



عنوان:

نحوه تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی در آباکوس

گرد آورنده:

سید مهرزاد حسینی بای

زکات علم در انتشار آن است

امام علی (ع)

سخن گردآورنده:

به علت نیاز به بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های مختلف در مقابل نیروی زلزله و کمبود منابع این نوع تحلیل در نرم افزار آباکوس بر آن شدم که تجربیات اساتید و دانشجویان که در این حوزه کار کردند را در قالب یک فایل pdf گردآوری کنم. از آنجایی که نرم افزار آباکوس بسیار قدرتمند و گسترده می باشد و روش‌های مختلفی برای آنالیزهای مختلف وجود دارد لازم به ذکر است که چنانچه محققین عزیز راه حل و یا روش منطقی‌تری را پیدا کرده با آن روش استناد کنند. این فایل فقط برای نشان دادن مسیر می باشد و دوستان عزیز باید برای تمام موارد مطرح شده مطالعات لازم را انجام دهند. همچنین در این فایل که به صورت rar می باشد شتاب نگاشت‌های ده زلزله نیز موجود می باشد. در آخر بر خود لازم می دانم که از تمامی اساتید و دوستانی که به بنده در گردآوری این فایل کمک کردن تشکر و قدردانی کنم

Mehrzad890@gmail.com

سید مهرزاد حسینی بای

۱. تفاوت تحلیل دینامیکی و استاتیکی:

تفاوت اصلی تحلیل دینامیکی و استاتیکی در وابستگی به شتاب و زمان است. در تحلیل استاتیکی نیرو وابسته به زمان نیست و شتاب نیز صفر می باشد. در حالی که در تحلیل دینامیکی به این صورت نیست. لازم به ذکر است که برخی از تحلیل های تاریخچه زمانی برا مسائل استاتیکی و شبه استاتیکی نیز انجام می گیرد. طبق دو فرمول مهمی که در دروس تئوری الاستیسیته و دینامیک سازه گفته شده است می توان این موضوع را به وضوح مشاهده کرد.

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho b_i = \rho a_i \quad (1)$$

رابطه (۱) کلی ترین حالت معادله تعادل می باشد که در درس تئوری الاستیسیته مطرح شده بود. در این فرمول ρ چگالی، b_i نیروی حجمی، σ_{ij} تانسور تنش و a_i شتاب می باشد. در مسائل مهندسی غالباً نیروی حجمی صفر در نظر گرفته می شود (نیروی حجمی مثل نیروی جاذبه ماه بر زمین و یا اثر جذب آهن ربا به یک فلز که نیرو به حجم جسم وارد می شود نه سطح آن) همچنین در تحلیل استاتیکی شتاب نیز صفر می

باشد پس به عبارتی مقدار چگالی در تحلیل استاتیکی مهم نیست و در نهایت رابطه (۱) به صورت زیر باز نویسی می شود.

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial X_j} = 0 \quad (2)$$

$$m\ddot{U} + C\dot{U} + KU = P(t) \quad (3)$$

در رابطه (۳) m جرم سازه، C میرایی سازه، K سختی سازه هست که تمامی این موارد به صورت ماتریس سختی برای نرم افزار معرفی می شود. در تحلیل استاتیکی رابطه (۳) به صورت زیر تبدیل خواهد شد.

$$KU = P \quad (4)$$

۲- تشکیل ماتریس های جرم، سختی و میرایی:

۲-۱- تشکیل ماتریس جرم:

این ماتریس توسط خود نرم افزار در نظر گرفته می شود و لازم نیست که کاربر مقدار آن را به آباکوس اختصاص دهد.

۲-۲- تشکیل ماتریس سختی:

این ماتریس هم مانند ماتریس جرم توسط خود نرم افزار در نظر گرفته و کاربر لازم به محاسبه آن نیست.

۲-۳- تشکیل ماتریس میرایی:

اما ماتریس میرایی باید مقادیرش محاسبه شده که به صورت آلفا و بتا از آنالیز مودال در خود آباکوس قابل محاسبه هست که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد.

۳- میرایی متناسب رایلی:

تعریف ماتریس میرایی به صورت ذیل را میرایی رایلی یا متناسب می گوئیم (proportional Damping). برای تعیین ضرایب ماتریس میرایی چسبنده، ضریب استهلاک مود n ام برابر است با:

$$[C] = \alpha[m] + \beta[K] \quad (5)$$

در رابطه (۵) α ضریب جرمی میرایی و β ضریب سختی میرایی می باشند. هر چقدر بتا ریزتر، آنالیز طولانی تر خواهد بود. به همین علت در برخی از مصالح مانند سازه های بنایی که ترد هستند و کشسانی چندانی ندارند ضریب بتا را اعمال نمی کنند تا محاسبات سریع تر به اتمام برسد.

$$\xi_n = \frac{\alpha}{2\omega_n} + \frac{\beta\omega_n}{2} \quad (6)$$

در رابطه (۶) ξ_n میرایی مربوط به مود n ام و ω_n فرکانس طبیعی سازه در مود n ام می باشد.

اگر ξ_n و ξ_m مربوط به مودهای m و n در دسترس باشند آنگاه ضریب های α و β را می توان محاسبه نمود. بدین منظور ضریب فوق الذکر را برای مودهای m و n بازنویسی می کنیم.

$$\begin{cases} \xi_m = \frac{\alpha}{2\omega_n} + \frac{\beta\omega_m}{2} \\ \xi_n = \frac{\alpha}{2\omega_n} + \frac{\beta\omega_n}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{pmatrix} \xi_m \\ \xi_n \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{1}{\omega_m} & \omega_m \\ \frac{1}{\omega_n} & \omega_n \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad (7)$$

اگر رابطه (۷) را به صورت همزمان حل کنیم خواهیم داشت:

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = 2 \frac{\omega_m\omega_n}{(\omega_n)^2 - (\omega_m)^2} \begin{bmatrix} \omega_n & -\omega_m \\ -\frac{1}{\omega_n} & -\frac{1}{\omega_m} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \xi_m \\ \xi_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

۴-مباحث لرزه ای:

برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی نیاز به شتاب نگاشت های افقی و قائم می باشد که توسط شتاب نگارها در ایستگاه های مختلف ثبت می شود. حال بر حسب نوع تحقیق زلزله رو حوزه دور یا نزدیک در نظر می گیرند.

