مقدمه

در گزارش آموزشی AHR-05 با نحوه مدلسازی یک قاب فولادی دو طبقه آشنا شدیم. در این مثال از همان مدل برای انجام تحلیل مودال و استخراج مشخصات مودی و همچنین انجام تحلیل طیفی با طیف مفروض در استاندارد ۲۸۰۰ برای خاک نوع III استفاده می‌شود. به همین دلیل نحوه ساخت مدل تکرار نشده و تنها اصلاحات لازم برای انجام تحلیل مودال و طیفی در آن اشاره خواهد شد.

برای ترکیب آثار بار ثقلی و تحلیل طیفی از Load Case استفاده می‌شود. ابتدا جرمهای متمرکز روی قاب تعریف شده سپس تحلیل ثقلی صورت گرفته و نتایج آن در یک Load Case ذخیره می شود. در ادامه تحلیل طیفی انجام شده و نتایج آن در Load Case دیگری ذخیره می شود. در نهایت نتایج تحلیلی Load Caseهای ثقلی و طیفی با یکدیگر جمع شده و نتایج مشاهده می‌شوند.

مشخصات مدل

نوع مدل: دو بعدی

نوع المان: Beam188

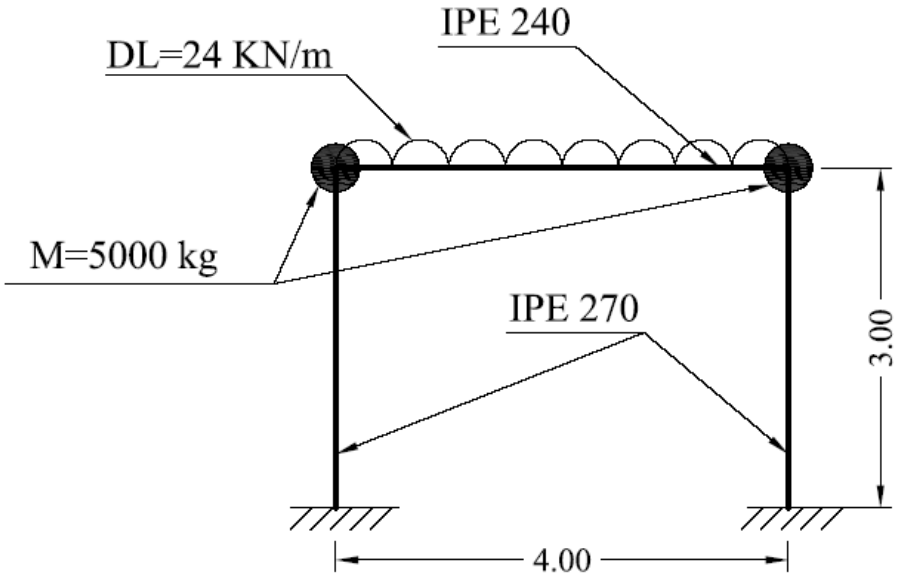
نوع مصالح: الاستیک خطی

مدول الاستیسیته: 2.1e11

ضریب پواسون: 0.35

جرم متمرکز در سر ستونها: 5000 kg

واحدها: m و kg و N



اهداف

- آشنایی با نحوه انجام تحلیل مودال
- استخراج مشخصات مودی
- انجام تحلیل طیفی

ANSYS HELP.IR

نکات

برای انجام یک تحلیل مودال لازم است از واحدهای سازگار دینامیکی استفاده گردد. در این مثال از واحدهای سازگار زیر استفاده می‌شود:

- کیلوگرم برای جرم متمرکز و چگالی مصالح،
- نیوتن برای نیروها،
- متر برای وحدهای طولی،
- نیوتن بر متر مربع برای مدول الاستیسیته.

ANSYS Help.ir

بازخوانی مثال AHR-05

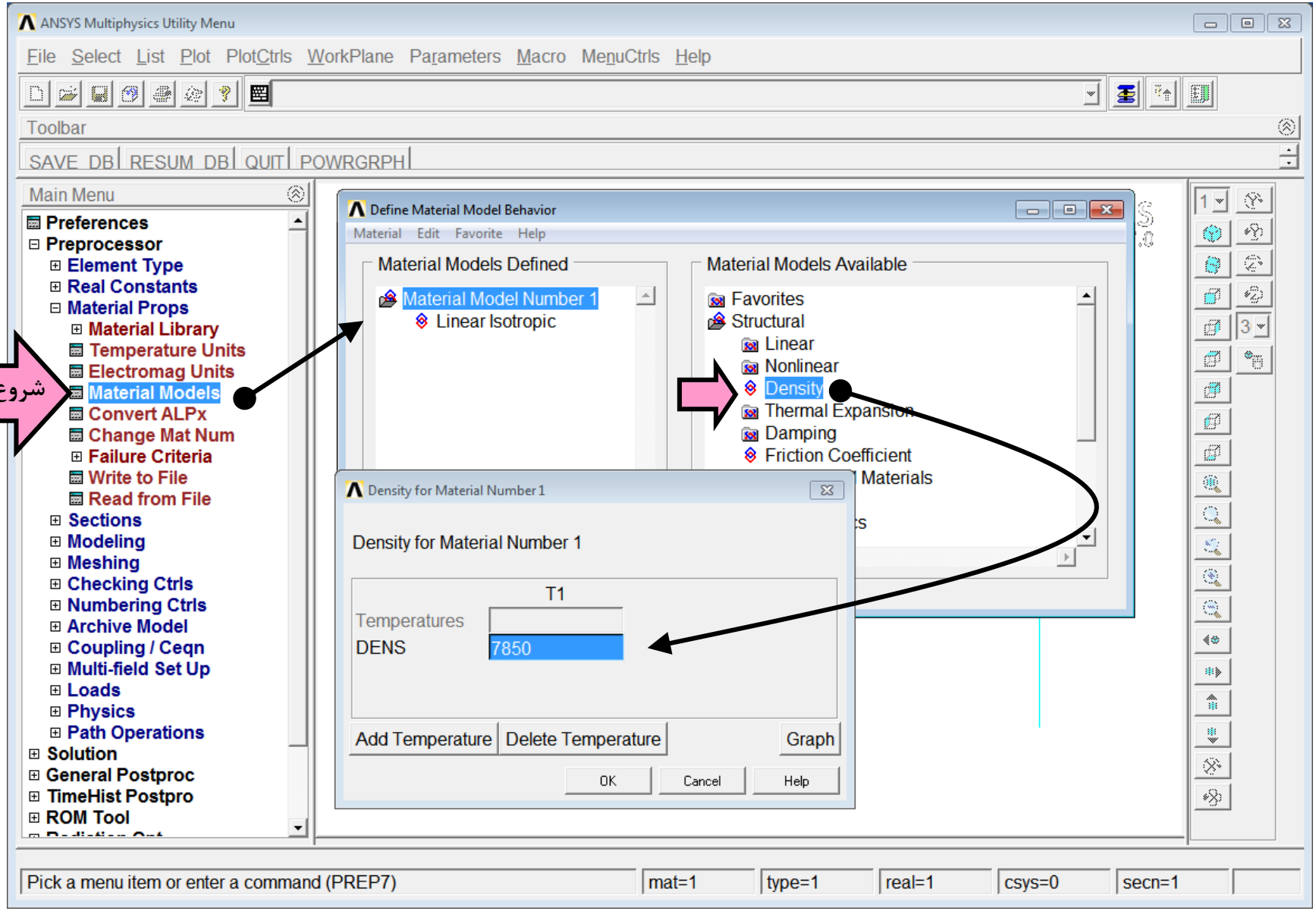
در این مثال یک کپی از file.db گزارش AHR-05 تهیه شده و در فولدر جدیدی قرار داده می شود. نام فولدر جدید در Working Directory معرفی و نام Jobname برابر file قرار داده شده و برنامه را Run می کنیم:

Start → All Programs → ANSYS 17 → ANSYS Product Launcher →

ANSYS HELP.IR

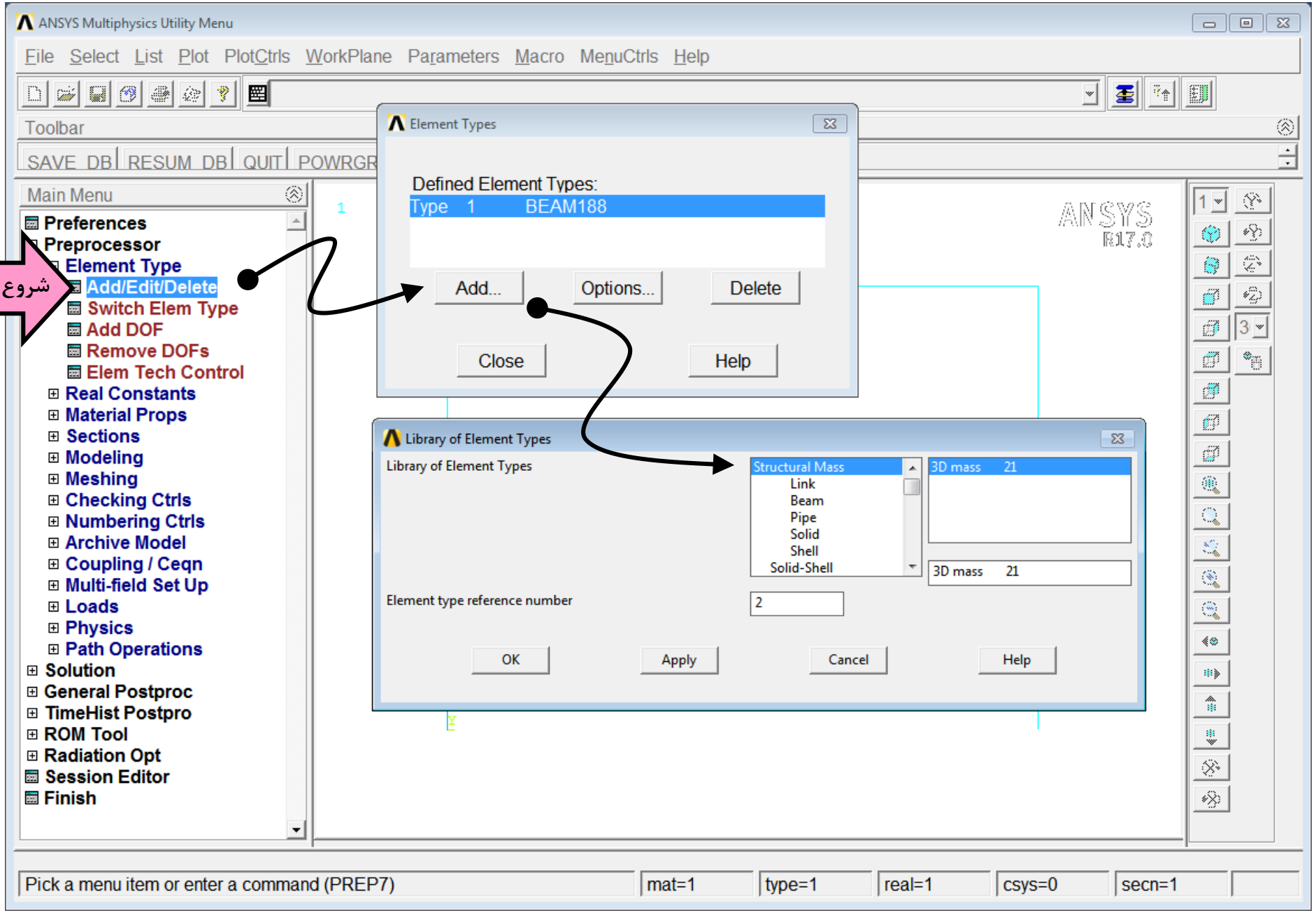
تعریف جرمها

تعریف جرم به دو صورت چگالی مصالح برای المانهای تیر و ستون و جرمهای متمرکز به عنوان نماینده جرم طبقه صورت می‌گیرد. برای تعریف چگالی وارد بخش مصالح شده و گزینه Density برای مصالح قاب را انتخاب نمائید. مقدار چگالی برابر 7850 کیلوگرم بر متر مکعب قرار داده می‌شود.



