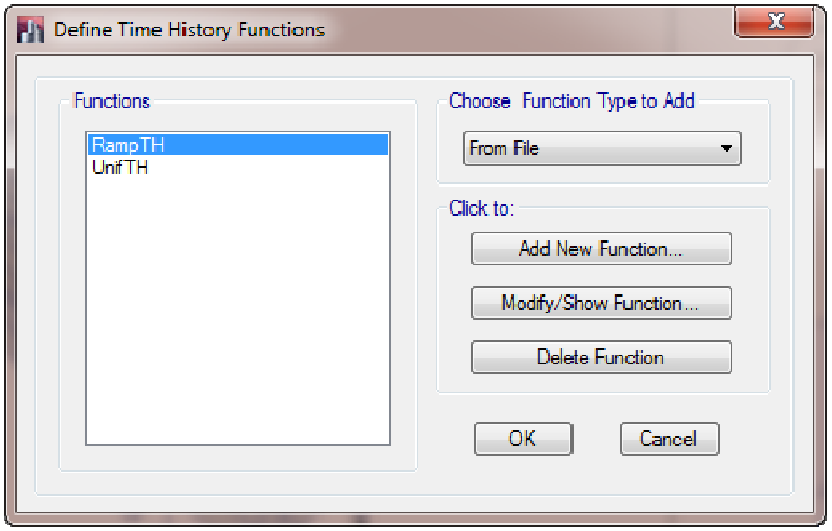


ادامه در نرم افزار ETABS 2015 :

نرم افزار ETABS 2015 را باز می کنیم. برای آنالیز دینامیکی به منوی ... Define / Functions / Time History می رویم.



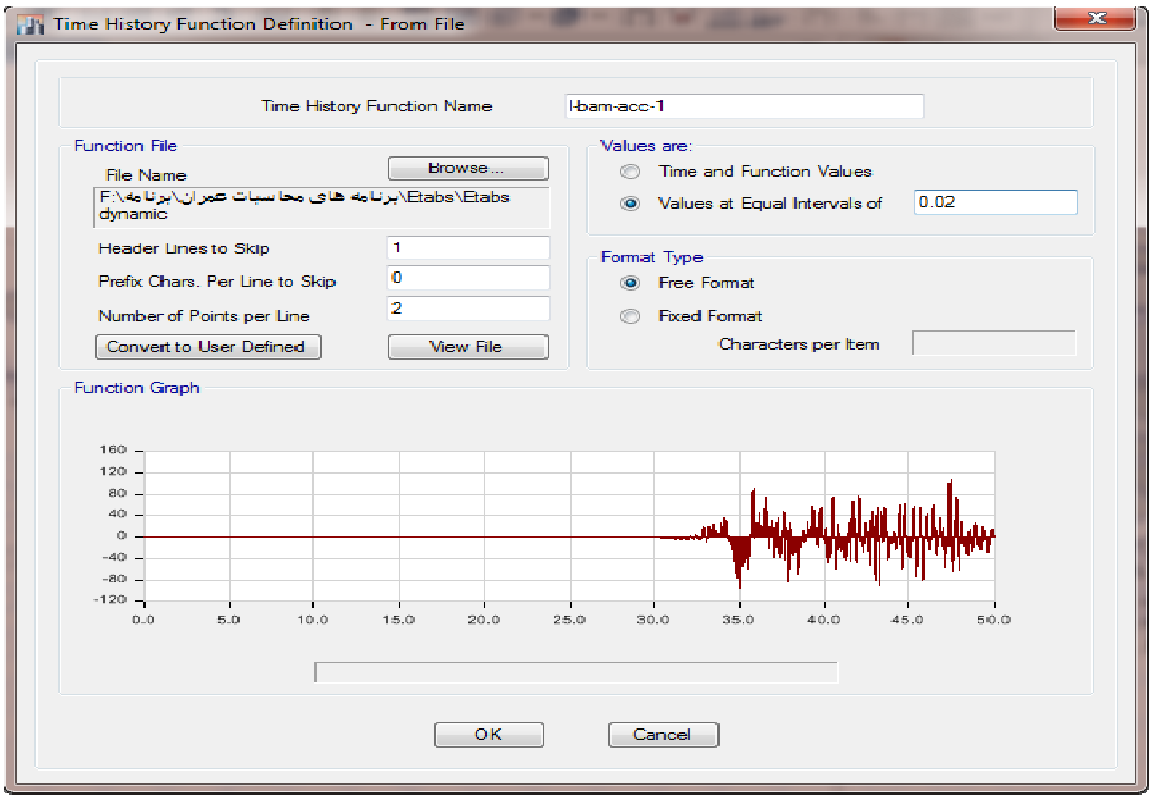
پنجره زیر باز می شود :



حال برای اضافه کردن محاسبات رکوردها (T و L) گزینه Choose Function Type Add را روی From File قرار میدهیم.

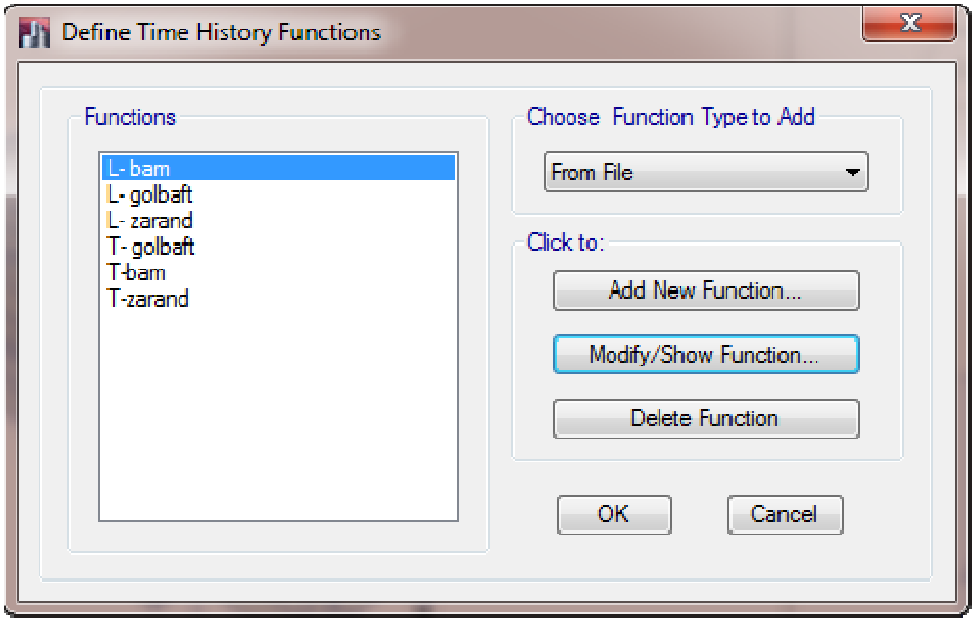
درقسمت زیرین گزینه Add New Function را زده و مقادیر را مانند پنجره زیر تنظیم نمایید :

- از گزینه Browse فایل نرمالیز شده توسط سیسموسیگال را به برنامه معرفی میکنیم.
- در قسمت Values are گزینه دوم را زده و مقدار آنرا 0.02 قرار می دهیم. فواصل بین زمانها.
-



این عمل را برای تمامی L و T های زلزله های موردنظر انجام دهید.

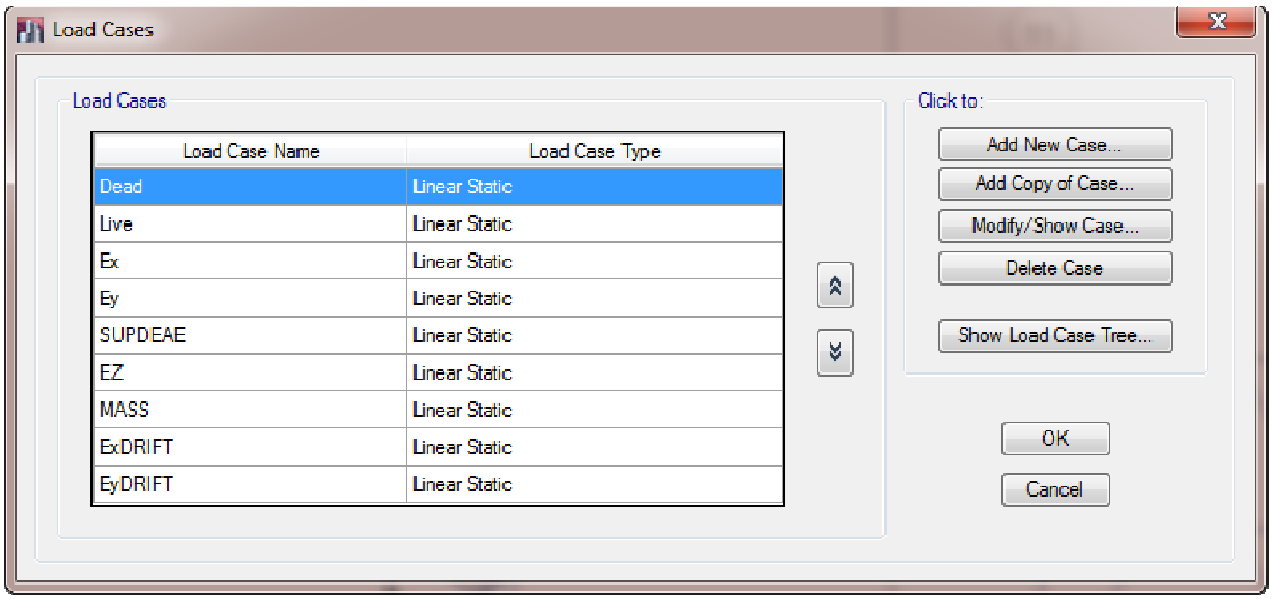
*** شکل شتاب نگاشت ها راکنترل نمائید.