۴-۱-زلزله حوزه دور و نزدیک:

۴-۱-۲-زلزله حوزه نزدیک:

زمانی زلزله را حوزه نزدیک گویند که زلزله در نزدیکی سازه اتفاق بیافتد یعنی کانون زلزله در نزدیکی سازه باشد (در بعضی از مقالات تا ۶ کیلومتر و در بعضی دیگر تا ۱۵ کیلومتر ذکر شده است). برای انجام زلزله حوزه نزدیک باید شتاب نگاشت های افقی و قائم اسکیل یا مقیاس سازی شوند. روش های مختلفی برای مقیاس سازی شتاب نگاشت ها موجود است که ما به روشی که در آیین نامه ۲۸۰۰ آمده است می پردازیم.

۴-۱-۲-۱-اسکیل کردن یا مقیاس سازی:

پس از استخراج شتاب نگاشت‌ها، در نرم افزار سیموسیگنال این مقادیر را وارد کرده و pga (نقطه اوج) شتاب نگاشت را پیدا کرده و عدد یک را تقسیم بر آن عدد می کنیم که یک ضریب بدست می آید. این ضریب را در خود نرم افزار سیموسیگنال وارد کرده و در تمامی مقادیر شتاب نگاشت‌ها ضرب می کنیم. لازم به ذکر است که شتاب نگاشت‌های افقی و قائم جداگانه محاسبه می شوند.

۴-۲-۲-زلزله حوزه دور:

چون ایستگاه‌های مختلفی شتاب نگاشت‌ها را ثبت می کنند که با هم تفاوت دارند (تفاوت در میزان قدرت نه در گراف) پس هر کدام از این شتاب نگاشت‌ها را می توان استفاده کرد و نیازی به اسکیل کردن نیست.

۵-تنظیمات تحلیل تاریخچه زمانی در نرم افزار آباکوس:

در این قسمت می خواهیم تنظیمات مربوط به این بخش را به صورت کلی برای هر ماژول بیان کنیم. ماژول‌هایی که در این تحلیل برای ما مهم هستند:

۱. property

۲. step

۳. load

همچنین تعریف آمپلیتюд نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. این فایل بر اساس شتاب نگاشت‌های اسکیل شده بم انجام شده است.

۵-۱-ماژول property:

در این ماژول بر حسب بتنی یا فولادی بودن مدل و نوع آن باید $Density$ (چگالی ماده)، $Elastic$ (خاصیت الاستیک ماده)، $plastic$ (خواص پلاستیک برای در نظر گرفتن قسمت غیر خطی مصالح) توجه داشته باشید در تبدیل واحدها حتما دقت کنید.

Quantity	SI	SI (mm)	US Unit (ft)	US Unit (inch)
Length	m	mm	ft	in
Force	N	N	lbf	lbf
Mass	kg	tonne (10 ³ kg)	slug	lbf s ² /in
Time	s	s	s	s
Stress	Pa (N/m ²)	MPa (N/mm ²)	lbf/ft ²	psi (lbf/in ²)
Energy	J	mJ (10 ⁻³ J)	ft lbf	in lbf
Density	kg/m ³	tonne/mm ³	slug/ft ³	lbf s ² /in ⁴

اما در مرحله آخر باید مقدار ضرایب میرایی رایلی که در آنالیز مودال بدست آوردیم را وارد کنیم.

Create material...mechanical...damping

سپس مقادیر آلفا و بتا را در پنجره زیر وارد می کنیم.

The screenshot shows the 'Edit Material' window. Under 'Material Behaviors', 'Damping' is selected. In the 'Damping' section, the following values are entered:

- Alpha: 0
- Beta: 0
- Composite: 0
- Structural: 0

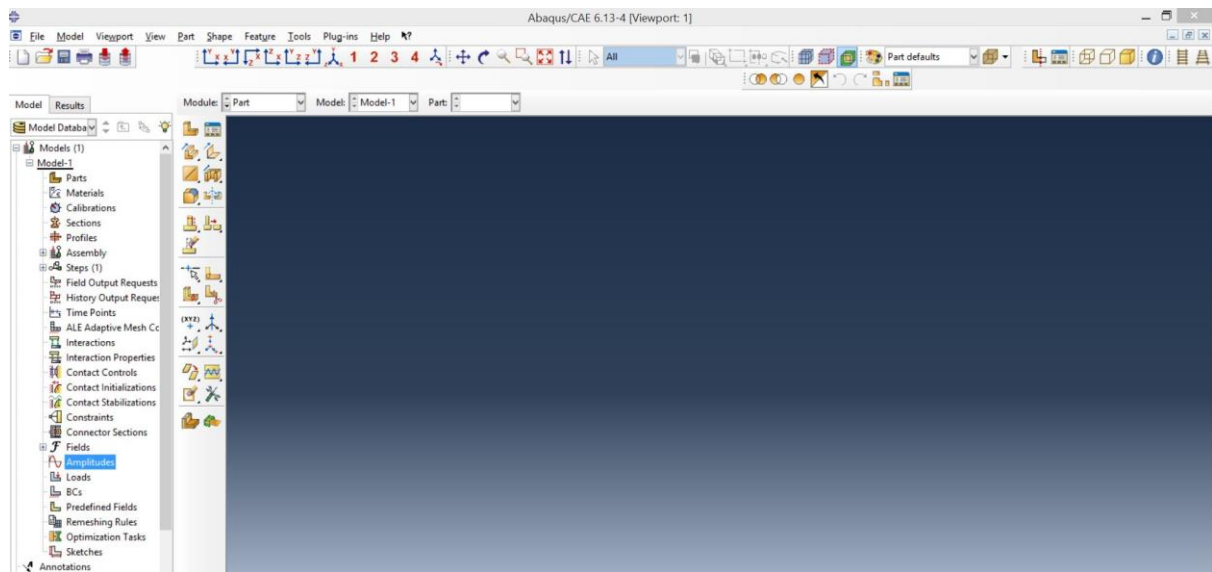
۵-۲- تعریف Amplitude:

در این قسمت دو حالت خواهیم داشت:

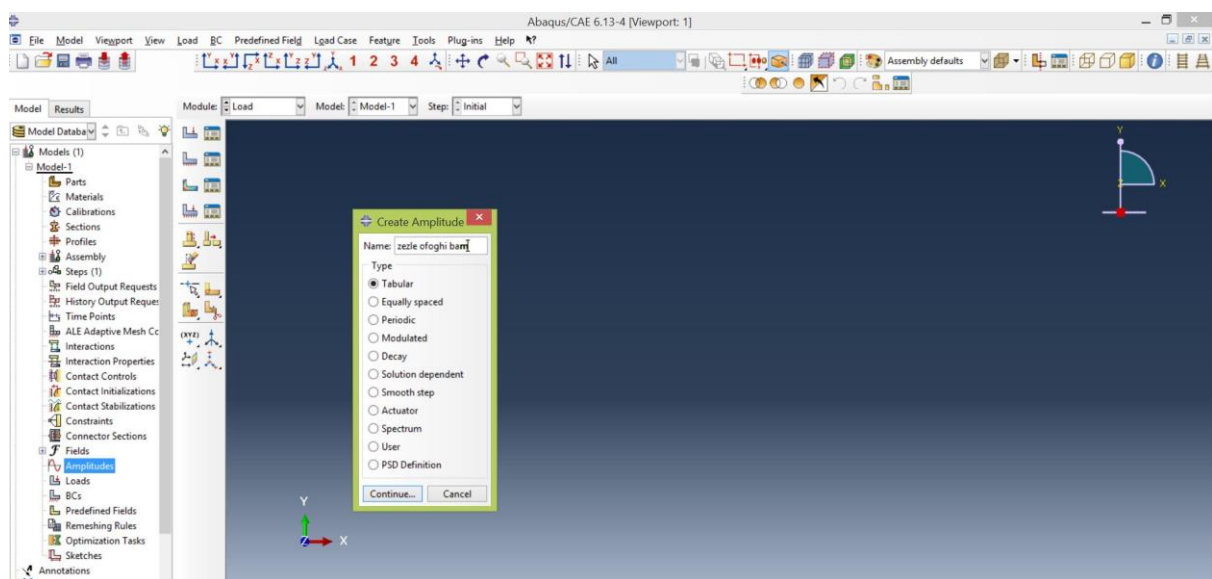
۱. تحلیل از همان اول به صورت دینامیکی انجام شود.
۲. تحلیل به مدت چند ثانیه به صورت استاتیکی انجام شود و سپس تحلیل دینامیکی شود.

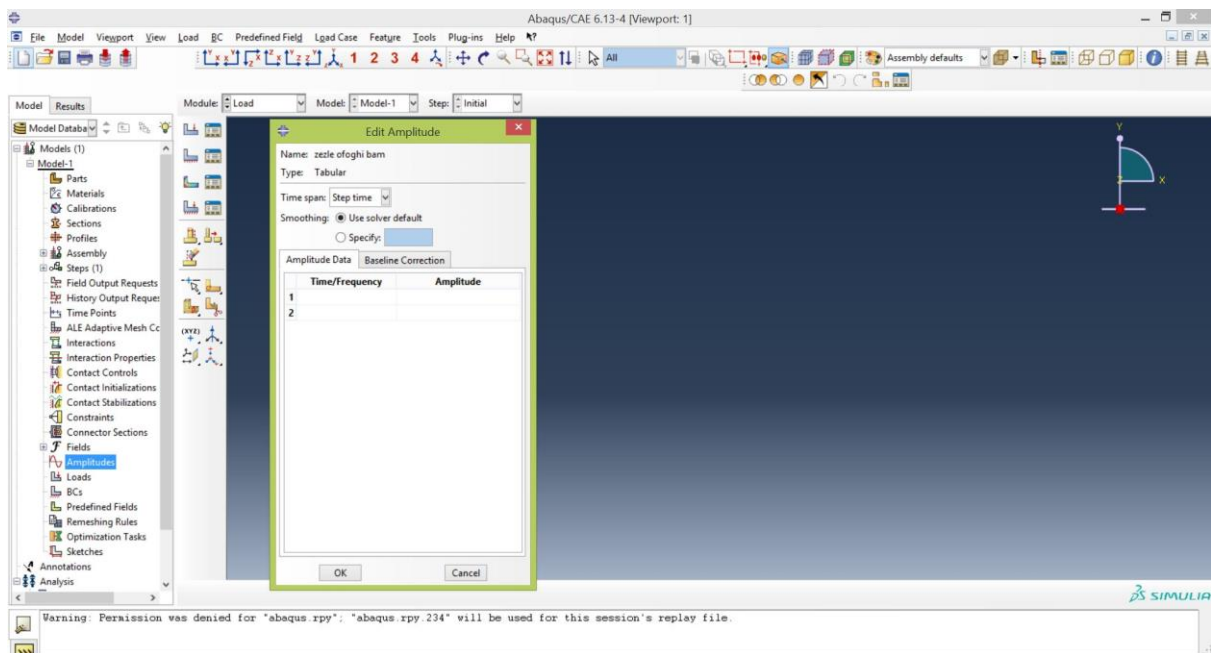
در این فایل به صورت همزمان هر دو مرحله توضیح داده می شود.