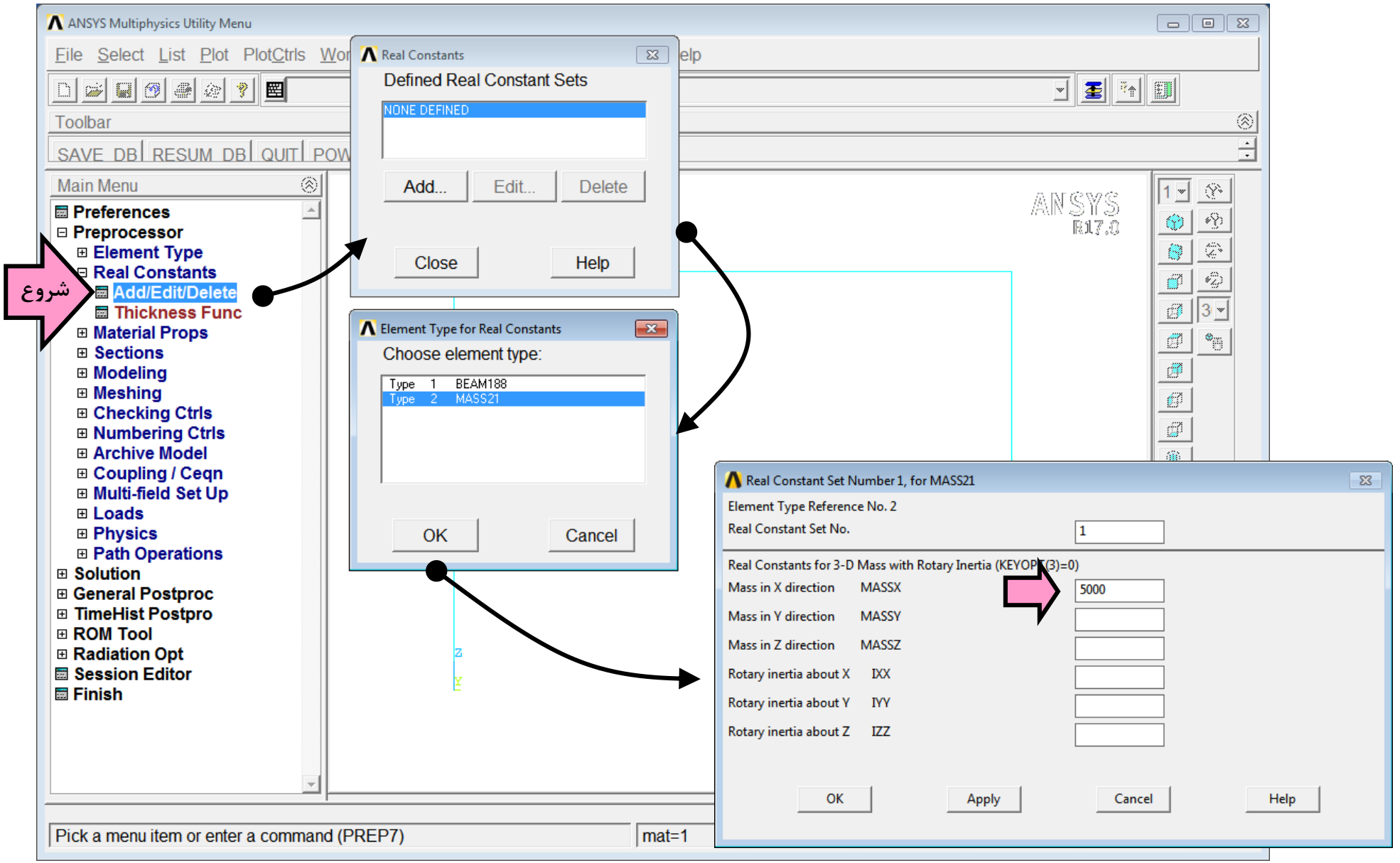
ANSYS HELP.IR

برای تعیین جرم متمرکز نماینده جرم طبقه، از المان MASS21 استفاده می‌شود. ابتدا نوع المان در بخش Elements Type در آدرس زیر انتخاب میشود:



ANSYS HELP.IR

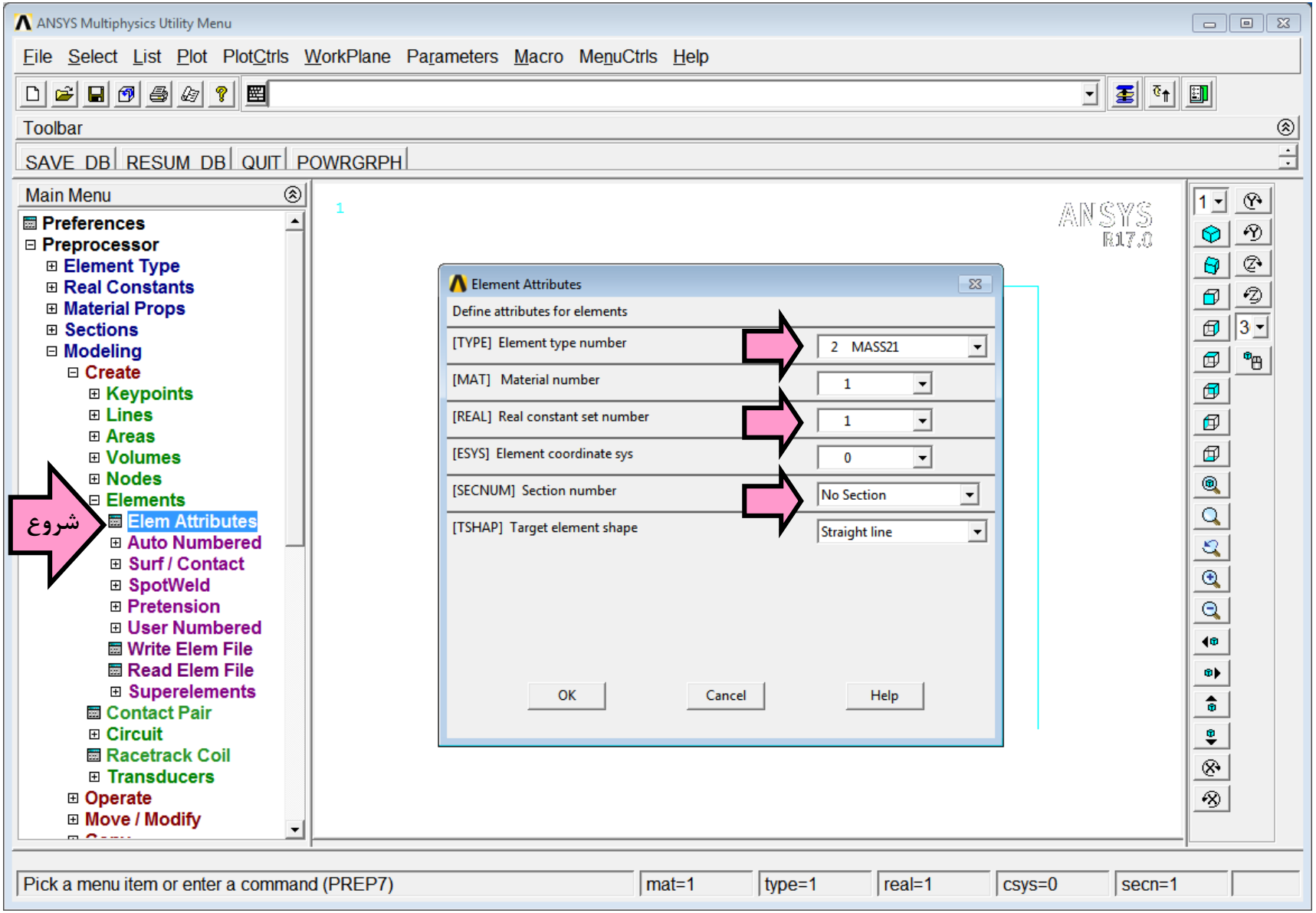
مقدار جرم المان Mass21 با استفاده از Real Constant تعریف می‌شود. این المان قابلیت شبیه سازی شش مؤلفه جرمی بصورت جرمهای متمرکز در سه جهت اصلی و اینرسی دورانی حول سه محور اصلی را داراست. در این مثال تنها از گزینه جرم متمرکز در جهت محور X استفاده می‌شود. با ورود به آدرس زیر یک set جدید از Real Constant برای المان Mass21 تعریف شده و مـــــــــقدار Mass in X Direction برابر ۵۰۰۰ کیلوگرم قرار داده می‌شود.



ANSYS HELP.IR

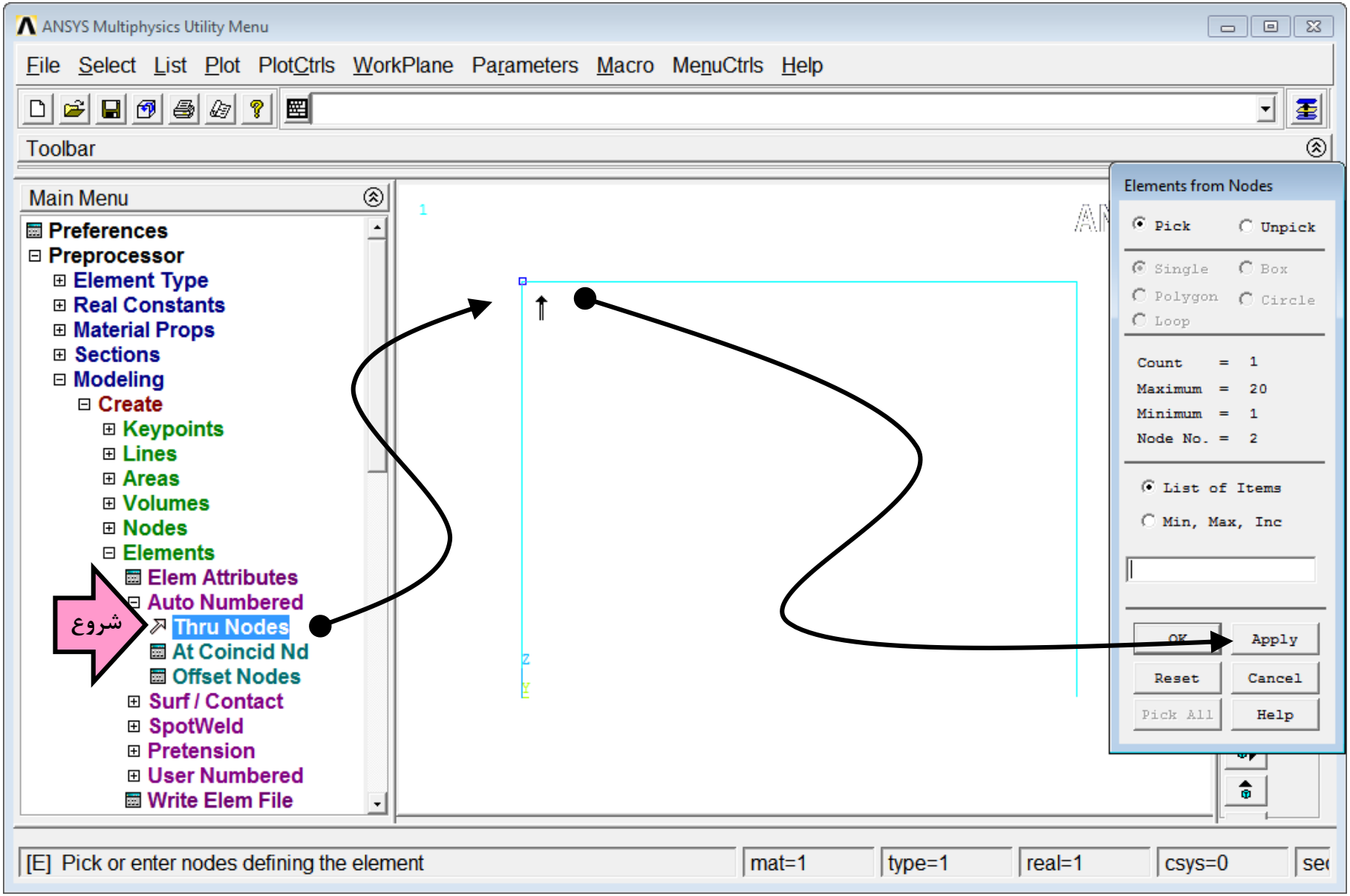
قرار دادن المان Mass روی گره های سر ستونها

برای تعریف المانهای Mass در گره های سر ستونها ابتدا مشخصات المان شامل نوع المان و شماره تعریف شده برای Real Constant در آدرس زیر مشخص می‌شوند. المان Mass نیازی به تعریف مصالح ندارد.