می توان پیش فرض های برنامه را پاک نمود تا اشتباه نشود.

سپس به منوی Define / Load Cases رفته ور در پنجره باز شده گزینه Add New Cases را میزنیم :

در پنجره باز شده :



گزینه Add New Case را زده ودر پنجره باز شده تنظیمات زیر را انجام می دهیم :

در ابتدا نام زلزله موردنظر را مینویسم.

- گزینه Load Case Type را روی Time History و نوع آنالیز را Linear Direct Integration قرار دهید.
- در قسمت P-Delta ترکیب بار پی دلتا را وارد نمائید.

- در قسمت Load Type گزینه را روی Acceleration قرار میدهیم و در قسمت Load Name برای شتابهای L گزینه U1 و برای شتابهای T گزینه U2 را قرار میدهیم.

- در قسمت Function مقدار تابع از قبل تعیین شده را برای L وT قرار می دهیم.

- در گزینه Scale Factor مقدار ضریب نهایی بدست آمده را قرار میدهیم.

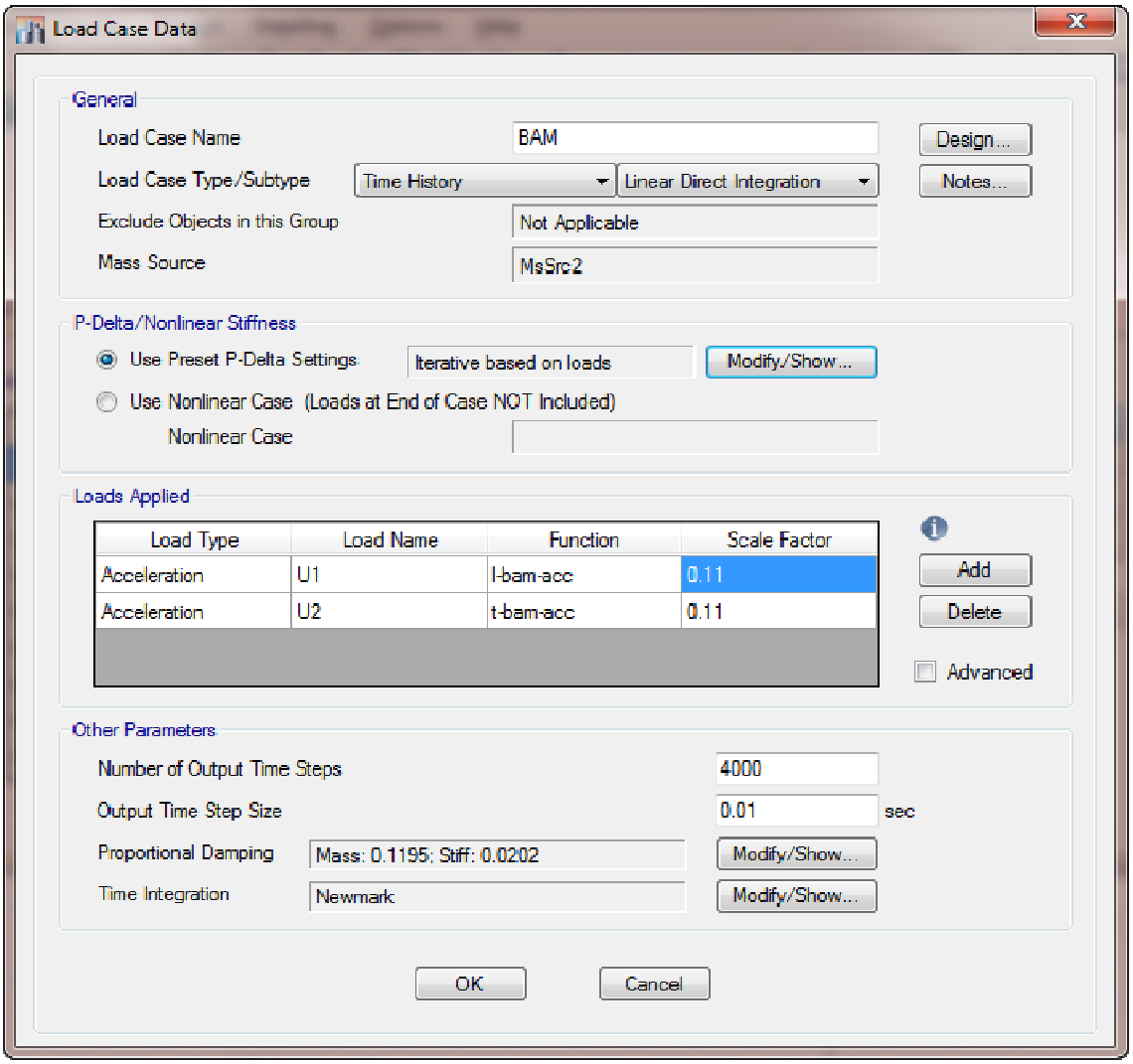
- مقدار گام های خروجی تحلیل Number of Output Time Steps را تعداد شتابنگاشت ها را قرار می دهیم.

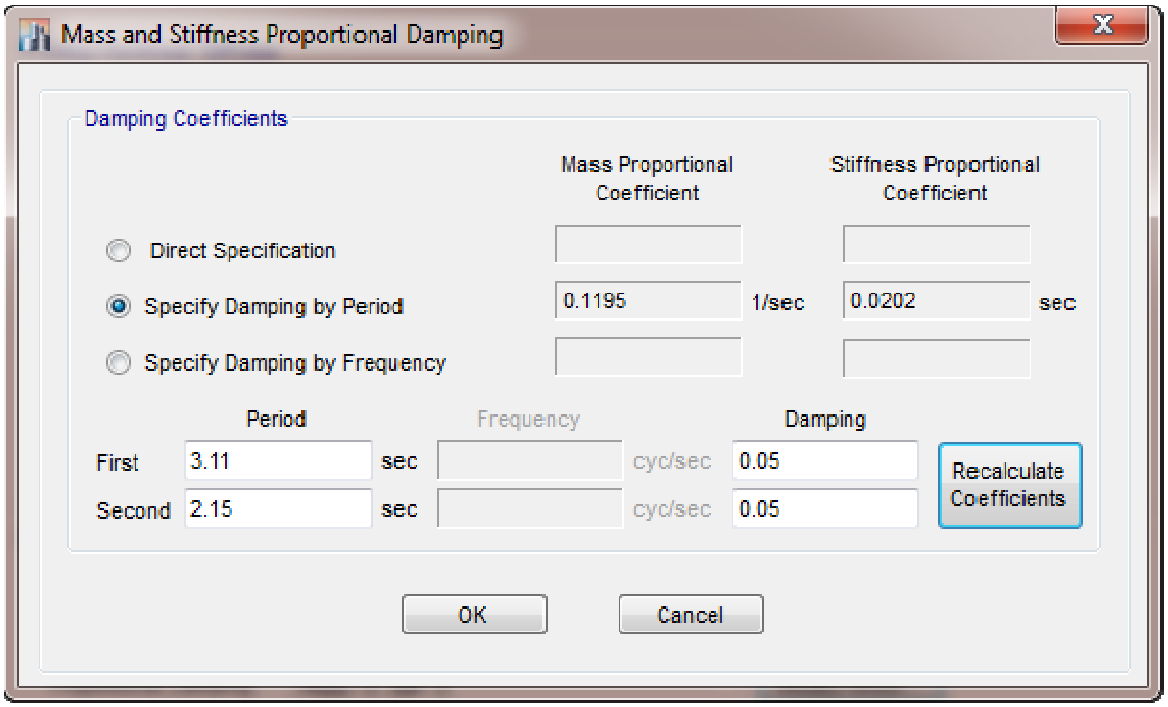
- در قسمت Output Time Step Size عدد 0.01 قرار می دهیم. (دستگاه های شتاب نگاشت معمولا شتاب زمین را در فواصل 0.01 و 0.02 ثبت می کنند. در این مثال از 0.01 استفاده شده است)