برای تشکیل amplitude از نمودار درختی که در شکل زیر با رنگ آبی معلوم می باشد استفاده می کنیم.

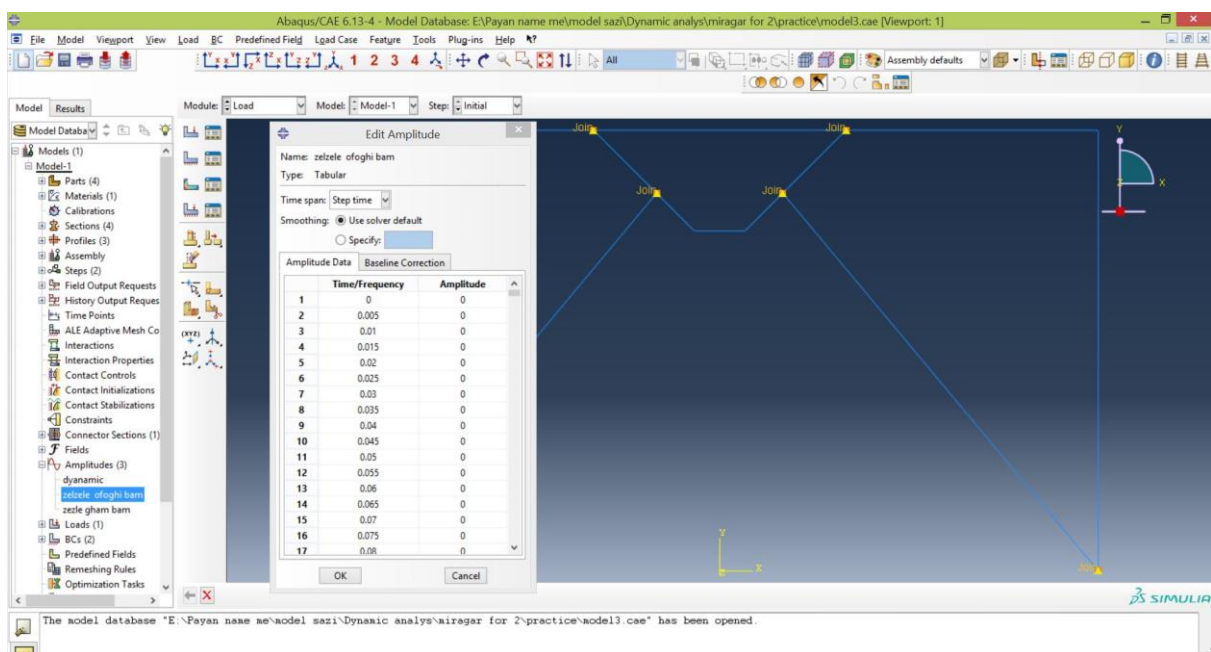


در این مرحله باید دو نوع امپلیتюд وارد شود اولی شتاب نگاشت های افقی زلزله بم و دومی شتاب نگاشت های قائم زلزله بم می باشد .





در این مرحله به نرم افزار اکسل رفته و شتاب نگاشت‌های مقیاس شده افقی رو کپی کرده و در پنجره Edit Amplitude جایگذاری می کنیم. (فایل اکسل چند زلزله از جمله بم به این فایل ضمیمه شده است)



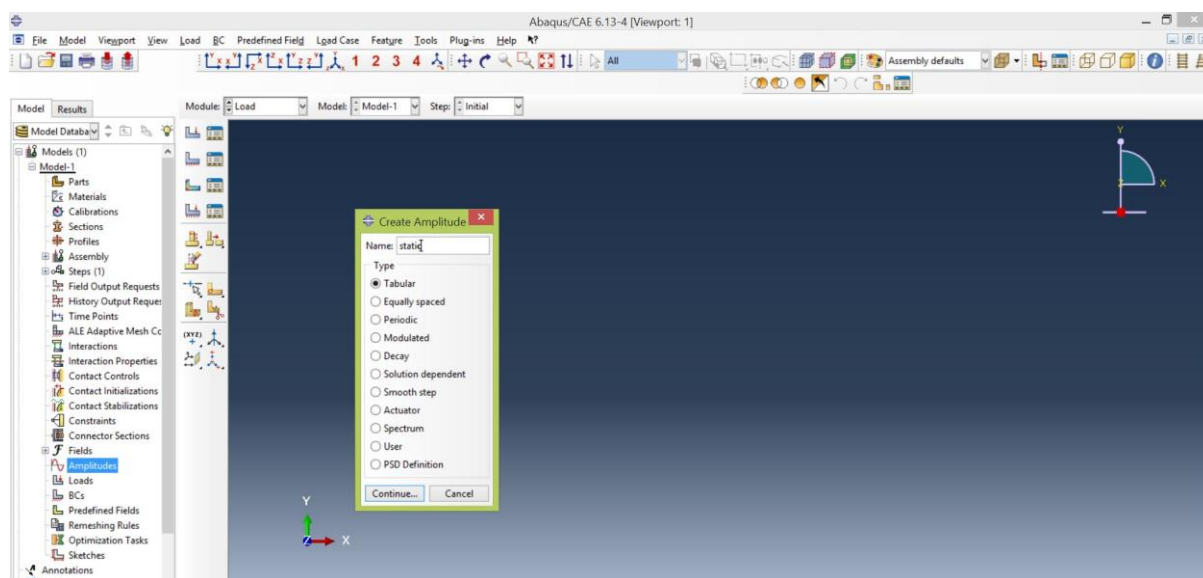
همین مراحل را برای شتاب نگاشت‌های قائم نیز انجام می دهیم.

تا اینجا اگر می خواستیم از همان اول تحلیل ما به صورت دینامیکی باشد همین دو امپلیتюд کافی بود اما اگر می خواهیم چند ثانیه اول تحلیل به صورت استاتیکی باشد باید مراحل زیر را انجام دهیم.