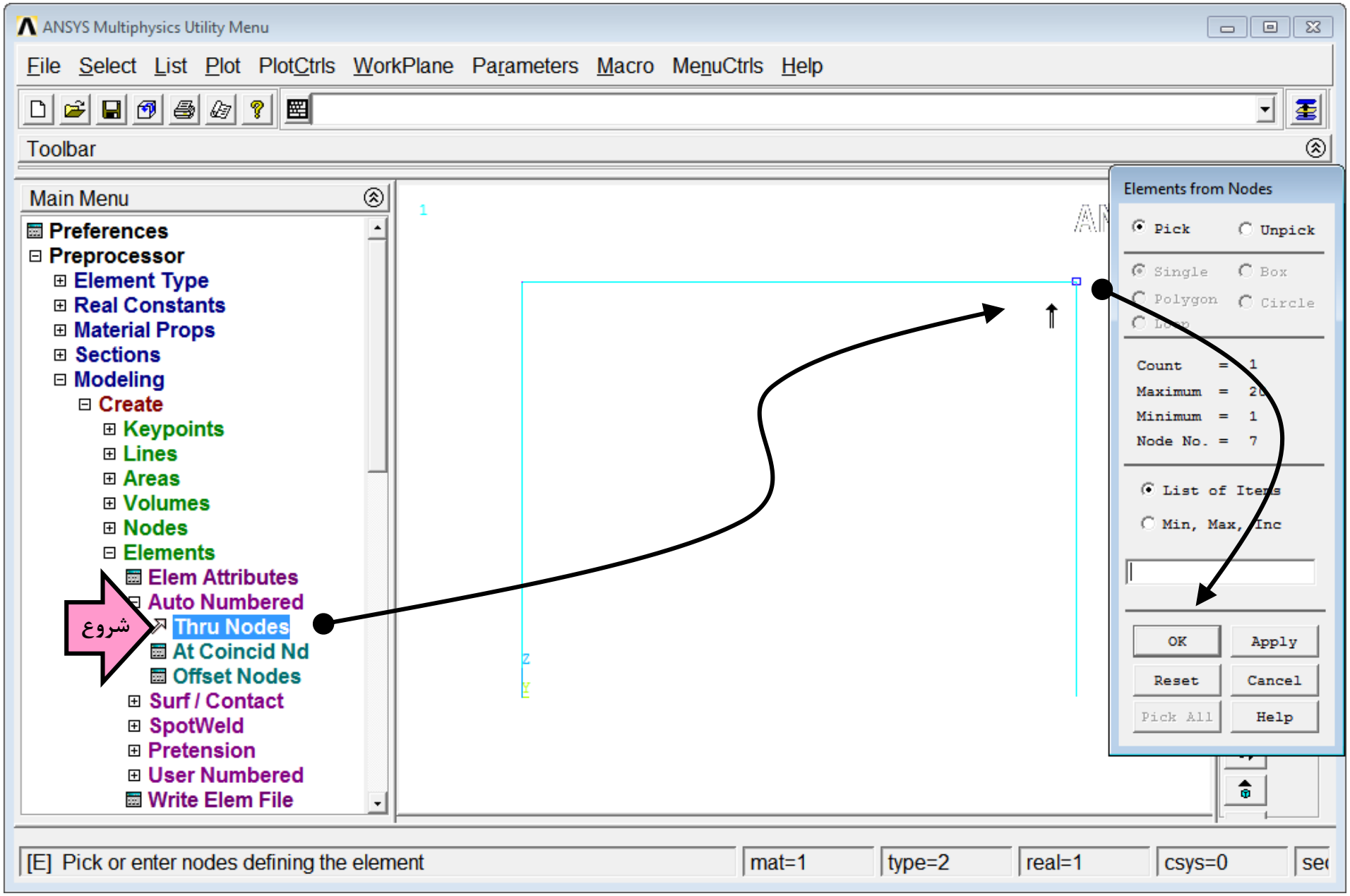


ANSYS HELP.IR

حال المان Mass بر روی گره‌ها قرار داده می‌شود. وارد بخش زیر شده و با فعال شدن موس ابتدا روی گره بالای ستون سمت چپ کلیک کرده و دگمه Apply را در پنجره Elements from Nodes فشار دهید. مجدداً روی گره بالای ستون سمت راست کلیک کرده و دگمه Ok پنجره Elements from Nodes را فشار دهید. به این ترتیب المانهای Mass با جرم ۵۰۰۰ کیلوگرم در بالای ستونها قرار داده می‌شوند.



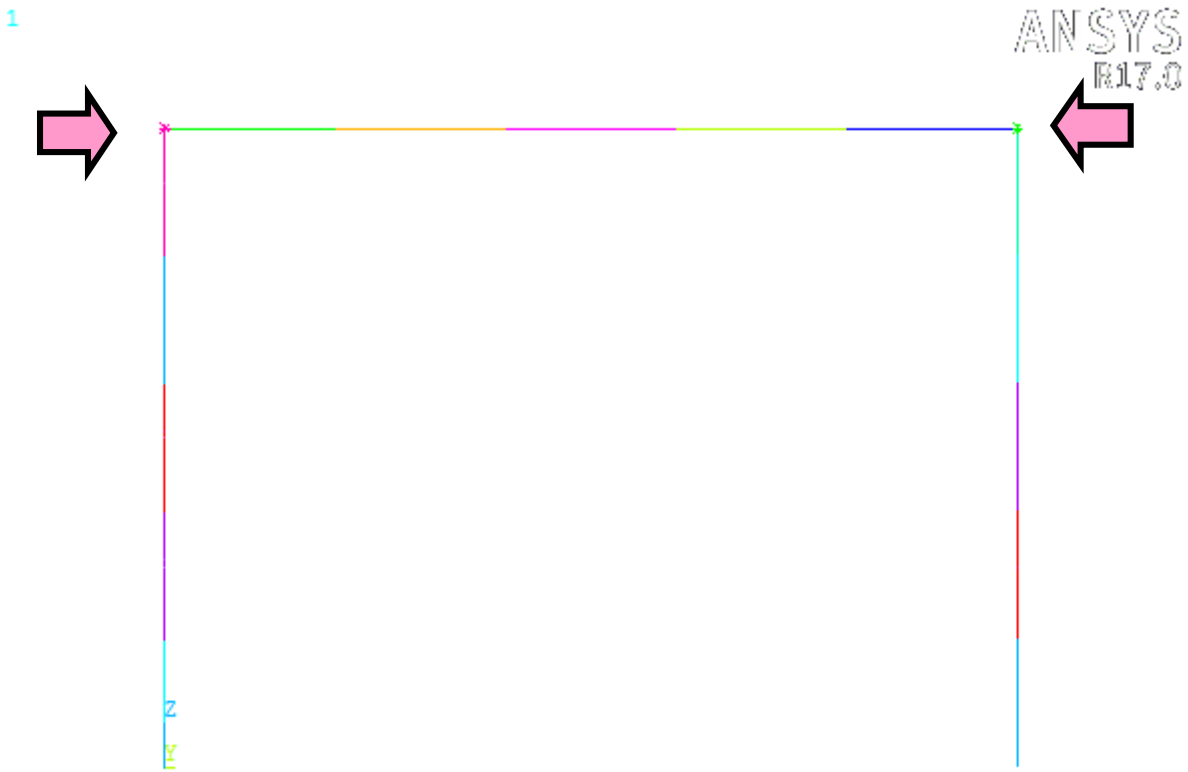
ANSYS HELP.IR



ANSYS Help.ir

پس از تعریف المانهای Mass، موقعیت آنها بصورت ستاره‌های کوچکی روی مدل دیده می‌شود. برای بازنمایش گرافیکی المانها از آدرس زیر استفاده نمائید:

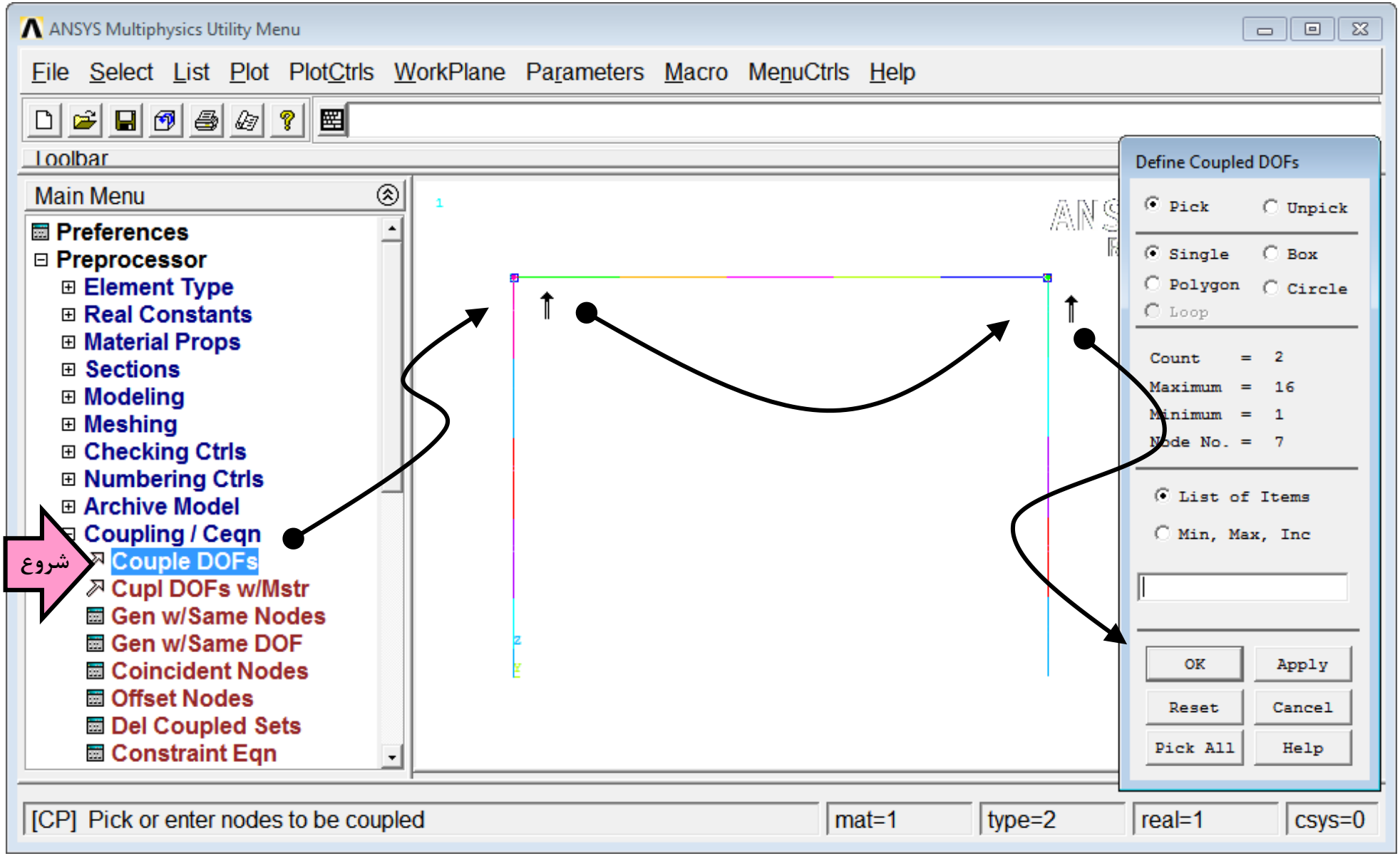
Plot → Replot



ANSYS Help.ir

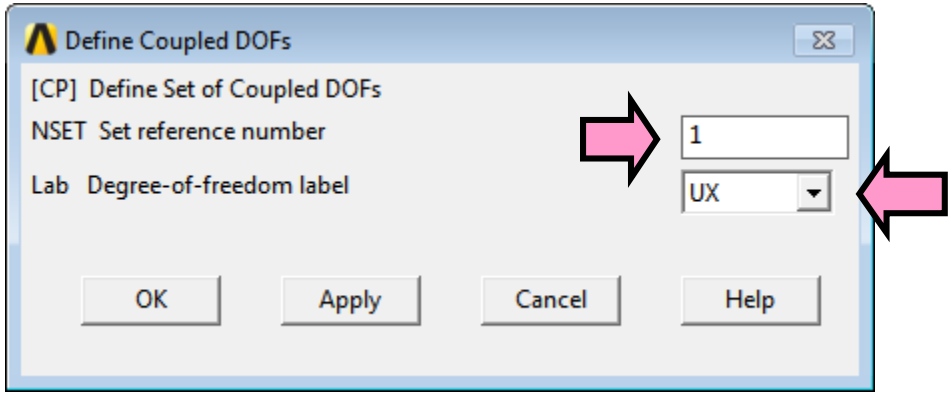
تعریف طبقه صلب

در سازه‌های قابی که دارای سقف صلب هستند، گره‌های فوقانی ستونها بوسیله یک دیافراگم صلب به یکدیگر متصل می‌شوند. برای این منظور درجه آزادی جهت x گره‌های سر ستونها از طریق Coupling در آدرس زیر به یکدیگر مقید می‌شوند. با باز شدن پنجره Define Coupling DOFs، موس فعال می‌شود. حال روی گره های سر ستون اول و دوم کلیک کرده و دگمه Ok را فشار دهید.



ANSYS HELP.IR

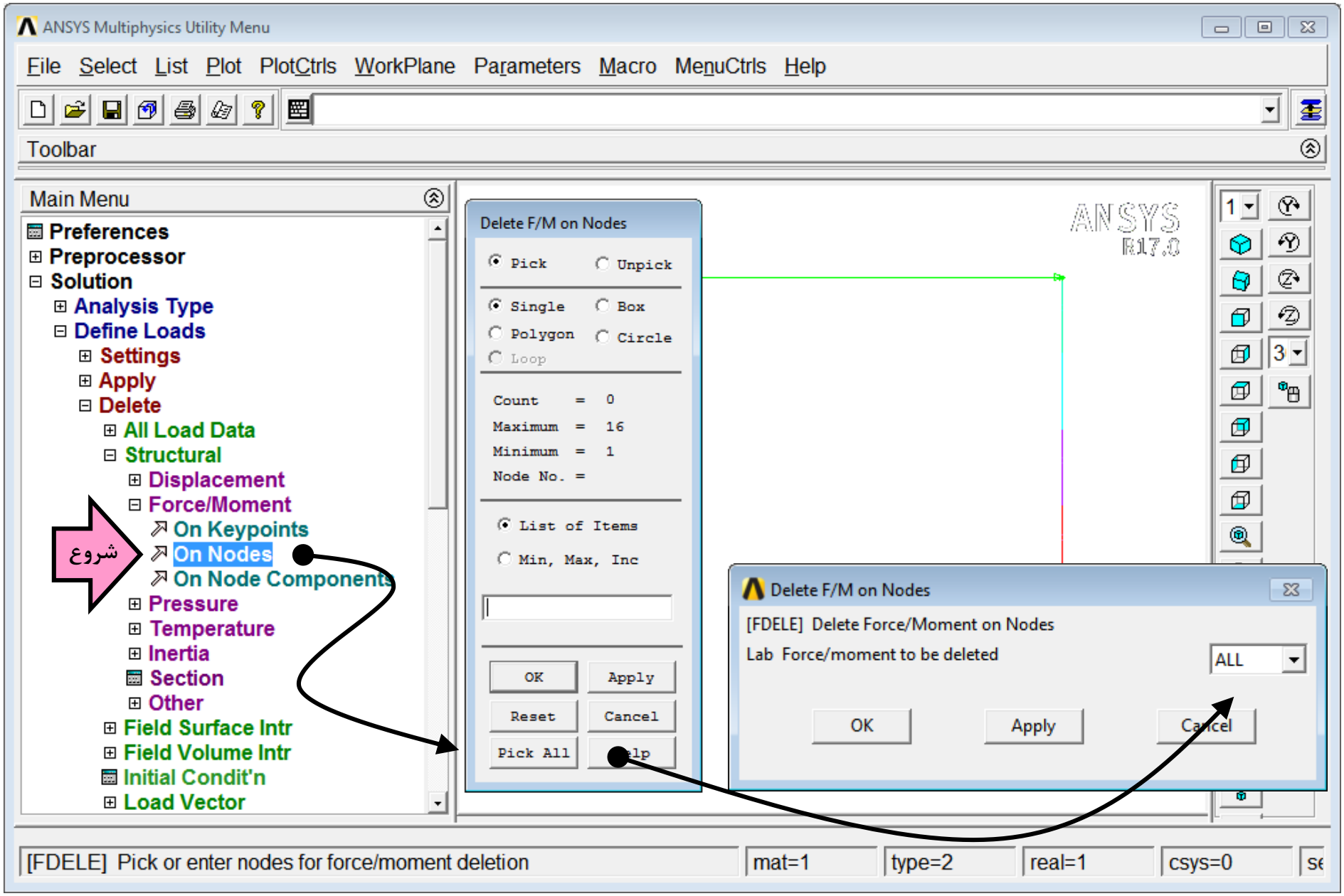
در پنجره دوم در مقابل NSET عدد ۱ را وارد و در Lab گزینه Ux را انتخاب کرده و Ok را فشار دهید.