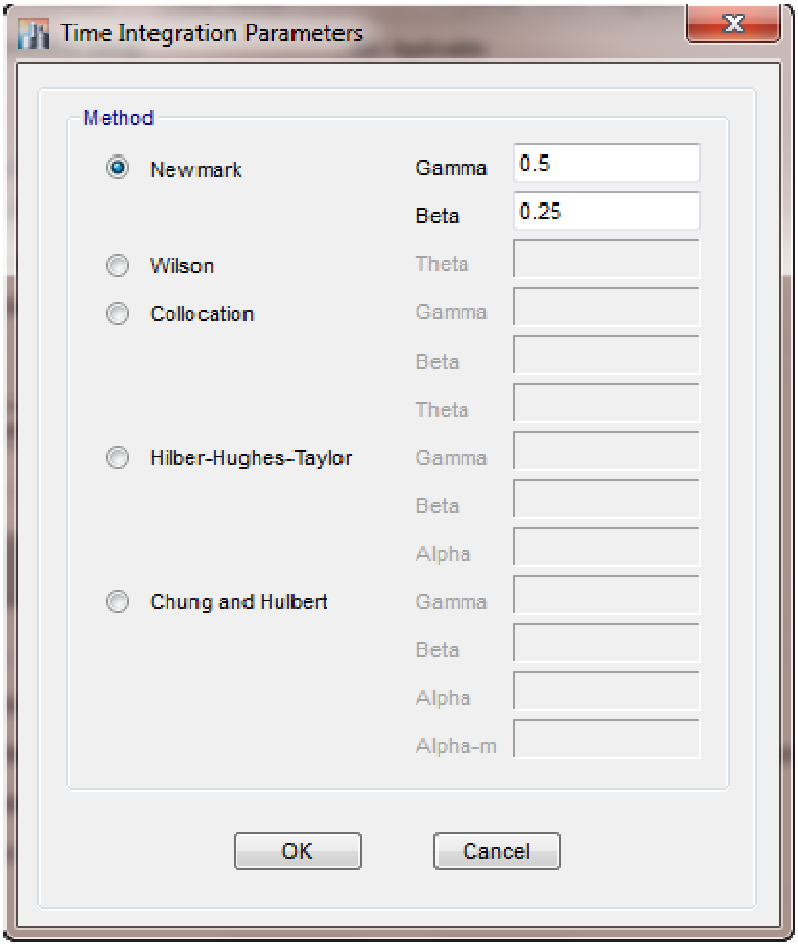
- در گزینه Proportional Damping گزینه Modify/Show را زده و در پنجره باز شده مقدار میرایی را 5 درصد و مقدار پریود اول و دوم را مینویسیم. در این حالت ضرائب میرایی متناسب با جرم و سختی (میرایی رایلی) توسط نرم افزار محاسبه شده و در تحلیل استفاده می شود.

- در Time Integration نوع حل را انتخاب میکنیم. از گزینه Newmark استفاده می کنیم با ضرائب پیش فرض.

***** دقت شود که برای هر زلزله باید از یک جفت زوج شتاب عمود بر هم استفاده گردد. (بزرگترین مقدار شتاب ثبت شده)**


Load Case Data
General
Load Case Name
BAM
Design...
Load Case Type/Subtype
Time History
Linear Direct Integration
Notes...
Exclude Objects in this Group
Not Applicable
Mass Source
MsSrc2
P-Delta/Nonlinear Stiffness
Use Preset P-Delta Settings
Iterative based on loads
Modify/Show...
Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)
Nonlinear Case
Loads Applied
Load Type
Load Name
Function
Scale Factor
Acceleration
U1
I-bam-acc
0.11
Acceleration
U2
t-bam-acc
0.11
Add
Delete
Advanced
Other Parameters
Number of Output Time Steps
4000
Output Time Step Size
0.01
sec
Proportional Damping
Mass: 0.1195; Stiff: 0.0202
Modify/Show...
Time Integration
Newmark
Modify/Show...
OK
Cancel


Mass and Stiffness Proportional Damping
Damping Coefficients
Mass Proportional Coefficient
Stiffness Proportional Coefficient
Direct Specification
Specify Damping by Period
0.1195
1/sec
0.0202
sec
Specify Damping by Frequency
Period
Frequency
Damping
First
3.11
sec
cyc/sec
0.05
Second
2.15
sec
cyc/sec
0.05
Recalculate Coefficients
OK
Cancel



این مراحل را برای تمام زلزله های دیگر نیز انجام می دهیم.

حال مدل را آنالیز کرده و برش پایه را برای حالات استاتیکی و دینامیکی همپایه می کنیم.

همپایه سازی برش های پایه حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی :

اگر مقدارد برش پایه در تحلیل دینامیکی کمتر از مقدار استاتیکی باشد باید مطابق با ضوابط آئین نامه 2800 آنرا اصلاح کنیم. این کار به روش زیر صورت میگیرد :

پس از تحلیل به منوی Display رفته و گزینه آخر Show Table را میزنیم. در پنجره باز شده گزینه Analysis و سپس قسمت Results را باز میکنیم. گزینه Structure Results و تیک گزینه Story Forces را زده و در پایین ok را میزنیم.

در پنجره باز شده میتوانید در ستونهای Vمقادیر برش پایه برای جهت های X,Y را مشاهده نمائید. در ابتدا در بالا ستون Load Case/Combo کلیک راست موس را زده و از پنجره باز شده مقادیر شتاب وارد شده (BAM) در جهت های X,Y را انتخاب کنید. حال مقادیر V رادر طبقه اول خوانده با فرمول زیر ضریب اصلاح را محاسبه نمایید :

حالات بار مورد نیاز :

- حالت بار دینامیک با حالت بار استاتیکی معادل بدون برون از مرکزیت اتفاقی در جهت X (E_x)
- حالت بار دینامیک با حالت بار استاتیکی معادل بدون برون از مرکزیت اتفاقی در جهت Y (E_y)
- حالت بار دینامیک با یکی از حالات بار استاتیکی معادل دارای برون از مرکزیت اتفاقی در جهت X (E_{px})
- حالت بار دینامیک با یکی از حالات بار استاتیکی معادل دارای برون از مرکزیت اتفاقی در جهت Y (E_{py})
-

$$\textbf{ضریب اصلاح} = \frac{\text{استاتیکی برش}}{\text{دینامیکی برش}}$$

$$\textbf{Scale} = \frac{V}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}$$

صورت برش استاتیکی معادل و مخرج برش دینامیکی.

باید چهار ضریب اصلاح محاسبه کنید. در جهت های X,Y .

اگر عدد بدست آمده Scale بیشتر از 1 بود باید آنرا در ضریب مقیاس اول ضرب نموده و این کار را آنقدر تکرار میکنیم تا به عدد 1 برسیم. در این هنگام برش دینامیکی با برش استاتیکی هم پایه شده است.

2- روش تحلیل طیفی :

یکی از روش های تحلیل دینامیکی است که در آن مدهای طبیعی نوسان آن تعیین می گردد و سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به رمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست آورده شده و با ترکیب آماری آنها بارتاب کلی سازه تعیین می گردد.

تعداد مدهای نوسان : در هر یک ار دو امتداد متعامد ساختمان باید تمام مدهای نوسان که مجموع جرمهای موثر در آنها بیشتر از **90** درصد جرم کل سازه است، درنظر گرفته شود.

ترکیب اثر مودها : حداکثر بازتاب های دینامیکی سازه در هر مود، از قبیل نیروهای داخلی اعضاء تغییر مکان ها، نیروی طبقات، برش طبقات و عکس العمل پایه ها باید با استفاده از روشهای آماری شناخته شده مانند روش جذر مجموع مربعات SRSS و یا روش ترکیب مربعی کامل CQC ترکیب گردد. در ساختمان های نامنظم در پلان و یا در ساختمان هایی که پیچش در آنها حائز اهمیت است، روش ترکیب مدها باید دربرگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد، در این موارد می توان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

1- **روش SRSS :** در این روش فرض شده است که هیچگونه همبستگی بین پاسخ های مودی وجود ندارد و لذا نتیجه نهایی این روش از جذر مجموع مربعات پاسخ مودها بدست می آید. زمانی که نسبت فرکانس دو مود ارتعاشی کمتر یا مساوی 0.67 باشد، میتوان از اثر همبستگی مودها صرف نظر نمود و ترکیب مودها را با روش های ساده مثل روش جذر مجموع مربعات SRSS انجام داد. مقدار میرایی مودهای ارتعاشی روی نتایج روش SRSS تاثیرگذار نمی باشد.

2- **روش CQC :** روش ترکیب مربعات کامل که قادر به درنظرگیری همبستگی مودهای ارتعاشی است. این روش پیش فرض نرم افزار ETABS می باشد و دقت قابل قبولی دارد. اگر میرایی تمامی مودهای سازه صفر باشد این روش به روش SRSS تبدیل خواهد شد.