۱. ابتدا باید ببینیم که زمان زلزله بم چند ثانیه بوده است و ما می خواهیم چه مقدار از زمان تحلیل به صورت استاتیکی انجام شود. زلزله بم ۵۸ ثانیه طول کشیده است. لازم به ذکر است که باید همین مقدار یا بیشتر در مازول **step** در قسمت **time period** وارد شود علت بیشتر وارد کردن این است که بعد از اتمام زلزله همچنان سازه ارتعاش دارد و اگر بخواهیم تغییر شکل های ماندگار را در سازه ببینیم باید تایم را کمی بیشتر دهیم عدد مورد نظر ۶۰ ثانیه می باشد.

۲. ما می خواهیم ۵ ثانیه اول زلزله به صورت استاتیکی انجام شود سپس وارد مرحله تحلیل دینامیکی شود.

۳. باید یک امپلیتود دیگر به نام **static** درست کرده و مقادیری که در عکس پایین می باشد را وارد کنیم.



Edit Amplitude

Name: static

Type: Tabular

Time span: Step time

Smoothing: ☒ Use solver default
☐ Specify:

Amplitude Data **Baseline Correction**

	Time/Frequency	Amplitude
1	0	0
2	5	1
3	60	1

OK Cancel

طبق مقادیر بالا نیروی زلزله از ثانیه ششم آغاز شده پس باید امپلیتودهای مربوط به شتاب نگاشت‌های افقی و قائم را اصلاح کرده و تا ثانیه ششم زلزله آن مقادیر رو حذف کنیم.

Edit Amplitude

Name: zelzele ofoghi bam

Type: Tabular

Time span: Step time

Smoothing: ☒ Use solver default
☐ Specify:

Amplitude Data Baseline Correction

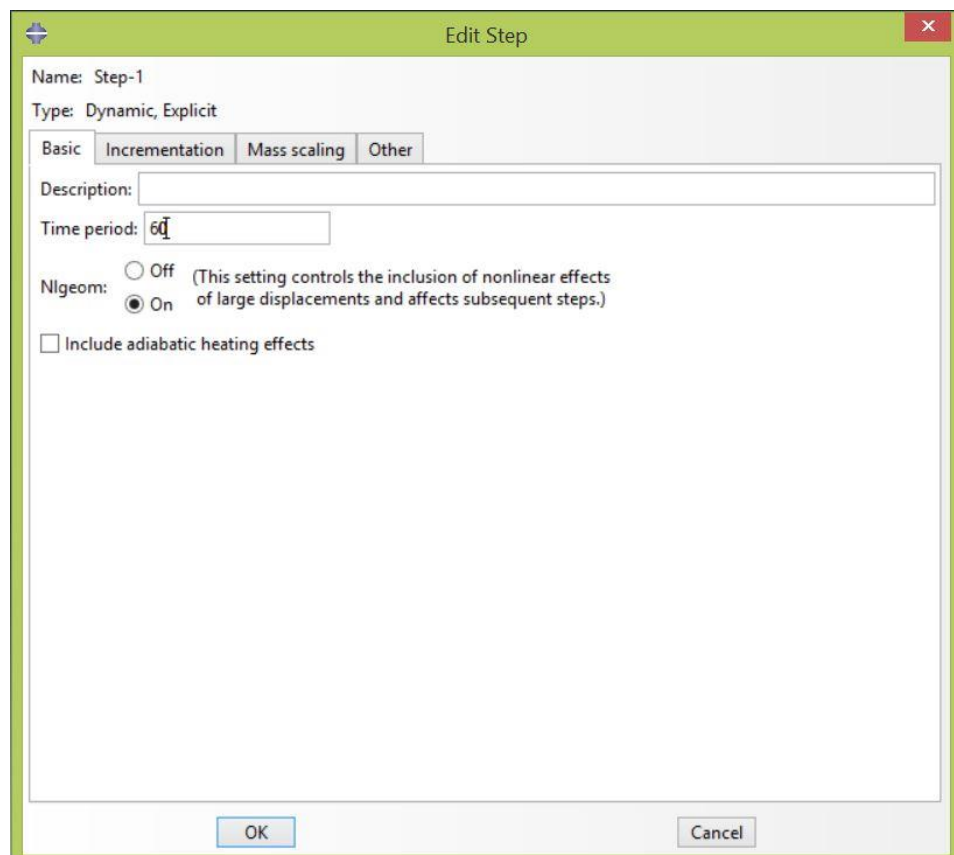
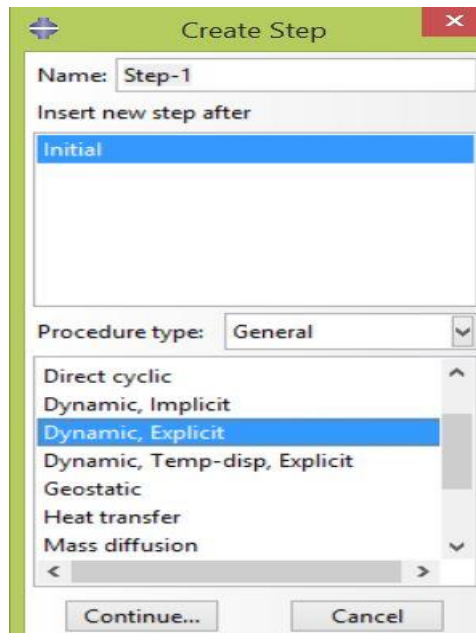
	Time/Frequency	Amplitude
1197	5.98	0
1198	5.985	0
1199	5.99	0
1200	5.995	0
1201	6	0
1202	6.005	0
1203	6.01	0
1204	6.015	0
1205	6.02	0
1206	6.025	0
1207	6.03	0
1208	6.035	0
1209	6.04	0
1210	6.045	0
1211	6.05	0
1212	6.055	0
1213	6.06	0

OK Cancel

طبق تصویر بالا تا سطر ۱۲۰۰ باید مقادیر پاک شده و بعد از صفر صفر در سطر اول، باید سطر دوم مقادیرش از سطر ۱۲۰۱ به بعد شتاب نگاشت افقی زلزله بم باشد. برای شتاب نگاشت قائم هم به همین صورت می باشد.