ANSYS Help.ir

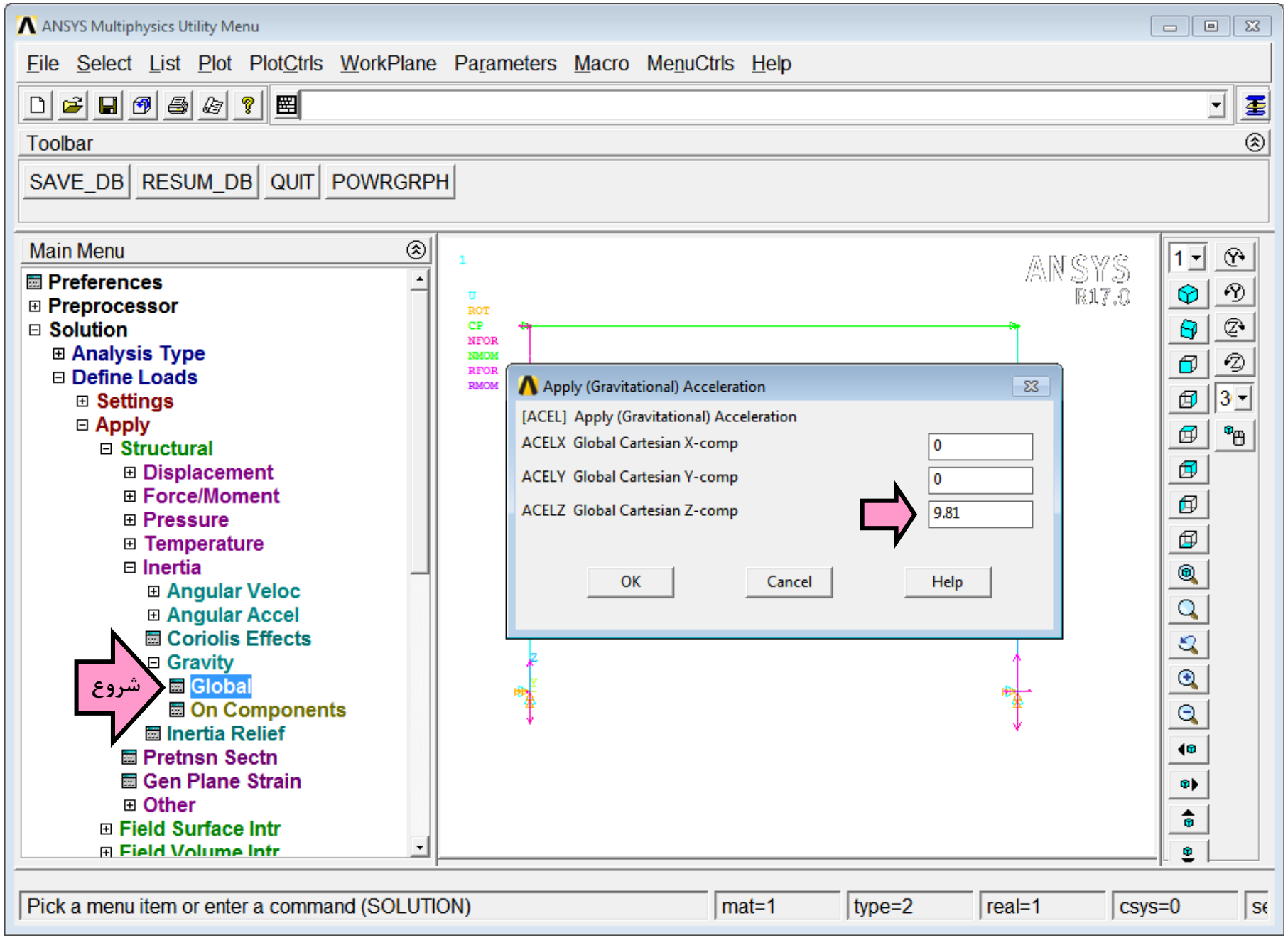
تحلیل ثقلی

در مدل قاب یک بار متمرکز جانبی بر روی طبقه تعریف شده است. این بار متمرکز با استفاده از دستور زیر حذف می‌شود:



ANSYS HELP.IR

اینک شتاب ثقل نیز مطابق با آدرس زیر تعریف می‌شود. شتاب ثقل بر حسب متر بر ثانیه به توان ۲ برابر ۹,۸۱ در جهت z وارد می شود.



ANSYS HELP.IR

در این مرحله مدل را ذخیره کنید.

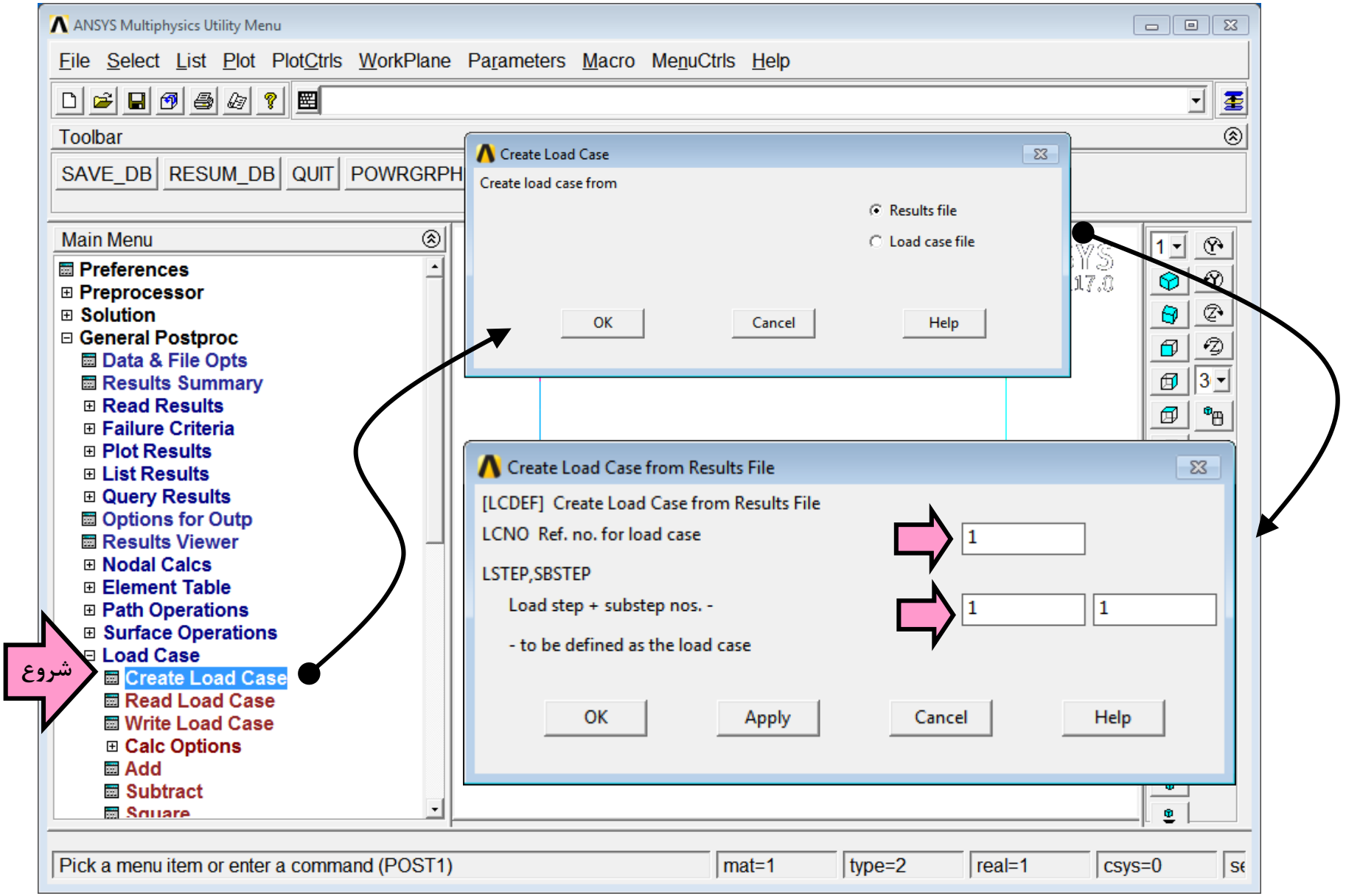
File → Save as Jobname

تحلیل ثقلی در آدرس زیر صورت می‌گیرد.

Main Menu → Solution → Solve → Current LS

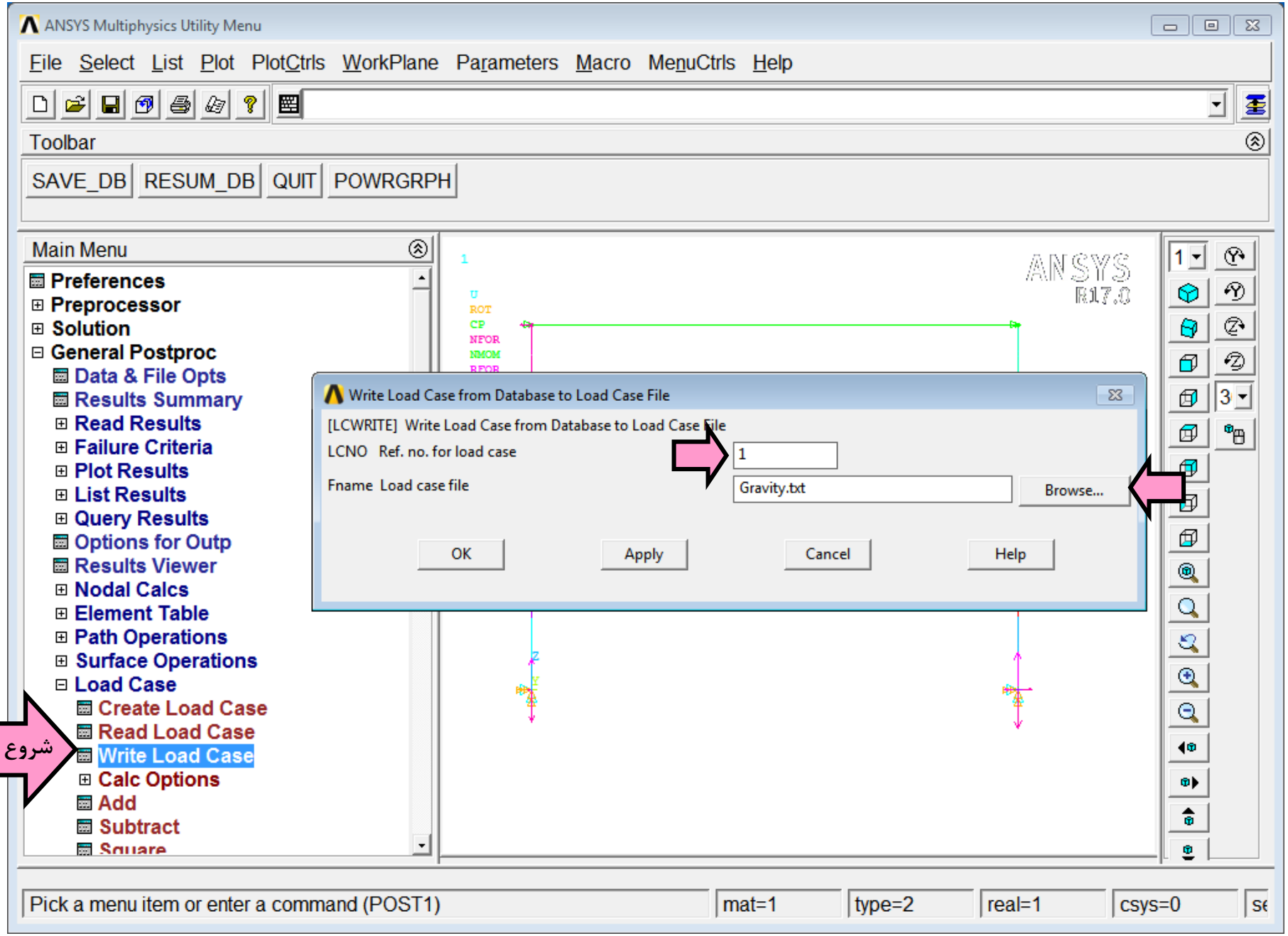
ANSYS Help.ir

برای ترکیب نتایج تحلیل ثقلی و طیفی، پس از انجام تحلیل ثقلی نتایج آن در یک Load Case ذخیره می‌شود. این عمل در آدرس زیر صورت می‌گیرد. در مقابل LCNO شماره ۱ برای Load Case وارد می‌شود. برای LSTEP و SBSTEP نیز اعداد ۱ وارد می شود که نشاندهنده گامی است که می خواهیم نتایج آن در Load Case ذخیره شود. چون تحلیل ثقلی تنها یک فایل بارگذاری و دارای فقط یک Sub step بوده است، این اعداد برابر ۱ قرار داده می‌شوند.