3- **روش GMC :** روش عمومی ترکیب مودها که از نظر کاربردی شبیه روش CQC است ولی فرمول بندی و فرضیات آن متفاوت میباشد. اگر میرایی تمامی مودهای سازه صفر باشد این روش به روش SRSS تبدیل خواهد شد.

4- **روش Absolute :** روش جمع قدرمطلق پاسخ های مودی که پاسخ تمام مودها را با یکدیگر جمع می کند. در این روش فرض بر این است که بین تمام مودهای ارتعاشی همبستگی کامل وجود دارد. نتایج این روش ممکن است خیلی بزرگ باشد و روشی است محافظه کارانه.

اصلاح مقادیر بازتاب : در مواردی که برش پایه بدست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتسکس معادل باشد، مقدار برش پایه تحلیل طیفی باید به مقادیر زیر افزایش داه شده و بازتاب های سازه متناسب با آنها اصلاح گردد.

-- در سازه های نامنظم، که نامنظمی در آنها ار نوع طبقه خیلی ضعیف یا طبقه خیلی نرم یا پیچشی شدید نباشد، مقادیر بازتاب ها باید در 90 درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند ولی در سازه های نامنظمی که نامنظمی آنها مشمول موارد فوق الذکر باشد، مقادیر بازتابها باید در نسبت بس پایه استاتیکی معادل به برش بدست آمده ار تحلیل طیفی ضرب شود.

-- در سازه های منظم، مقادیر بازتاب ها باید در 85 درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه بدست آمده از تحلیل طیف ضرب شود.

***مقادیر برش پایه تعدیل شده در بالا نباید از برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی کمتر درنظر گرفته شود.

اثر پیچش : در تحلیل طیفی باید اثر پیچش و پیچش اتفاقی را مشابه با ضوابط آیین نامه منظور نمود.

طیف طرح استاندارد : این طیف منعکس کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آئین نامه و از حاصلضرب مقادیر ضریب بازتاب ساختمان B در پارامترهای نسبت شتاب مبنای A، ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار $1/R_u$ بدست می آید. در تعیین این طیف نسبت میرایی 5 درصد درنظر گرفته شده است.

$S_a = (ABI/R_u)g$

طیف طرح ویژه ساختگاه : این طیف با استفاده از مشخصات زلزله های منطقه و ساختگاه و با توجه به ویژگی های زمین شناسی، تکتونیکی، لرزه شناسی، میزان خطر پذیری و مشخصات خاک در لایه های مختلف ساختگاه و با به کارگیری نسبت میرائی 5 درصد تعیین می گردد. مقادیر محاسبه شد این طیف باید در ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار $1/R_u$ ضرب می گردد.

مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه نباید کمتر از 80 درصد مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود.

استفاده از طیف طرح ویژه برای تمامی ساختمان ها اختیاری است ولی در ساختمان های زیر استفاده از این طرح اجباریست :

الف-ساختمان های با ارتفاع بیش از 150 متر از تراز پایه و یا دارای زمان تنائب اصلی نوسان T ، بیشتر از 3.5 ثانیه.

ب-ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد که بر روی زمین های غیر از نوع I، II و یا III ساخته می شوند.

پ-ساختمان های بلندتراز 50 متر که بر روی زمین های غیر از نوع I، II و یا III ساخته می شوند.

ت- ساختمان های بلندتراز 50 متر که بر روی زمین های غیر از نوع I، II و یا III ، با ضخامت لایه خاک بیش از 60 متر ساخته می شوند.

روش کار :

محاسبه طیف طرح استاندارد :

شتاب طیفی مطابق با آیین نامه 2800 برابر است با :

$S_a = (ABI/R_u)g$

*** برای هر جهت باید S_a را محاسبه نمود.

محاسبه ضریب بازتاب :

B=B1N

B1 =

$$\begin{cases} S_0 + (S - S_0 + 1)\left(\frac{T}{T_0}\right) & 0 \le T \le T_0 \\ S + 1 & T_0 \le T \le T_s \\ (S+1)\left(\frac{T_s}{T}\right) & T \ge T_s \end{cases}$$

الف- برای پهنه نسبی خطر خیلی زیاد و زیاد :

N = 1 $\quad T < T_s$

N = $\frac{0.7}{4-T_s}$ (T-T_s) + 1 $\quad T_s < T < 4sec$

N = 1.7 $\quad$ T > 4sec

ب- برای پهنه نسبی خطر کم و خیلی کم :

N = 1 $\quad T < T_s$

N = $\frac{0.4}{4-T_s}$ (T-T_s) + 1 $\quad T_s < T < 4sec$

N = 1.4 $\quad$ T > 4sec

پس به ازای هر مقدار زمان تناوب یک مقدار ضریب بازتاب خواهیم داشت. حداکثر زمان تناوب بهتر است عددی بین 5 تا 10 ثانیه باشد. برای شروع می توان از زمان 0.05 شروع کرد و به ازای هر 0.05 ثانیه یک مقدار ضریب بازتاب محاسبه می نماییم.

T = 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65 0.7 0.75 0.8 0.85 0.9 0.95 1 1.05 1.1

……..……5

B =

……

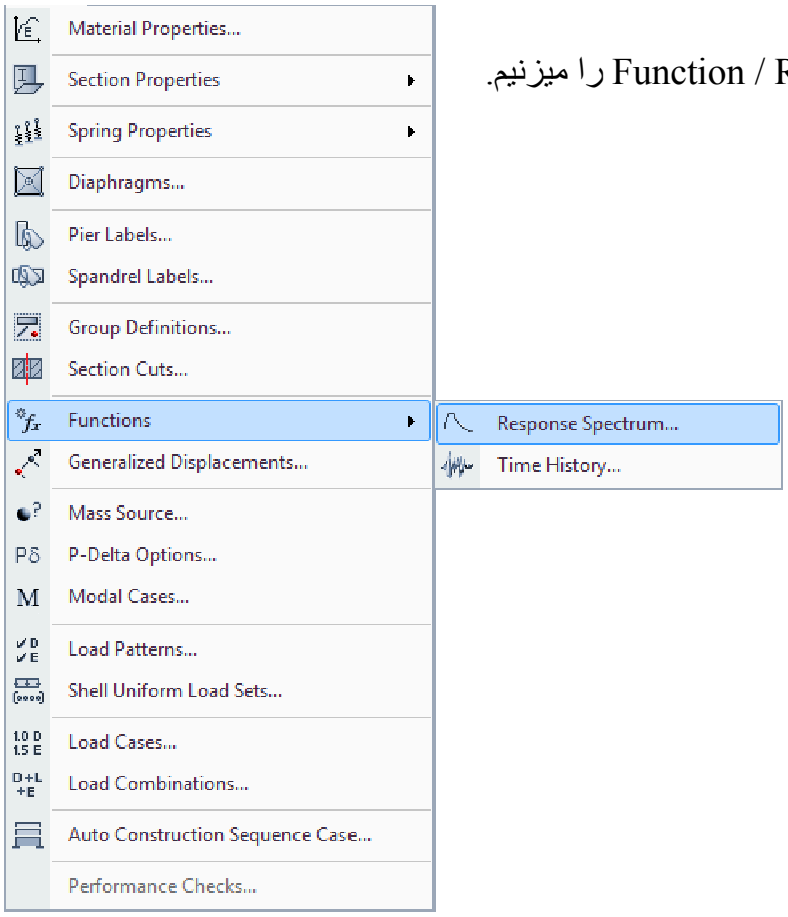
……...

محاسبات انجام شده (B ,T) را در یک فایل متنی Notepad از چپ به راست به صورت ستون اول T و ستون کنار آن B ذخیره می کنیم.

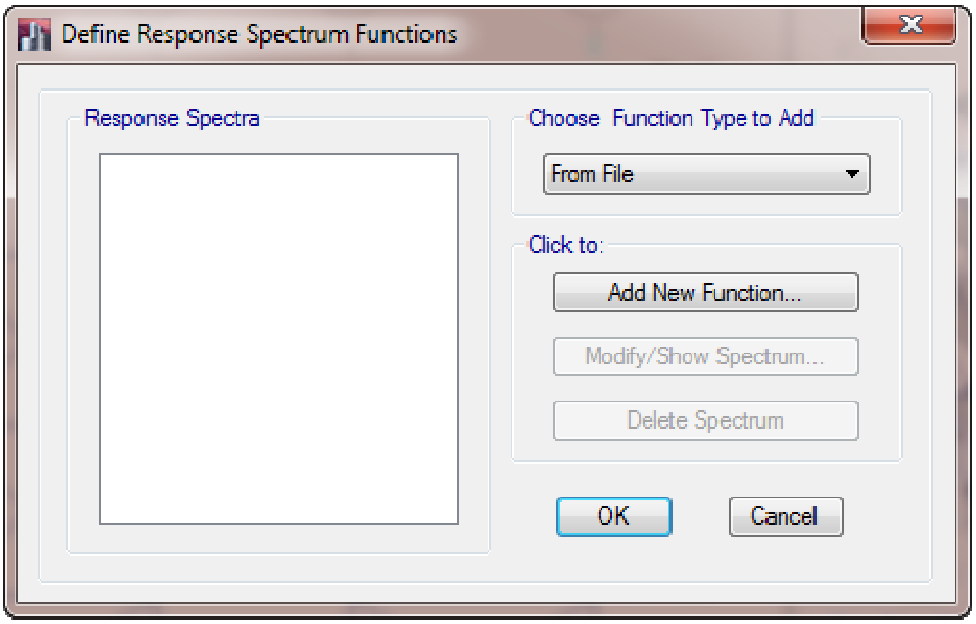
حال S_a را در جهات x و y را برحسب B محاسبه می نماییم.