۵-۳-ماژول step:

در این ماژول ما از تحلیل Dynamic Explicit استفاده می کنیم و مراحل به صورت زیر می باشد.



در این مرحله Nlgeom را on کرده تا تغییرشکل‌های بزرگ را نرم افزار در نظر بگیرد به عبارتی رفتار غیرخطی هندسی مدل را در تحلیل لحاظ می کنیم.

اما در مورد time period سه نظر کلی در مورد مقدار این عدد طبق تحقیقات بنده وجود داشته است.

۱. گروهی از محققین طبق توضیحات قبلی می گویند که مقدار آن با تایم امپلیتیود برابر یا کمی بیشتر باشد.

۲. اما گروه دیگر اعتقاد دارند که با توجه به پیچیدگی معادلات حاکم بر تحلیل و پژوهش مورد نظر، با تحقیقات گسترده و رجوع به سایت اصلی آباکوس^۱ مدت زمان انجام تحلیل بین ۱۰ تا ۱۵ ثانیه انتخاب می شود. با در نظر گرفتن معادلات و انتگرالهای بغرنج، وجود المانهای زیاد و شتاب نگاشت‌های افقی و قائم زلزله تحلیل این سازه در مدت زمان بیشتر نیازمند سیستمی به مراتب قدرتمندتر از سیستم حاضر می باشد. این گروه معتقد هستند که **time period** ربطی به زمان زلزله نداشته و فقط یک دوره زمانی است.

۳. گروه سوم به علت زمان بالای آنالیز زمان موثر زلزله را برای آنالیز در نظر می گیرند. در این روش می توان در نرم افزار سیموسیگنال زمان موثر زلزله را محاسبه نمود. این نرم افزار ۵ تا ۹۵ درصد زمان زلزله را در نظر می گیرد سپس زمان موثر زلزله را با رنگ متمایز نشان میدهد حال می توانیم ببینیم زمان موثر زلزله چقدر می باشد به عنوان مثال مقدار زمان زلزله بم ۵۸ ثانیه بوده است مثلاً اگر زمان موثر از ۲۵ تا ۴۰ ثانیه باشد آنگاه باید شتاب نگاشت‌های مربوط به این بازه زمانی را استخراج کرده و آن را به عنوان امپلیتیود در آباکوس وارد کنیم. حال می توان در **time period** زمان ۱۵ ثانیه که مقدار زمان موثر زلزله می باشد را وارد کرد. طبق این روش اگر سازه ما بتواند در برابر زمان موثر زلزله مقاومت کند پس در برابر کل زلزله نیز می تواند مقاومت کند.

توصیه می شود چنان زمان آنالیز شما چشمگیر نیست از راه اول رفته تا در مسیر نتیجه گیری دچار شک و تردید نباشید.

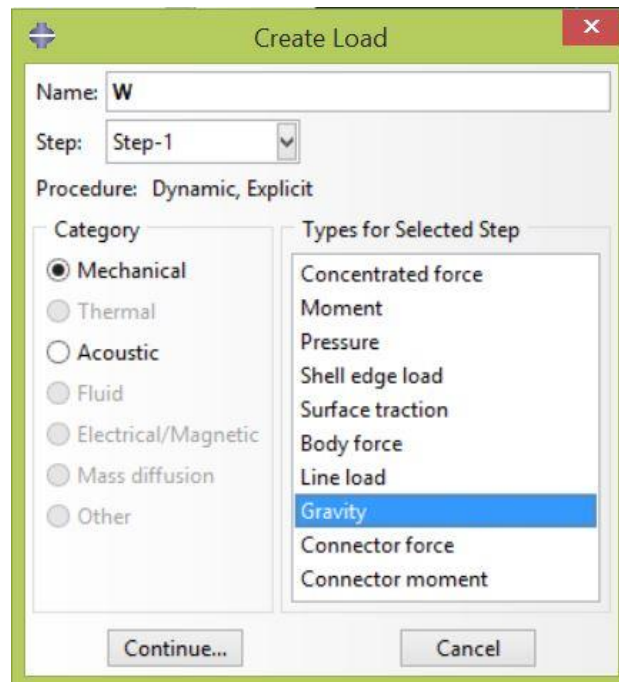
در مورد تعریف **set** برای استخراج خروجی برای هر پژوهش متفاوت است.

۵-۴-۵- مازول Load:

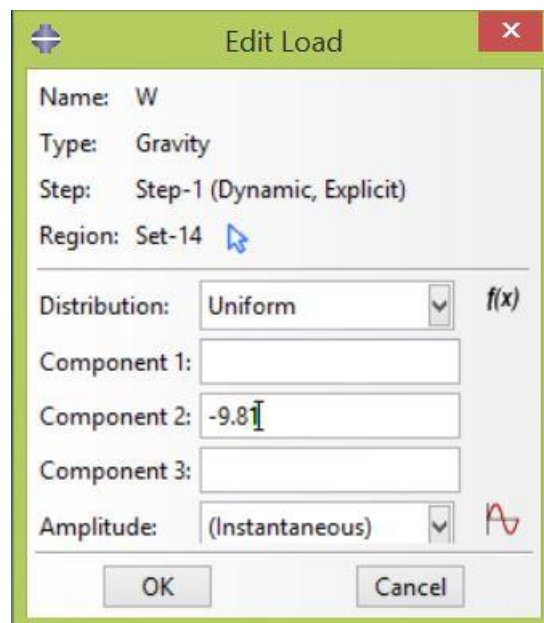
تنظیمات مربوط به این مازول به این صورت است.