ANSYS HELP.IR

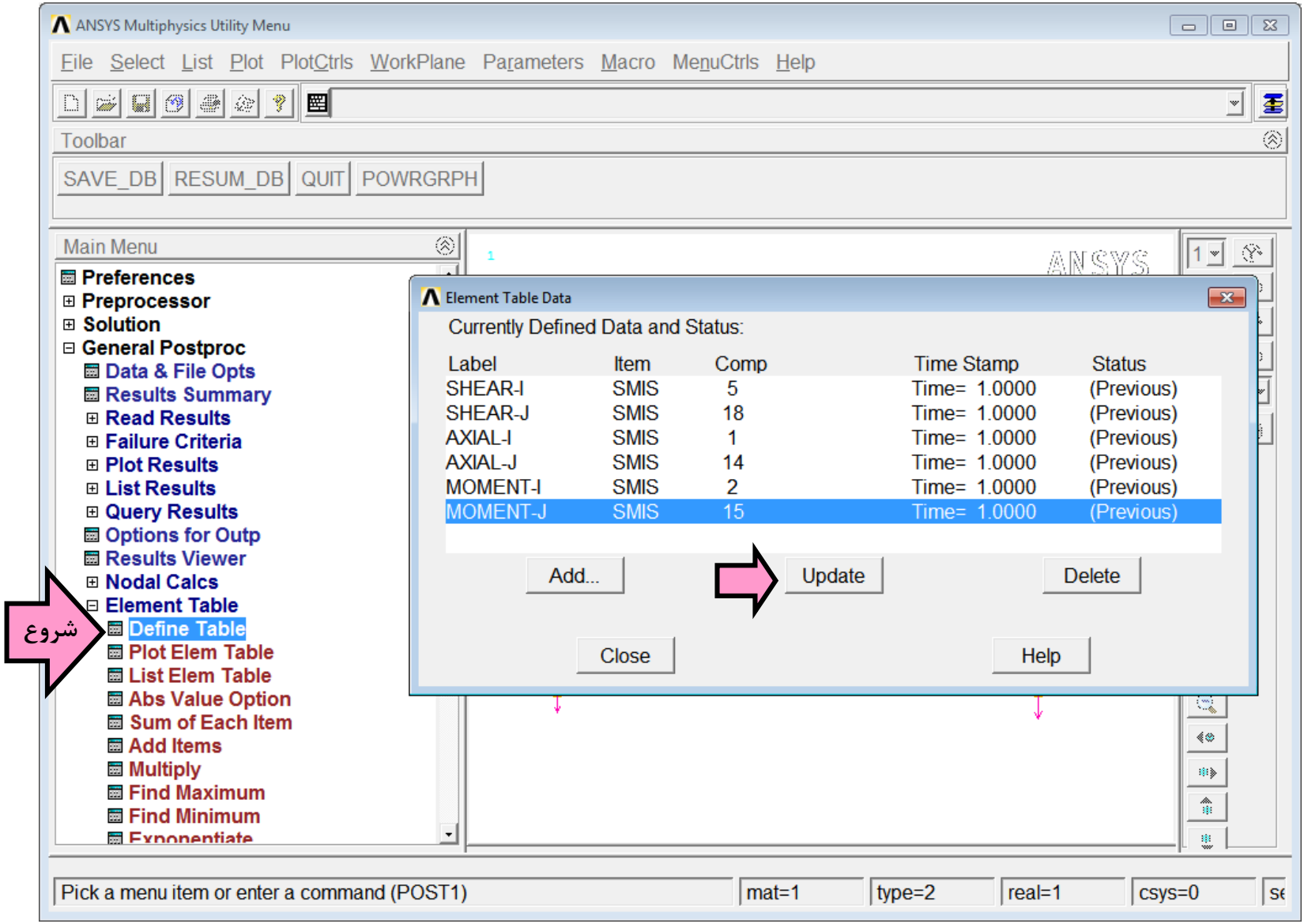
حال نتایج LC1 (Load Case 1) برای بازیابی بعدی در یک فایل با نام Gravity.txt ذخیره می‌شود.



ANSYS HELP.IR

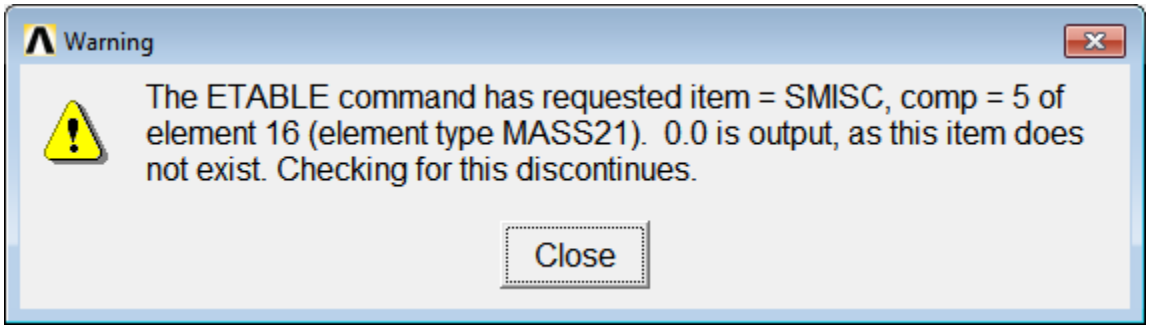
ترسیم نمودار لنگر حاصل از بار ثقلی

برای مقایسه بعدی نمودار لنگر المانها در اثر بار ثقلی ترسیم می‌شود. قبلاً با روش Sequence Number در مثال قاب دو بعدی در گزارش AHR-05 آشنا شده‌ایم برای بازنمایش نمودار لنگر لازم است ابتدا مقادیر Element Table تعریف شده بروزرسانی شوند:



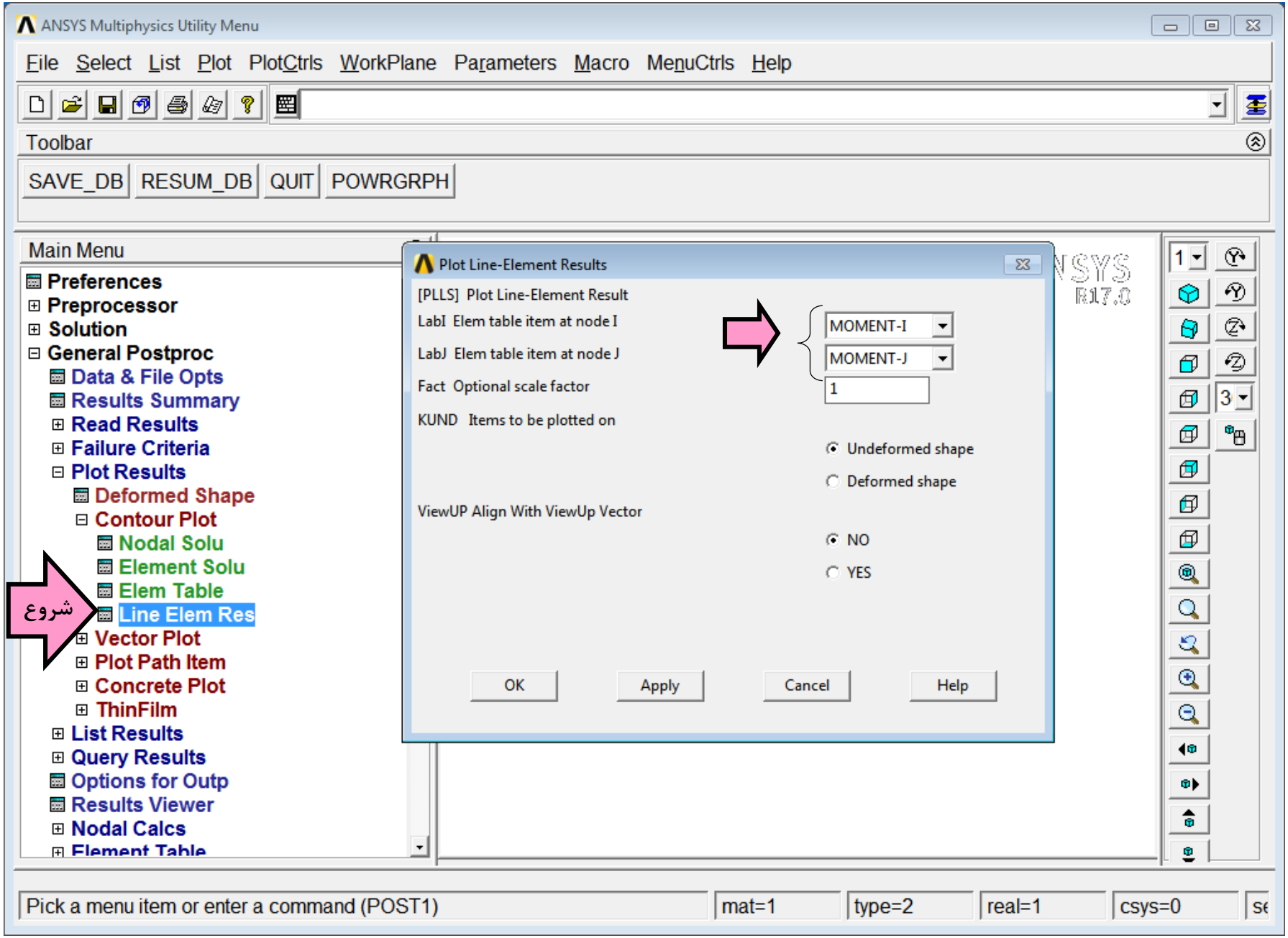
ANSYS HELP.IR

در حین انجام اینکار خطای زیر دیده می شود. دلیل این خطای آن است که المان MASS21 فاقد کدهای SMISC است.

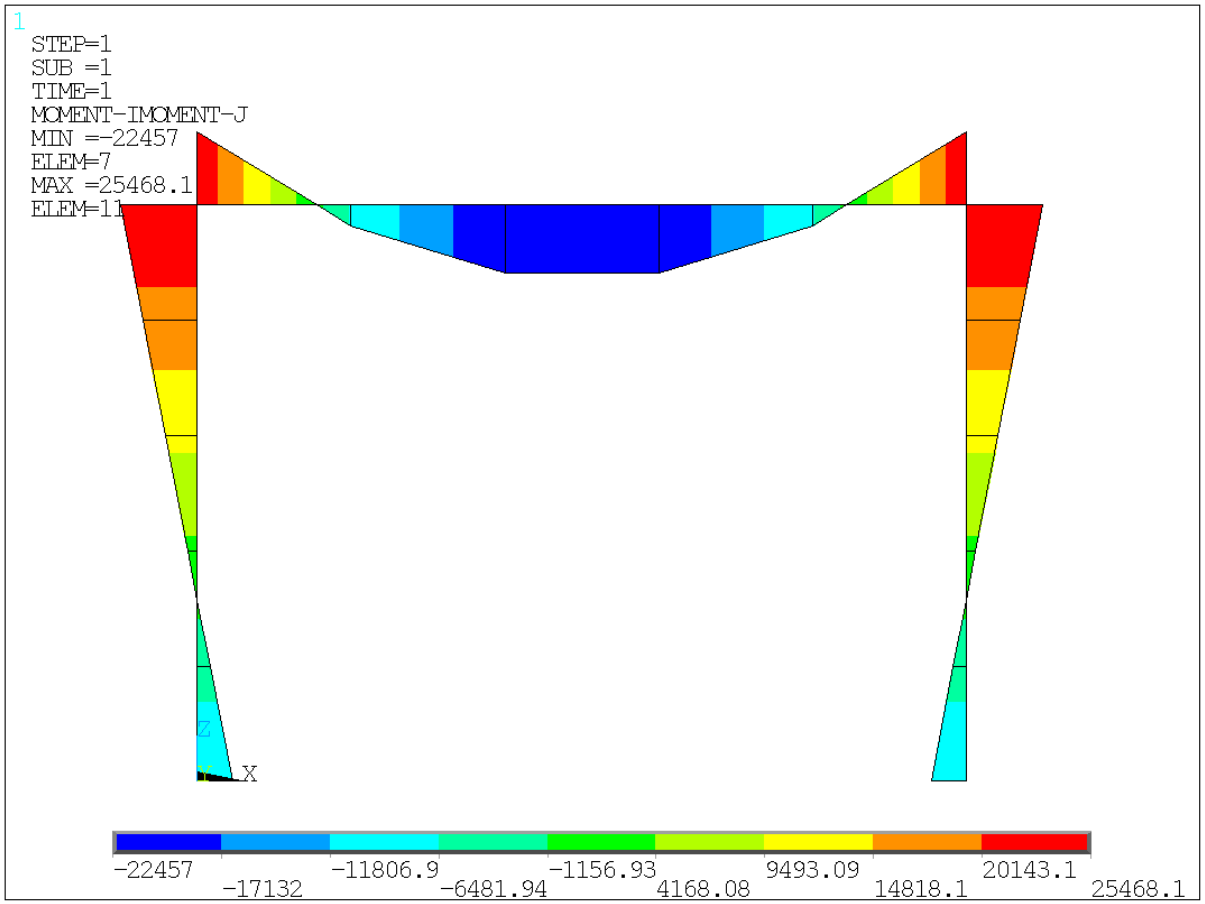


ANSYS HELP.IR

حال نمودار لنگر در آدرس زیر ترسیم می‌شود:



ANSYS HELP.IR

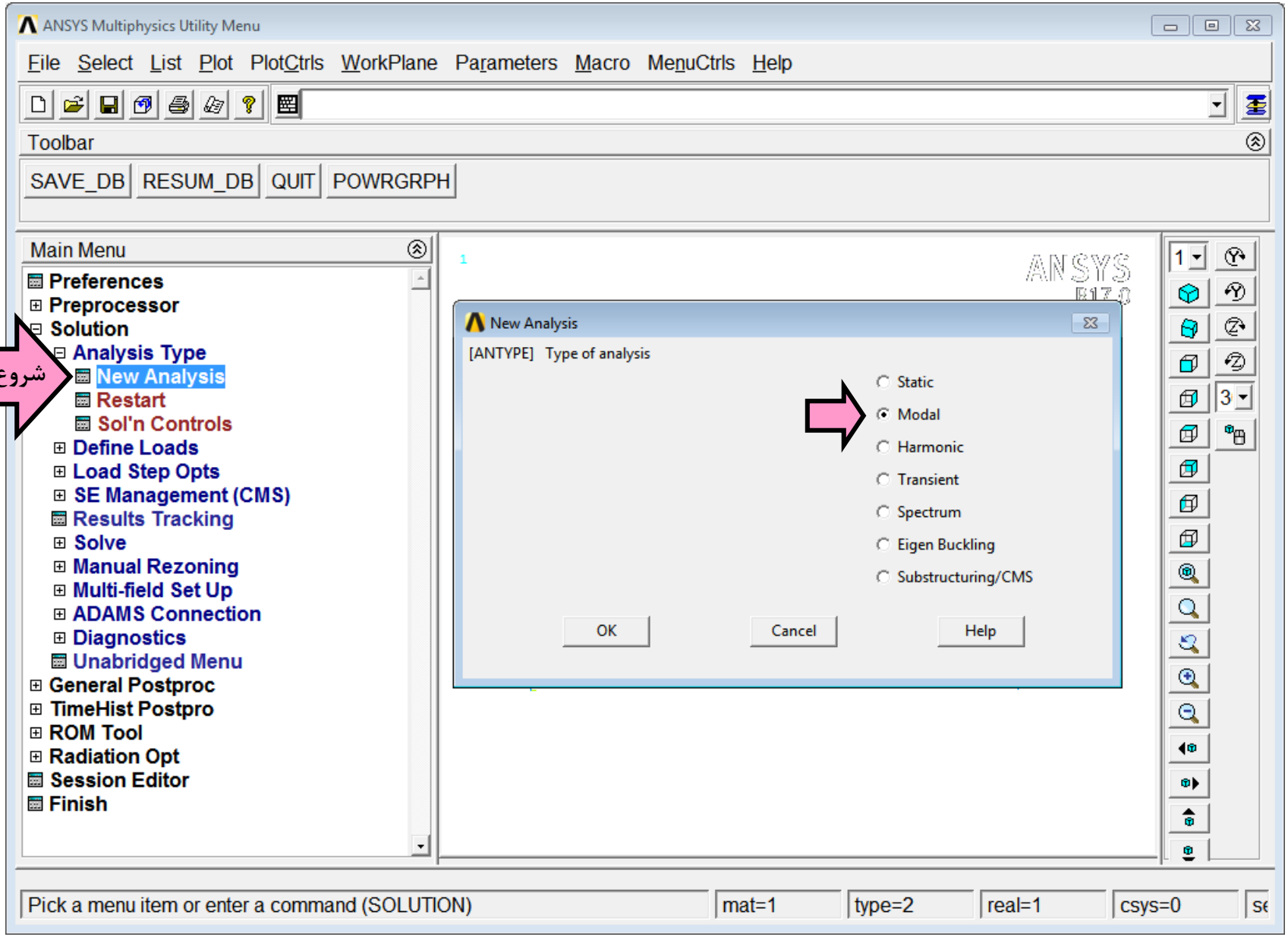


نمودار لنگر المانها در اثر بار ثقلی تنها

ANSYS Help.ir

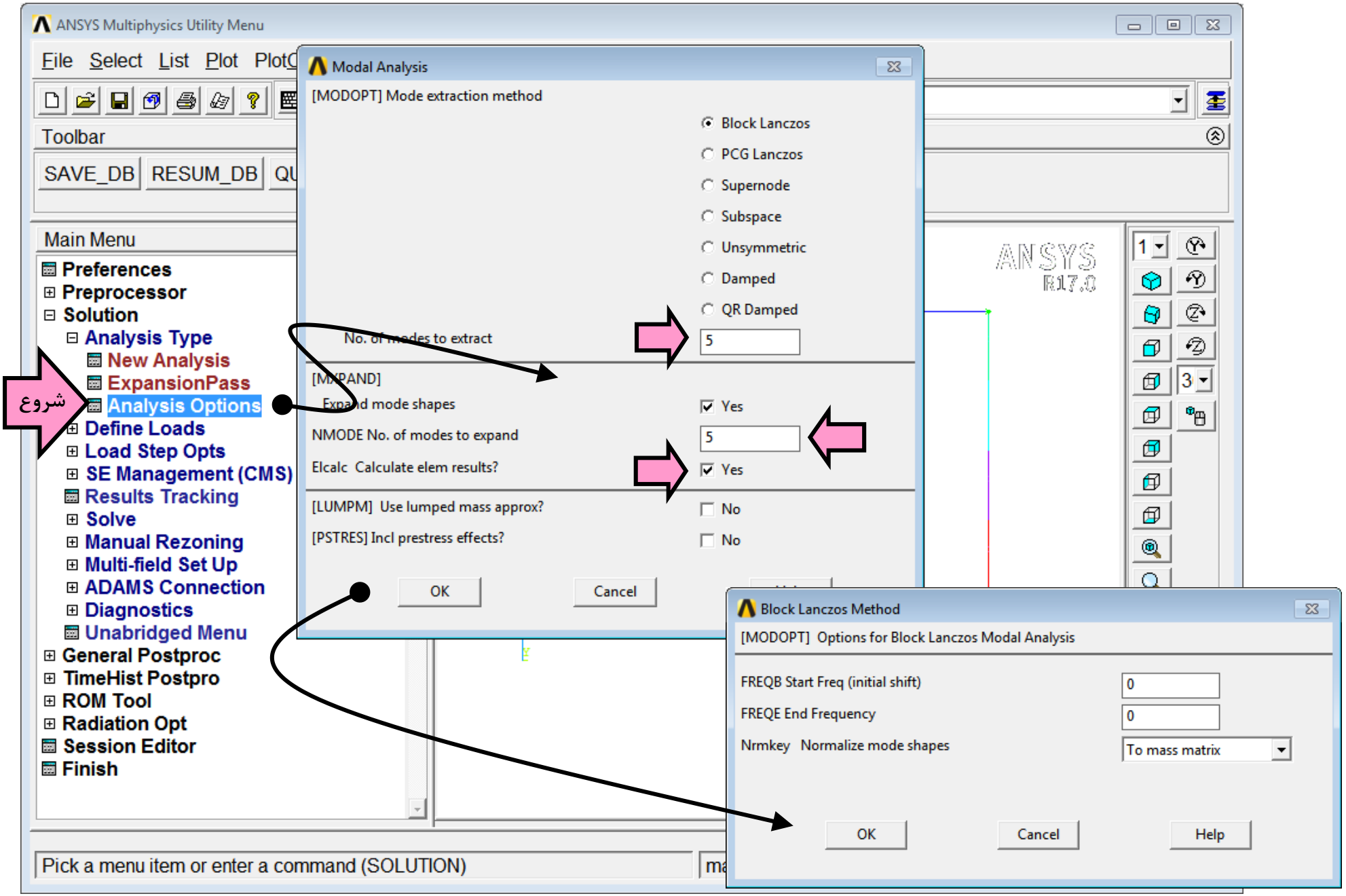
تحلیل مودال

برای انجام تحلیل مودال، نوع تحلیل در آدرس زیر Modal انتخاب می‌شود.



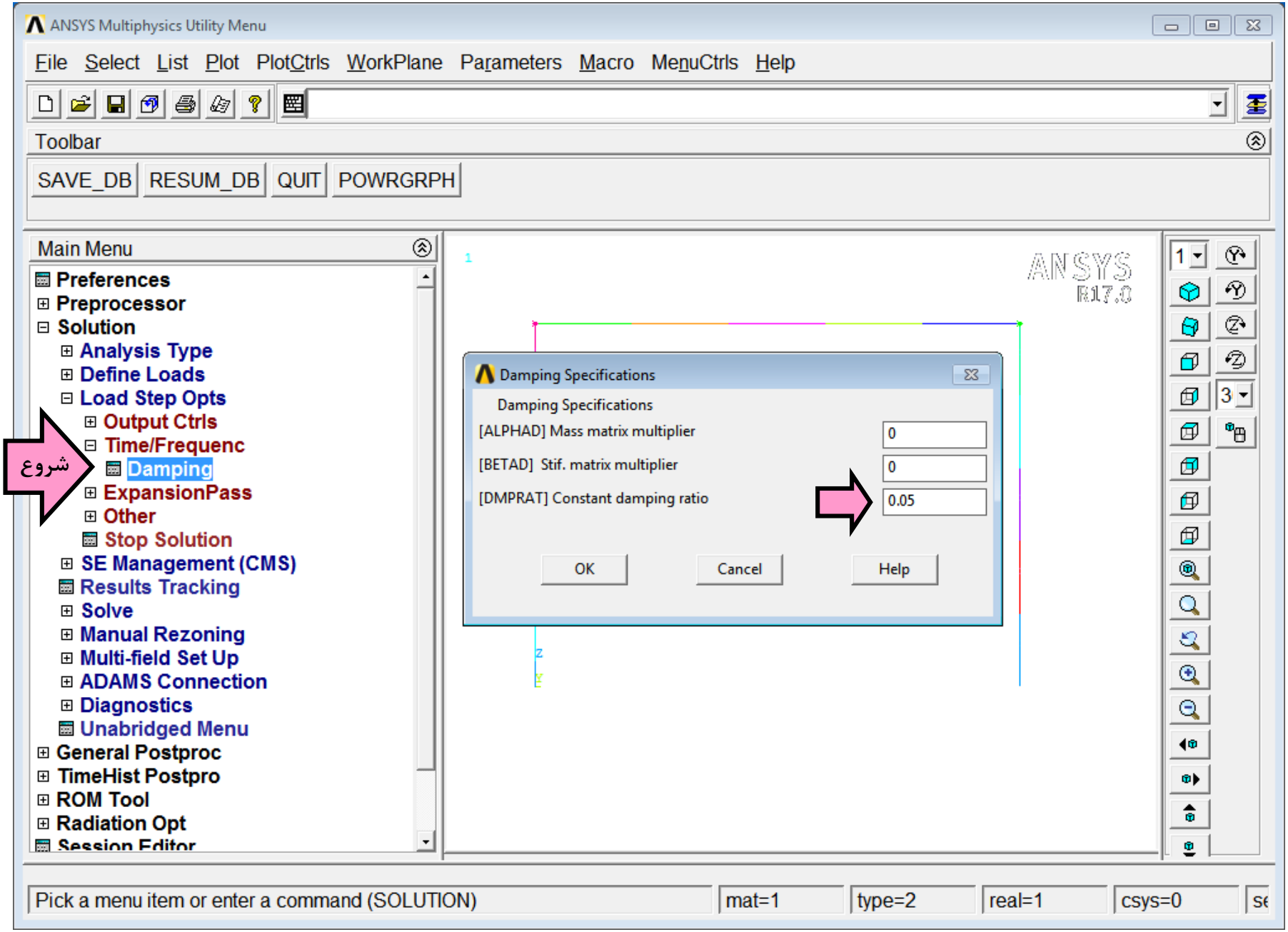
ANSYS HELP.IR

حال در Analysis Options تعداد مودهای مورد نیاز برای تحلیل مشخص می‌شود. تعداد مودها برابر ۵ انتخاب شده است. سایر گزینه ها مطابق تصویر زیر انتخاب می‌شوند. پنجره دوم فقط Ok می‌شود.