مراحل کار در نرم افزار ETABS 2015 :

از منوی Define گزینه Function / Response Spectrum را میزنیم.



در پنجره باز شده بهتر است پیش فرض ذخیره شده را با گزینه Delete حذف نمود.



گزینه Choose Function Type Add را روی قسمت From File قرار میدهیم و گزینه Add New Function… را کلیک میکنیم. در پنجره باز شده در قسمت بالامی توانید نامی را بنویسید. در قسمت Function Damping Ratio مطابق با آیین نامه عدد 0.05 را وارد می کنیم. در قسمت Function File گزینه Browse را زده و فایل متن ذخیره شده را انتخاب می کنیم. بقیه گزینه ها پیش فرض باشند. در پایین شکل ظاهر شده را مشاهده می نمایید.

این کار را نیز می توان با گزینه User در پنجره Define Response Function نیز انجام داد و زمان تناوب و ضریب بازتاب را نسبت به هم وارد نمود تا شکل گراف تکمیل شود.

معرفی حالات بار دینامیکی :

در منوی Define گزینه … Load Cases را میزنیم . در پنجره باز شده Add New Case…را زده در قسمت Load Case Name نام حالت بار را با توجه به جهت آن می نویسیم. مثلا Sx . در قسمت Load Case Type گزینه Response Spectrum را انتخاب می نماییم. در جدول Load Applied در ستون Load Type گزینه Acceleration را قرار داده و در ستون Load Name برای جهت x گزینه U1 (درجات آزادی در راستای x) و برای جهت y گزینه U2 (درجات آزادی در راستای y) را انتخاب می نماییم. گزینه U3 مربوط به درجات آزادی در راستای Z می باشد. در ستون Function نام همان منحنی طیف بازتاب را انتخاب می کنیم که در بالا ساخته ایم. (گراف B ,T) . در ستون Scale Factor مقدار شتاب مبنای طرح را وارد می نماییم.

میتوان برای اعمال ترکیب بار 100-30 باید مقدار شتاب مبنای طرح را در 0.3 و برای اعمال ترکیب بارهای تشدید یافته آنرا در Ω و در صورت نیاز در ρ ضرب می نماییم. (هم در جهت x و هم در جهت y) .

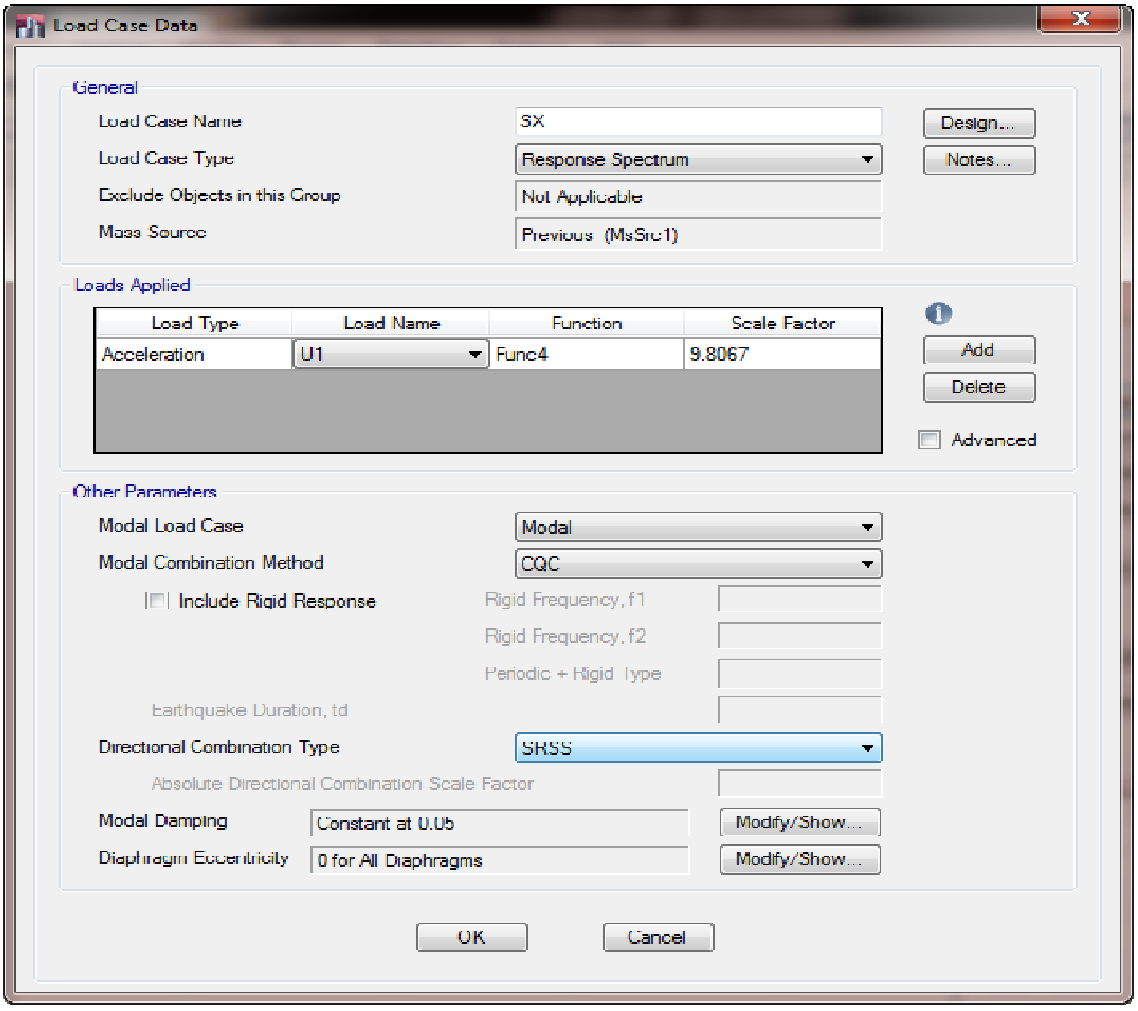
$$S_a = (ABI/R_u)g*2*0.3$$

در قسمت Modal Combination Method گزینه CQC (روش ترکیب مربعی کامل) را انتخاب می نمائیم.

در گزینه Directional Combination Type گزینه SRSS(روش جذر مجموع مربعات) را انتخاب می نماییم.

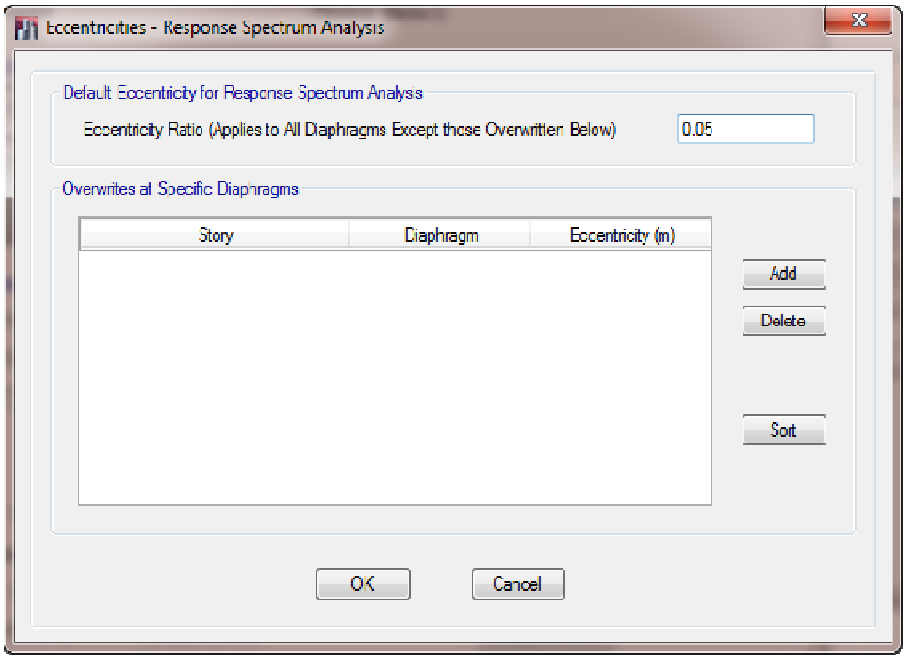
در قسمت Modal Damping مقدار میرائی را برابر 0.05 درنظر میگیریم.