۵-۴-۱- اختصاص وزن سازه:

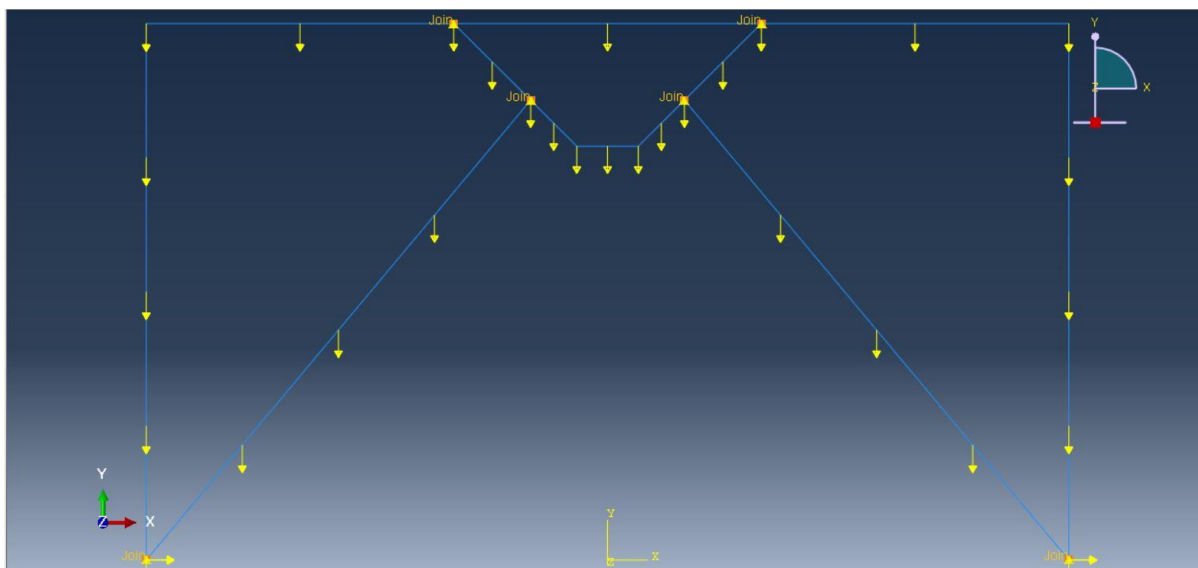
¹ Abaqus Documentation. 129.97.46.800:2080



در پنجره **Edit load** روی قسمت **Edit Region** (فلش سفید و آبی رنگ) کلیک کرده و کل سازه رو انتخاب می کنیم و سپس **Done** را می زنیم. در مرحله بعد مقدار **g** را وارد می کنیم.



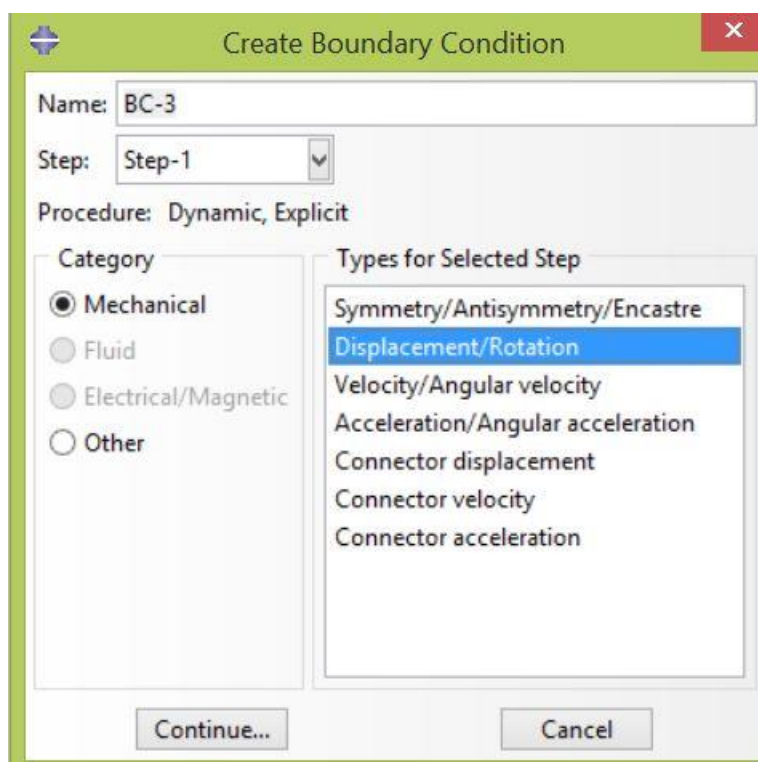
اگر بخواهیم چند ثانیه اول تحلیل به صورت استاتیکی باشد باید امپلیتودی که در ابتدا به نام **static** تعریف کردیم را اینجا انتخاب کنیم.



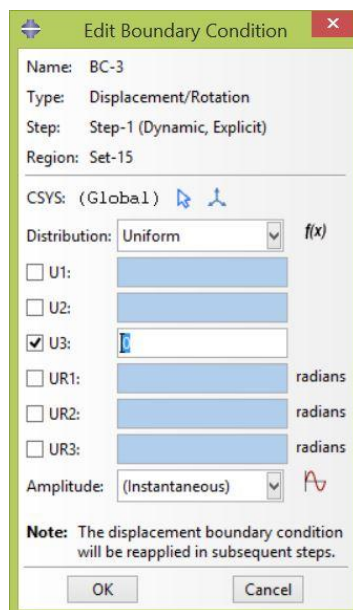
در نهایت مدل شما به صورت تصویر بالا در میاد.

۵-۴-۲- شرایط تکیه گاهی:

با فرض اینکه تکیه گاه قاب ما مفصلی باشد باید به این شکل عمل کنیم.