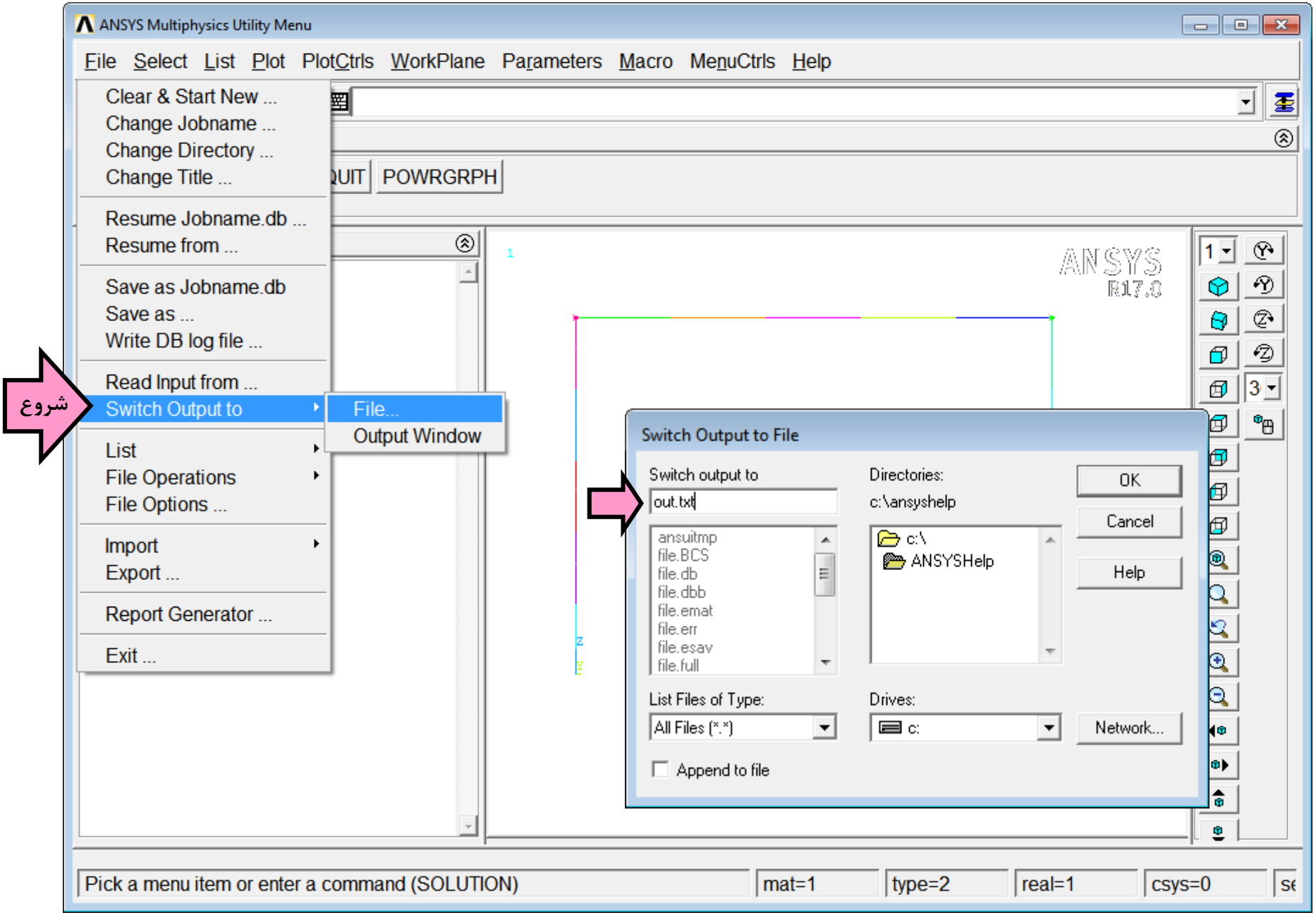
ANSYS HELP.IR

میرایی مودی در آدرس زیر تعریف می‌شود. مقدار نسبت میرایی برابر ۵٪ قرار داده می‌شود.



ANSYS HELP.IR

برای دریافت مشخصات مودی مدل از برنامه، لازم است قبل از تحلیل، خروجی برنامه در یک فایل دلخواه ذخیره شود. اینکار در آدرس زیر صورت می‌گیرد. نام فایل خروجی out.txt انتخاب می‌شود.



ANSYS Help.ir

انجام تحلیل

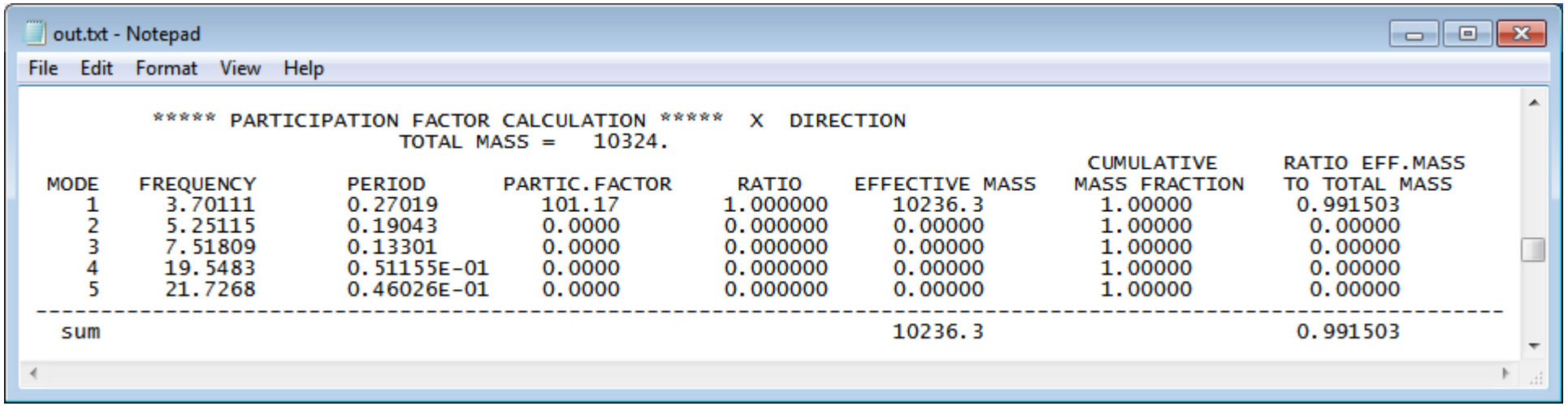
با ورود به آدرس زیر تحلیل را انجام دهید:

Solution > Solve > Current LS

ANSYS Help.ir

استخراج مشخصات مودی

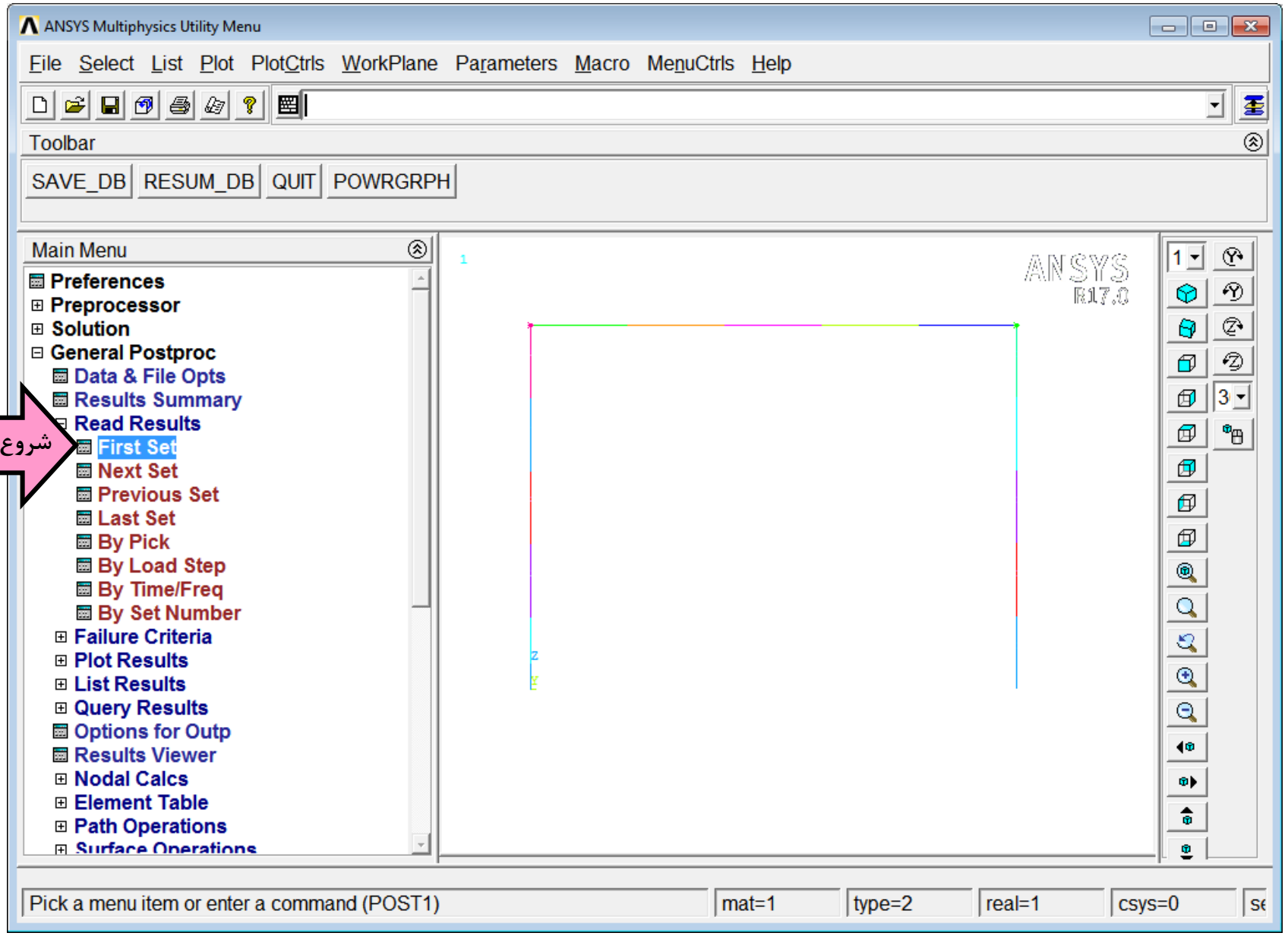
از آنجائیکه خروجی برنامه در فایل out.txt ذخیره شده، مشخصات مودی مدل داخل آن نوشته شده است. با باز کردن این فایل که داخل Working Directory مدل است، اطلاعات مودال شامل فرکانس (بر حسب هرتز)، پریود، ضریب مشارکت مودی و نسبت آن، جرم مؤثر مودی و نسبت آن و جرم مودی تجمعی برای سه جهت اصلی مدل و حول سه محور اصلی مشاهده می‌شوند. از انجائیکه مدل مورد نظر یک سازه یک طبقه و دو بعدی است، مود اول آن شامل حرکت جانبی طبقه بوده و بیشترین پریود و جرم مؤثر مودی را داراست.



ANSYS HELP.IR

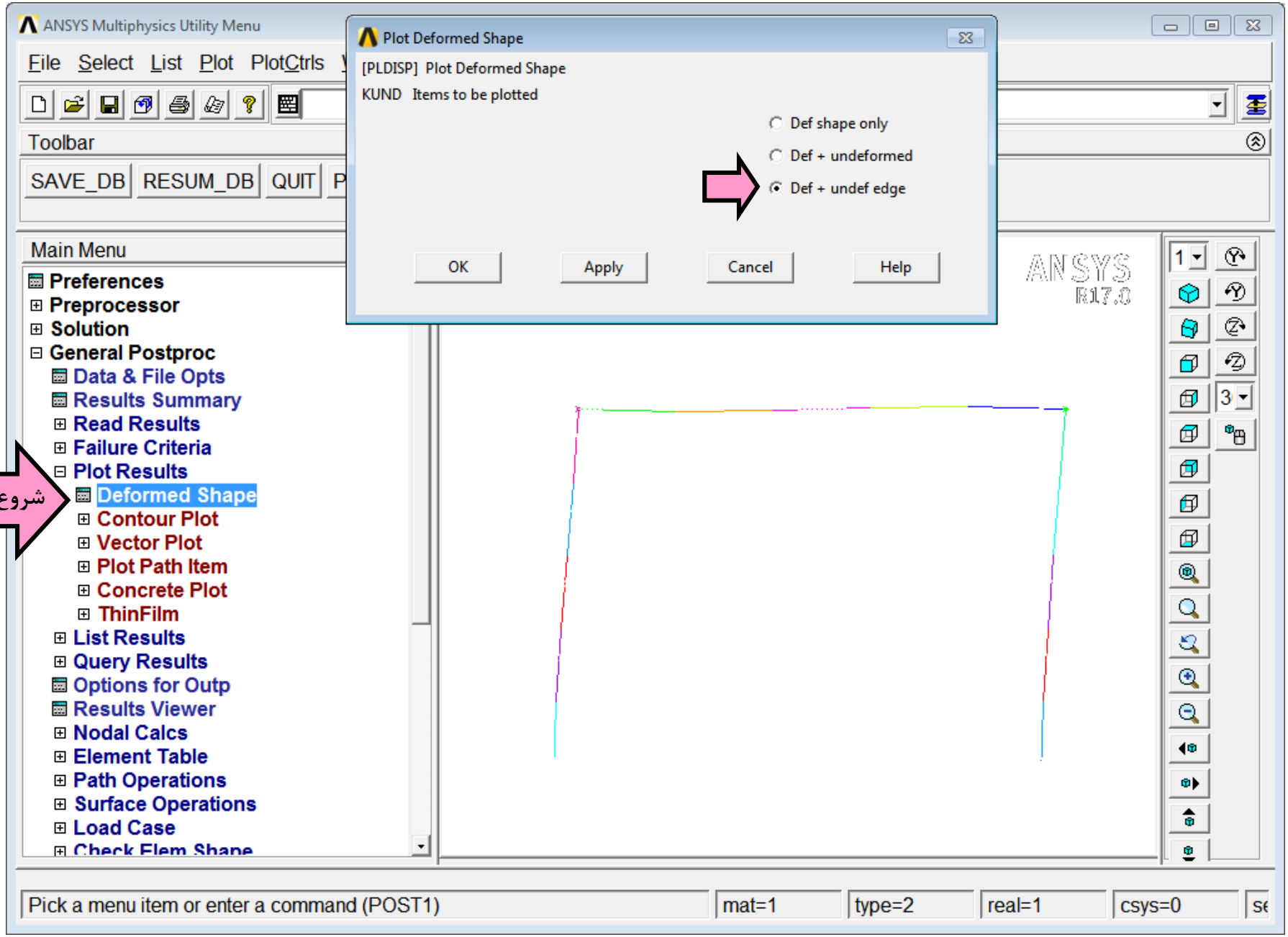
مشاهده تغییر شکل مود اول

برای مشاهده تغییر شکل مود اول از بخش General Post Processing استفاده می‌شود. ابتدا لازم است اطلاعات مود اول یا First Set به حافظه فراخوانده شود.