البته قسمتهای بالا بصورت پیش فرض می باشند و نیازس به عوض کردن ندارند.

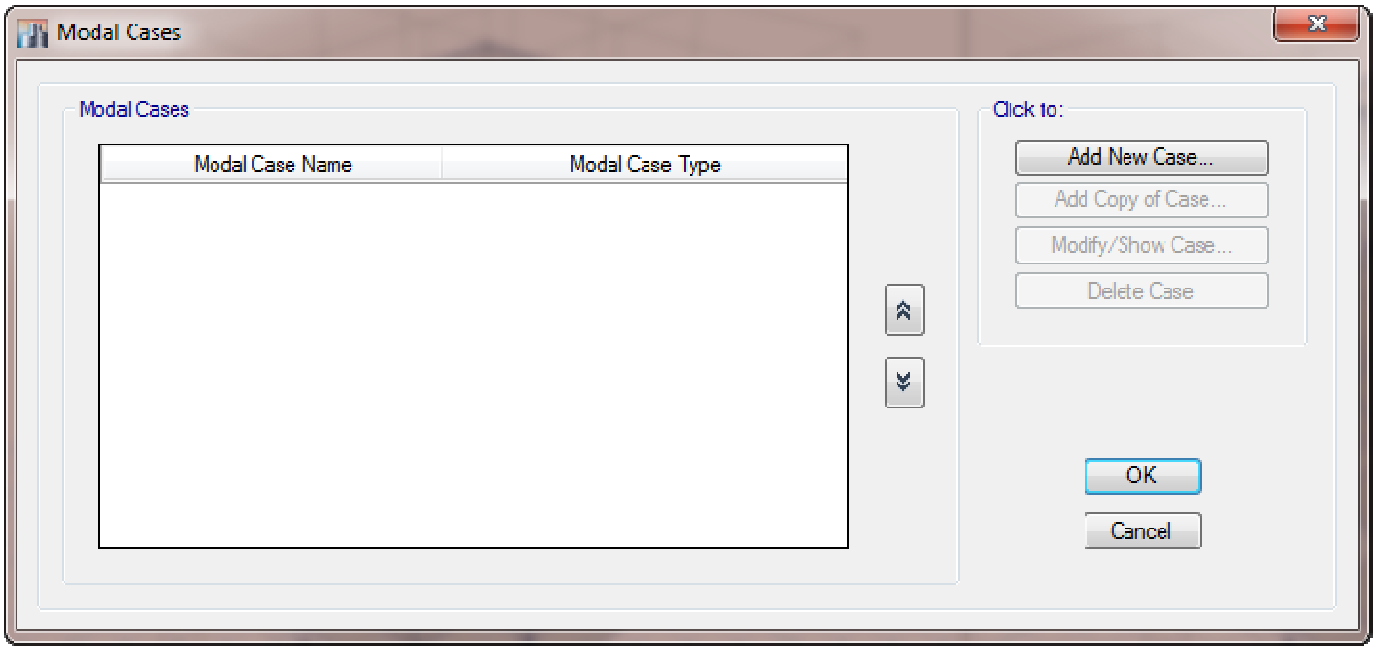


این مراحل را یک بار برای جهت x بدون خروج از مرکزیت مثلا به نام Sx و یکبار برای جهت x دارای خروج از مرکزیت مثلا SPx انجام میدهیم. عین این مراحل برای جهت y نیز با شتاب مبنای طرح خود و جهت U2 ، به همین ترتیب تکرار می شود.

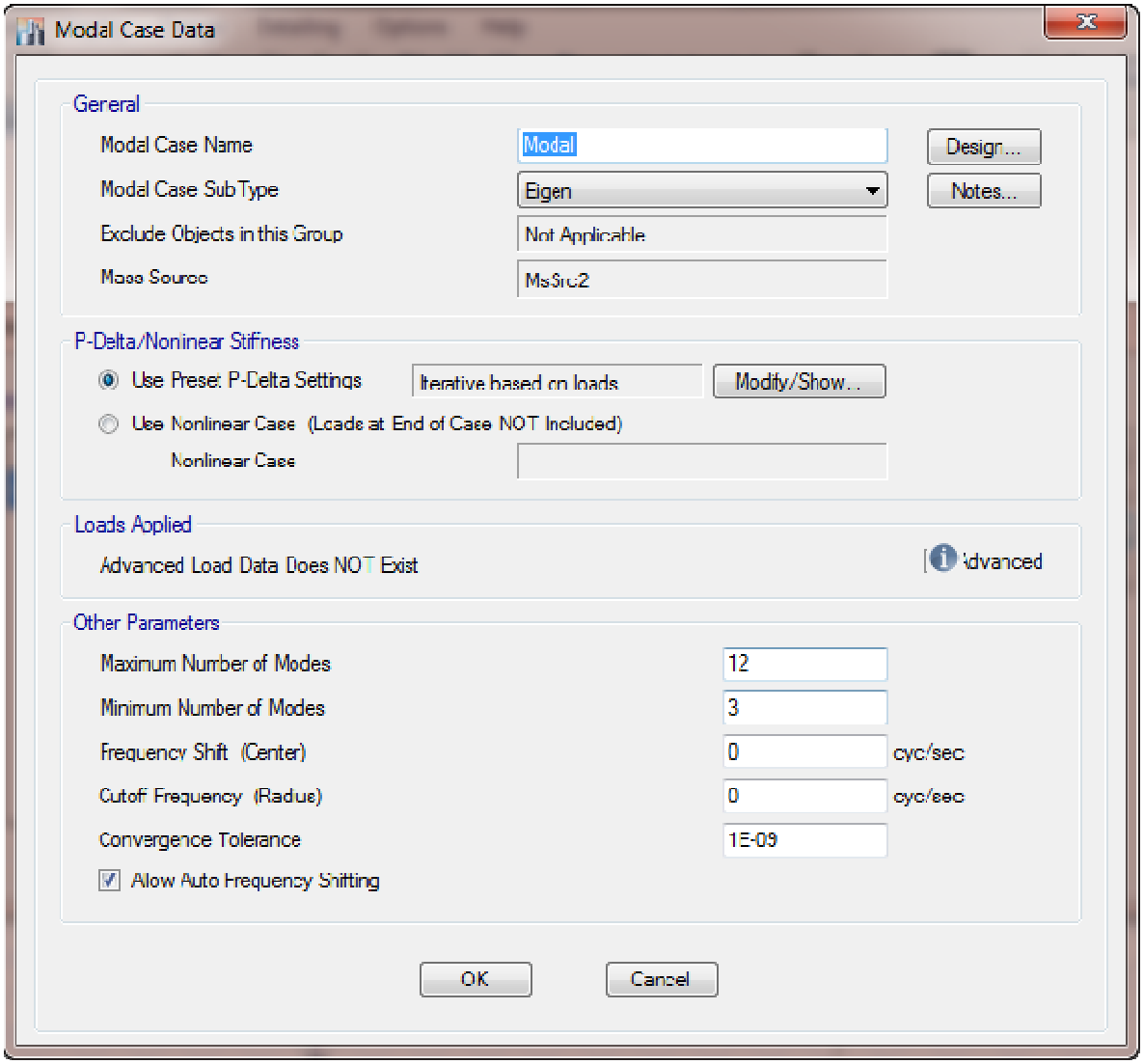
فقط توجه شود که برای ایجاد خروج از مرکزیت در Diaphragm Eccentricity گزینه Modify/Show…را زده و مقدار 0.05 را مطابق شکل وارد مینمائیم.



به منوی Define رفته و گزینه Modal Case را میزنیم. در پنجره بازشده Add New Case را زده و تنظیمات زیر را انجام می دهیم.



- در بالا نامی را به دلخواه مینویسیم.
- در قسمت Modal Case Sub Type نوع آنالیز را روی روش Eigen مقادیر ویژه که در آنالیز دینامیکی کاربرد بیشتری دارد قرار می دهیم.
- در گزینه P-Delta ترکیب بار پی دلتا را وارد می کنیم.
- در قسمت Other Parameters باید مقادیر حداکثر و حداقل تعداد مودها را وارد کنیم. معمولا مقدار حداقل مود ها Minimum Number of Modes عدد 3 و تعداد حداکثر Maximum Number of Modes در صورت صلب بودن سقف 3 برابر تعداد طبقات می باشد. اگر سقف صلب نباشد 6 برابر تعداد طبقات خواهد شد.