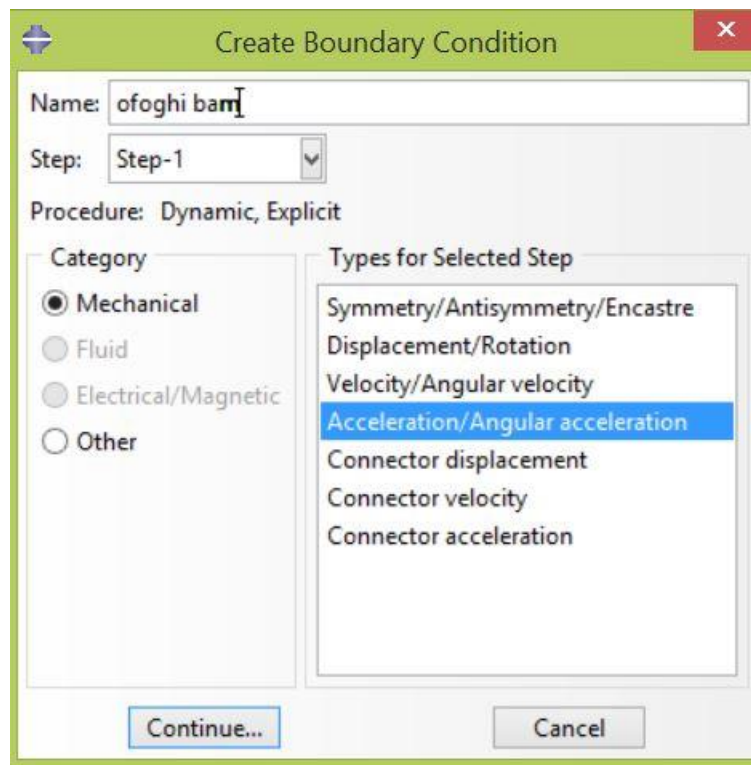
تکیه گاه‌ها را انتخاب کرده و روی Done کلیک می‌کنیم.



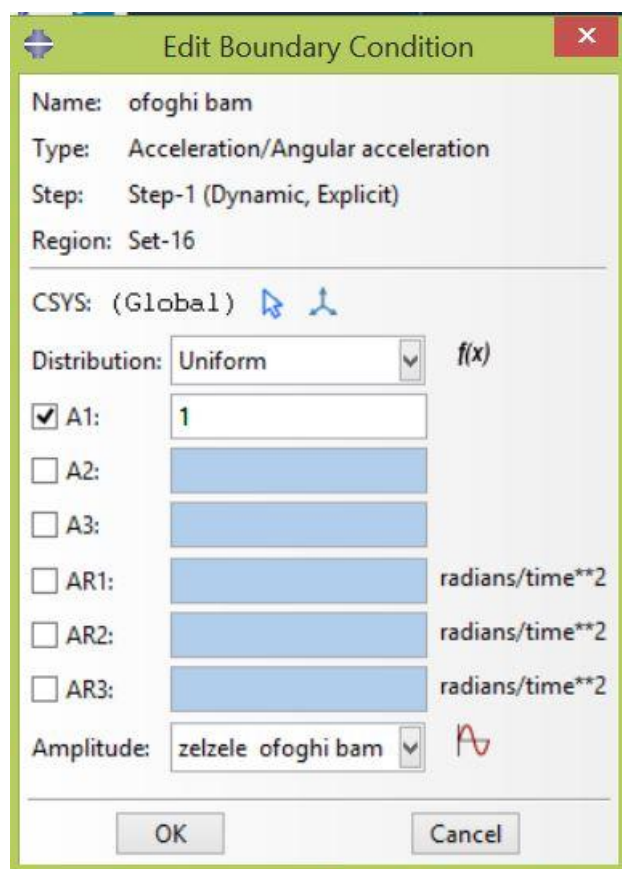
دقت شود تکیه گاه ما مفصلی هست ولی $U1, U2$ نباید تیک بخورد چون ما می‌خواهیم در این دو راستا به تکیه گاه شتاب نگاشت وارد کرده و به عبارتی در این دو راستا سازه را جابه‌جا کنیم پس نباید این دو راستا ببندیم وگرنه در هنگام آنالیز با error رو به رو خواهیم شد.

۵-۴-۳-۱ اعمال شتاب نگاشت‌ها:

در دو مرحله شتاب نگاشت‌های افقی و قائم را وارد می‌کنیم. مراحل تنظیمات به این صورت است.



بعد زدن دکمه continue تکیه گاهها را انتخاب کرده سپس به صورت زیر عمل می کنیم.



علت اینکه **A1** تیک خورد و برابر یک قرار داده شد این است که ما شتاب نگاشت در راستای افقی را اعمال کرده‌ایم و عدد یک نیز ضربدر مقادیر امپلیتюд که همان مقدار شتاب نگاشت افقی زلزله بم است خواهد شد. برای شتاب نگاشت قائم مراحل همین است فقط باید **A2** تیک بخورد و شتاب نگاشت قائم به عنوان امپلیتюд در نظر گرفته می‌شود. توجه شود واحدهای شتاب نگاشت ها بر حسب **g** می باشد چنانچه ما بخواهیم شتاب و سرعت واحدهایشان بر حسب **g** باشد باید **A1** برای شتاب نگاشت افقی و **A2** برای شتاب نگاشت قائم را یک وارد کنیم یعنی طبق عکس بالا عمل می‌کنیم. اما اگر بخواهیم شتاب و سرعت ما در هنگام خروجی گرفتن به ترتیب m/s^2 و m/s باشد باید مقادیر **A1** و **A2** را برای شتاب نگاشت-های افقی و قائم **9.81** وارد کنیم با این کار عملاً تبدیل واحد صورت گرفته است.

پس از اتمام این مراحل به ماژول **job** رفته و می‌توان آنالیز را آغاز کرد.