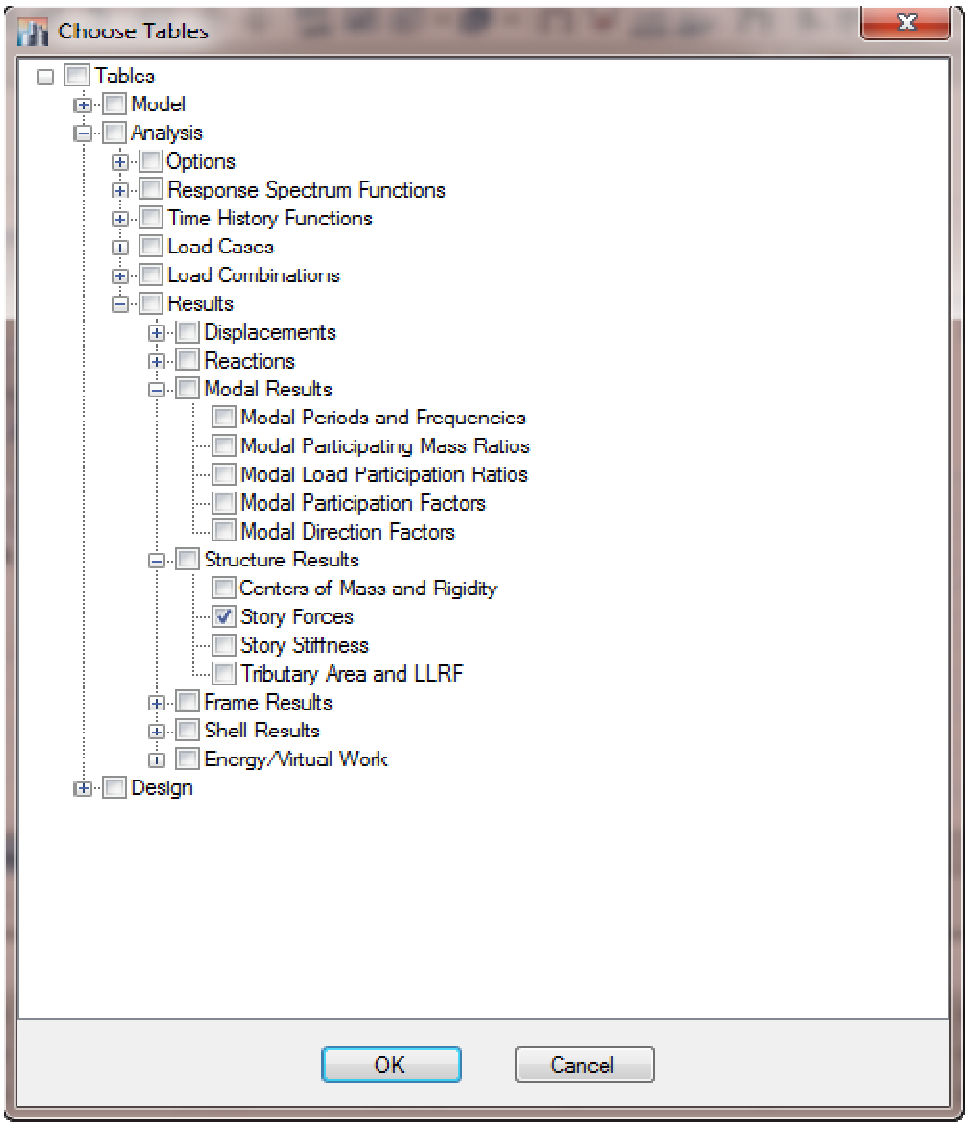
بقیه گزینه ها را پیش فرض قبول میکنیم.

حال سازه را آنالیز و نتایج را کنترل میکنیم.

همپایه سازی برش های پایه حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی :

اگر مقدارد برش پایه در تحلیل دینامیکی کمتر از مقدار استاتیکی باشد باید مطابق با ضوابط آئین نامه 2800 آنرا اصلاح کنیم. این کار به روش زیر صورت میگیرد :

پس از تحلیل به منوی Display رفته و گزینه آخر Show Table را میزنیم. در پنجره باز شده گزینه Analysis و سپس قسمت Results را باز میکنیم. گزینه Structure Results و تیک گزینه Story Forces را زده و در پایین ok را میزنیم.



در پنجره باز شده میتوانید در ستونهای Vمقادیر برش پایه برای جهت های X,Y را مشاهده نمائید. در ابتدا در بالا ستون Load Case/Combo کلیک راست موس را زده و از پنجره باز شده مقادیر شتاب وارد شده (S_a) در جهت های X,Y را انتخاب کنید. حال مقادیر V رادر طبقه اول خوانده با فرمول زیر ضریب اصلاح را محاسبه نمایید :

حالات بار مورد نیاز :

- حالت بار دینامیک S_x با حالت بار استاتیکی معادل بدون برون از مرکزیت اتفاقی در جهت X (E_x)
- حالت بار دینامیک S_y با حالت بار استاتیکی معادل بدون برون از مرکزیت اتفاقی در جهت Y (E_y)
- حالت بار دینامیک Sp_x با یکی از حالات بار استاتیکی معادل دارای برون از مرکزیت اتفاقی در جهت X (E_{px})
- حالت بار دینامیک Sp_y با یکی از حالات بار استاتیکی معادل دارای برون از مرکزیت اتفاقی در جهت Y (E_{py})
-

$$\textbf{ضریب اصلاح} = \frac{\text{استاتیکی برش}}{\text{دینامیکی برش}}$$

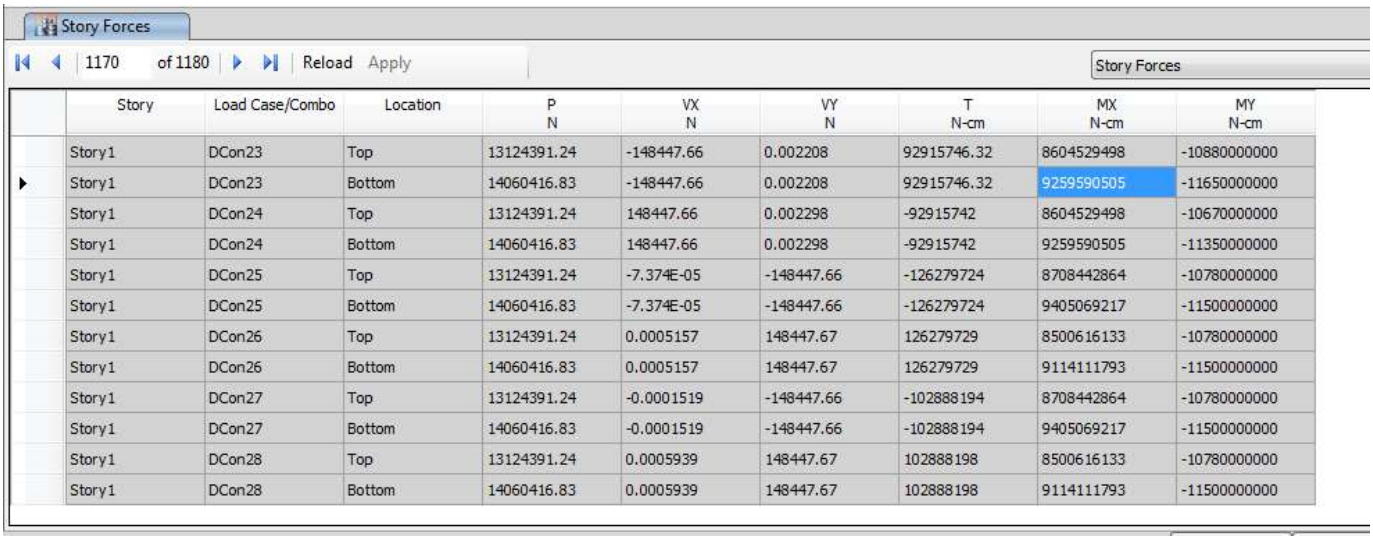
$$\textbf{Scale} = \frac{\text{ضریب} * \boldsymbol{V}}{\sqrt{\boldsymbol{V_x^2} + \boldsymbol{V_y^2}}}$$

صورت برش استاتیکی معادل و مخرج برش دینامیکی.

مقدار ضریب مطابق با ضوابط گفته شده در اصلاح بازتاب می باشد. مثلا برای ساختمان های منظم 90 درصد یا 0.9.

باید چهار ضریب اصلاح محاسبه کنید. در جهت های X,Y .

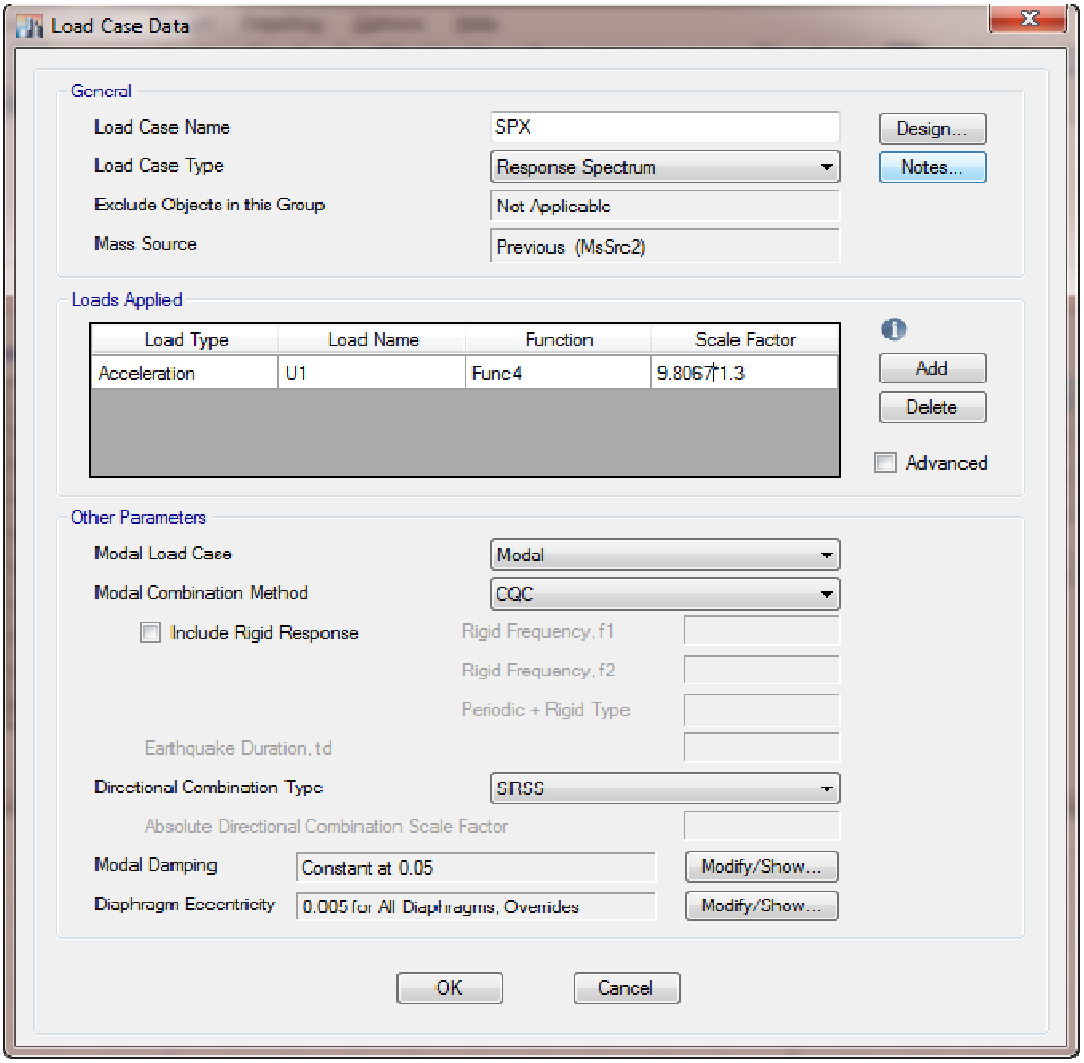
اگر عدد بدست آمده Scale بیشتر از 1 بود باید آنرا در ضریب مقیاس اول ضرب نموده و این کار را آنقدر تکرار میکنیم تا به عدد 1 برسیم. در این هنگام برش دینامیکی با برش استاتیکی هم پایه شده است.


Story Forces

1170 of 1180 Reload Apply

Story Forces

Story	Load Case/Combo	Location	P N	VX N	VY N	T N-cm	MX N-cm	MY N-cm
Story1	DCon23	Top	13124391.24	-148447.66	0.002208	92915746.32	8604529498	-10880000000
Story1	DCon23	Bottom	14060416.83	-148447.66	0.002208	92915746.32	9259590505	-11650000000
Story1	DCon24	Top	13124391.24	148447.66	0.002298	-92915742	8604529498	-10670000000
Story1	DCon24	Bottom	14060416.83	148447.66	0.002298	-92915742	9259590505	-11350000000
Story1	DCon25	Top	13124391.24	-7.374E-05	-148447.66	-126279724	8708442864	-10780000000
Story1	DCon25	Bottom	14060416.83	-7.374E-05	-148447.66	-126279724	9405069217	-11500000000
Story1	DCon26	Top	13124391.24	0.0005157	148447.67	126279729	8500616133	-10780000000
Story1	DCon26	Bottom	14060416.83	0.0005157	148447.67	126279729	9114111793	-11500000000
Story1	DCon27	Top	13124391.24	-0.0001519	-148447.66	-102888194	8708442864	-10780000000
Story1	DCon27	Bottom	14060416.83	-0.0001519	-148447.66	-102888194	9405069217	-11500000000
Story1	DCon28	Top	13124391.24	0.0005939	148447.67	102888198	8500616133	-10780000000
Story1	DCon28	Bottom	14060416.83	0.0005939	148447.67	102888198	9114111793	-11500000000


Load Case Data
General
Load Case Name
SPX
Design...
Load Case Type
Response Spectrum
Notes...
Exclude Objects in this Group
Not Applicable
Mass Source
Previous (MsSrc2)
Loads Applied
Load Type
Load Name
Function
Scale Factor
Acceleration
U1
Func4
9.8067*1.3
Add
Delete
Advanced
Other Parameters
Modal Load Case
Modal
Modal Combination Method
CQC
Include Rigid Response
Rigid Frequency, f1
Rigid Frequency, f2
Periodic + Rigid Type
Earthquake Duration, td
Directional Combination Type
SRSS
Absolute Directional Combination Scale Factor
Modal Damping
Constant at 0.05
Modify/Show...
Diaphragm Eccentricity
0.005 for All Diaphragms, Overrides
Modify/Show...
OK
Cancel

کنترل درصد مشارکت مودها:

مطابق با آیین نامه 2800 ویرایش چهارم تمام مودهای نوسان مجموع جرم های موثر آنها در هر جهت باید بزرگتر از 90 درصد جرم کلی سازه باشد.

برای این کنترل پس از همپایه سازی به منوی Display رفته و گزینه آخر Show Table را میزنیم. در پنجره باز شده گزینه Analysis و سپس قسمت Results را باز میکنیم. گزینه Modal Results و تیک گزینه Modal Participating Mass Ratio را زده و در پایین ok را میزنیم.

در پنجره باز شده در ستون های Sum UX , Sum UY مقدار مود آخر باید از 0.9 بیشتر باشد.

Modal Participating Mass Ratios

12 of 12 Reload Apply

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	
Modal	1	0.276	0	0.6461	0	0	0.6461	0	0.5435	0
Modal	2	0.095	0	0.0091	0	0	0.6552	0	0.0029	0
Modal	3	0.073	0.7887	0	0	0.7887	0.6552	0	0	0.3
Modal	4	0.052	0	0.1762	0	0.7887	0.8314	0	0.165	0
Modal	5	0.03	0	0.0417	0	0.7887	0.8731	0	0.0553	0
Modal	6	0.024	0.0873	0	0	0.876	0.8731	0	0	0.3
Modal	7	0.023	0	0.0227	0	0.876	0.8958	0	0.0341	0
Modal	8	0.019	0	4.549E-05	0	0.876	0.8959	0	0.0001	0
Modal	9	0.017	0.0415	0	0	0.9176	0.8959	0	0	0.0
Modal	10	0.015	0	0.0551	0	0.9176	0.951	0	0.0989	0
Modal	11	0.012	0	0.0032	0	0.9176	0.9542	0	0.0061	0
Modal	12	0.011	0.0421	0	0	0.9596	0.9542	0	0	0.0

بقیه کنترل ها مطابق با ضوابط آیین نامه ها و همانند تحلیل استاتیکی انجام میگیرد.

پیروز باشید

ایمان نخعی

گروه آموزشی مهندس نخعی

آموزش تخصصی نرم افزارهای عمران

-آموزش کامل محاسبات سازه با نرم افزارهای Etabs 2015 , Safe 14 و نحوه تهیه دفترچه محاسبات مطابق با ویرایش جدید آیین نامه ها

-آموزش تحلیل دینامیکی سازه ها (روش طیفی و تاریخچه زمانی) با Etabs 2015 و مروری بر سیستم های دوگانه

-آموزش کاربردی نرم افزار Tekla Structures و تهیه نقشه های شاپ

-آموزش نرم افزارهای

Abaqus – Ansys - Matlab – Ls dyna

-آموزش تحلیل غیرخطی سازه ها با نرم افزار Etabs , Sap 2015

-آموزش طراحی سوله با نرم افزار Sap

-دوره طرح لرزه ای سازه های فلزی منطبق با Aisc 341-10

09123218184

مهندس ایمان نخعی