ANSYS HELP.IR

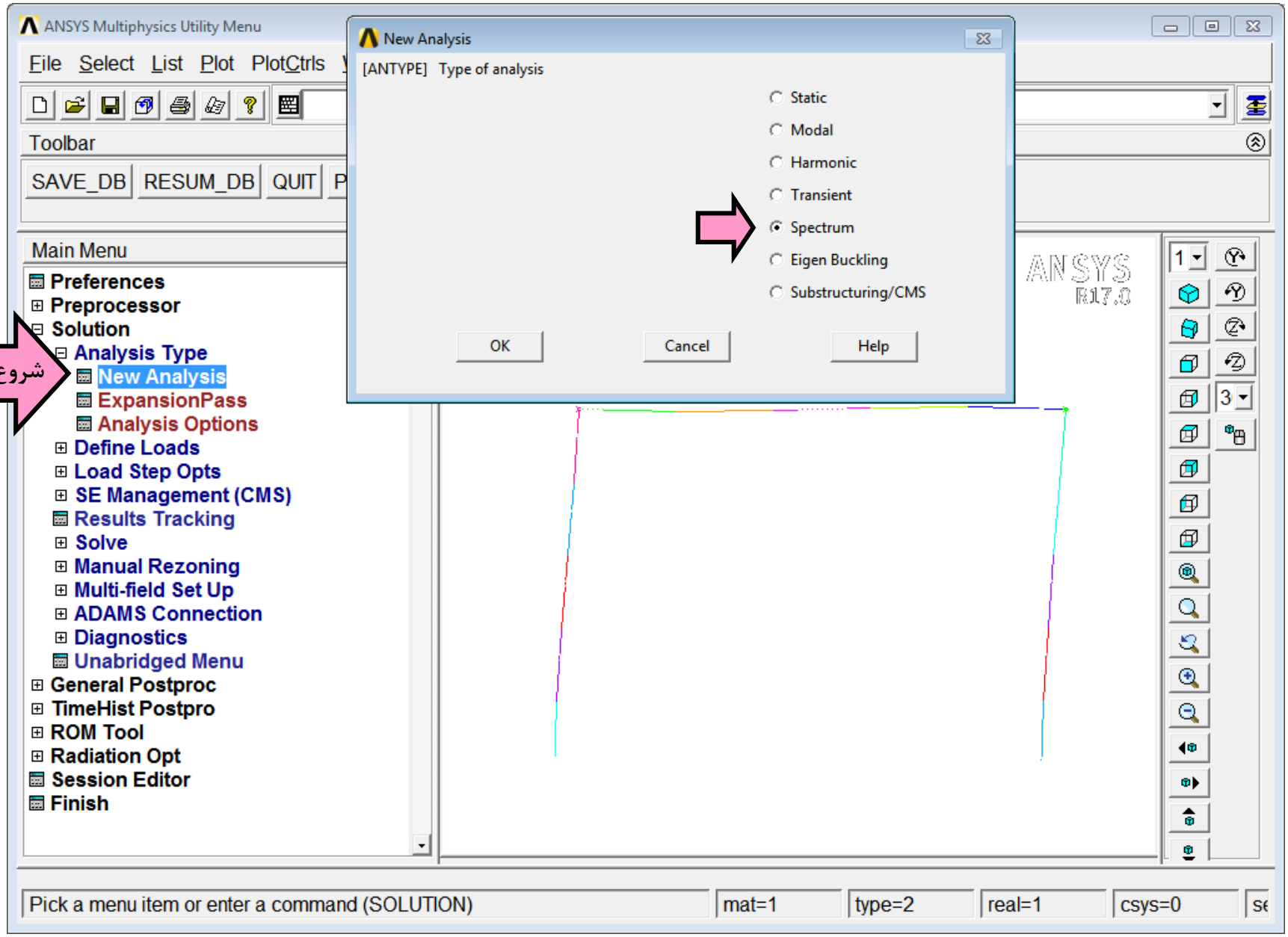
مراحل زیر برای ترسیم تغییر شکل مود اول دنبال می‌شود. برای ترسیم تغییر شکل گزینه Def+Undef edge را انتخاب نمائید



ANSYS HELP.IR

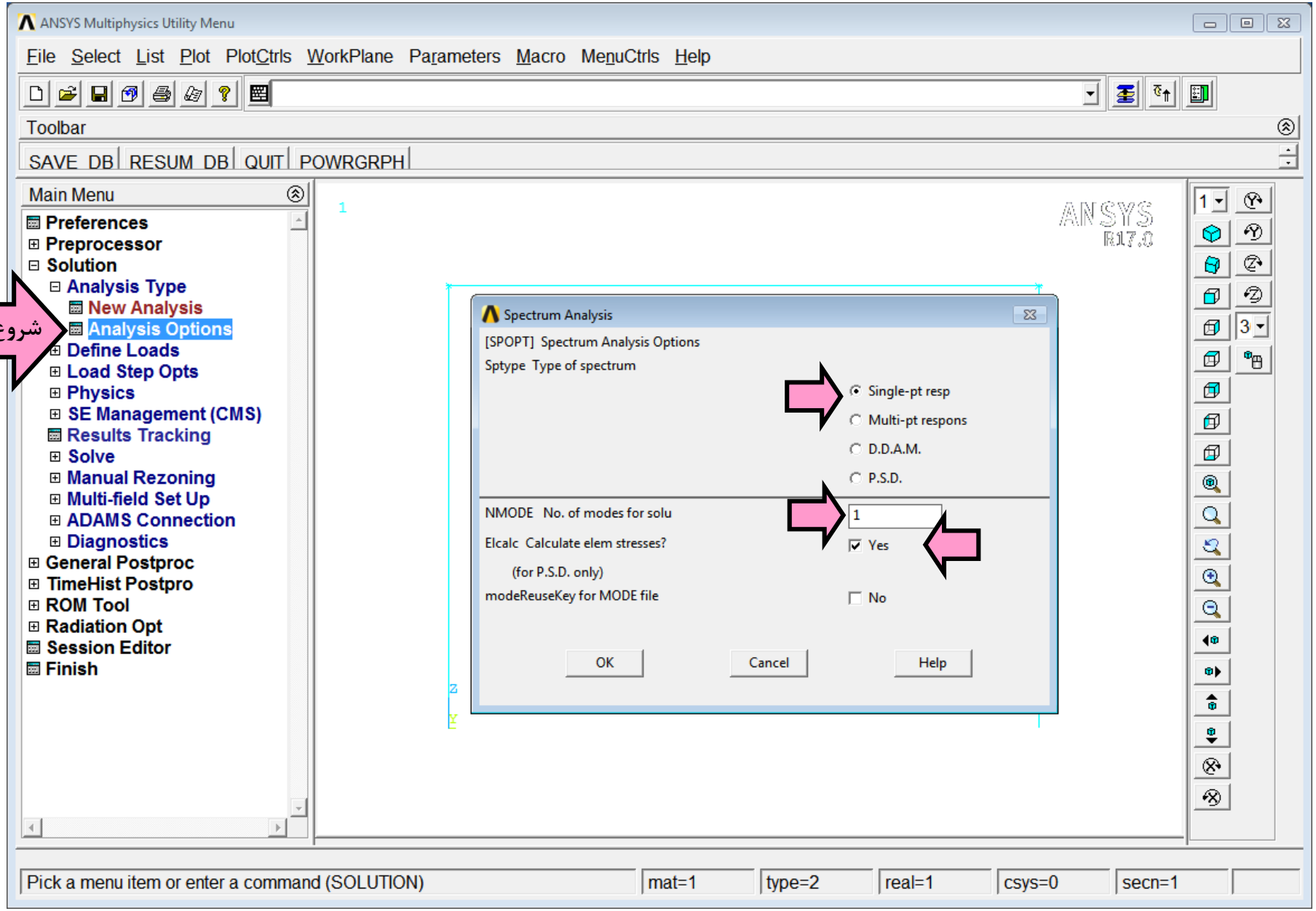
تحلیل طیفی

در بخش New Analysis گزینه Spectrum را انتخاب نمائید.



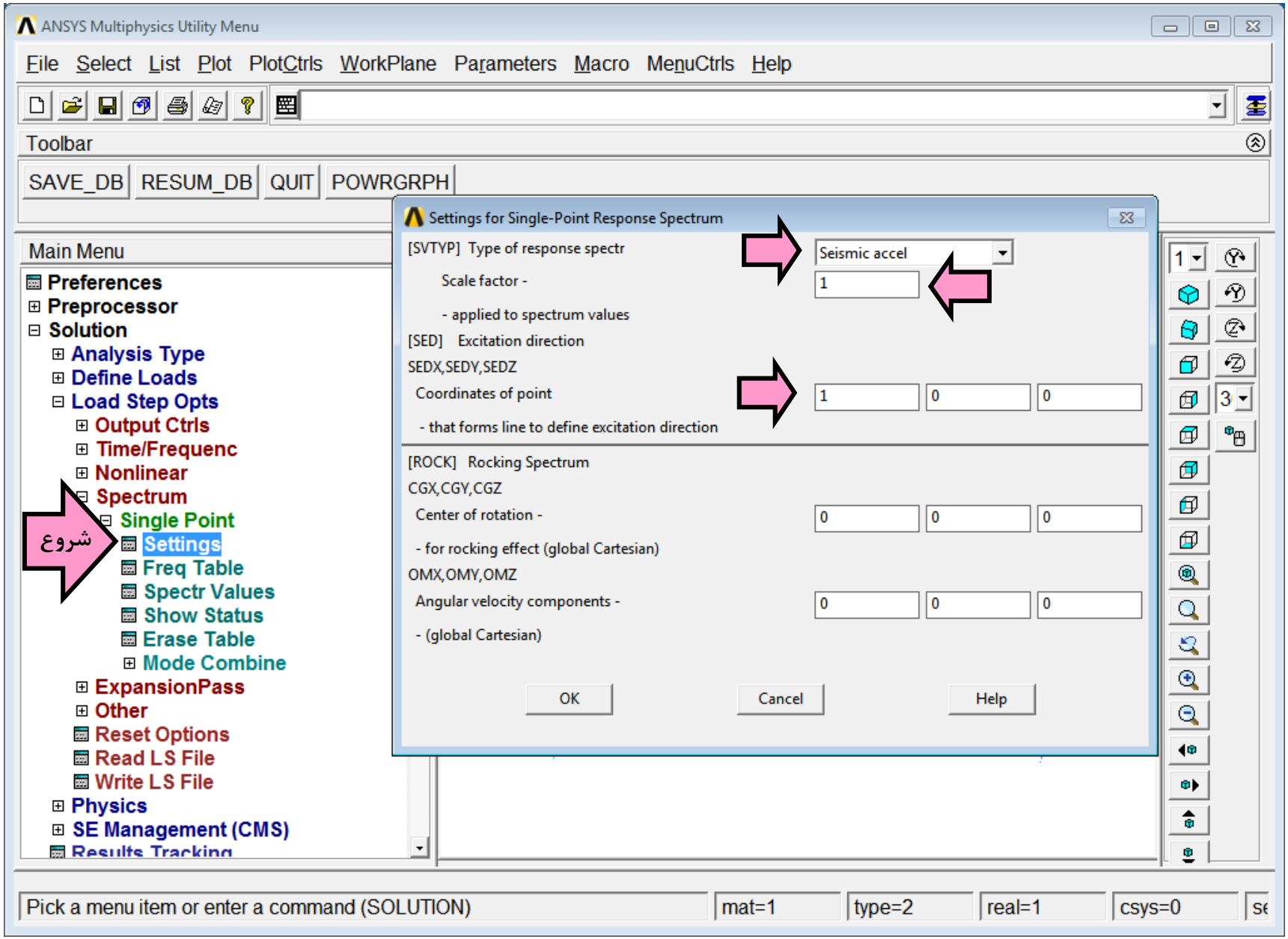
ANSYS HELP.IR

نوع تحلیل طیفی در پنجره زیر انتخاب می‌شود. تحلیل طیفی می‌تواند بصورت تک نقطه ای یا چند نقطه ای صورت گیرد که در اینجا Single- pt resp انتخاب می‌شود. تعداد مودهای تحلیل طیفی ۱ عدد و گزینه Calculate Elem Stresses فعال می‌شود تا نتایج تحلیلی المانها حین تحلیل طیفی ذخیره شود.



ANSYS HELP.IR

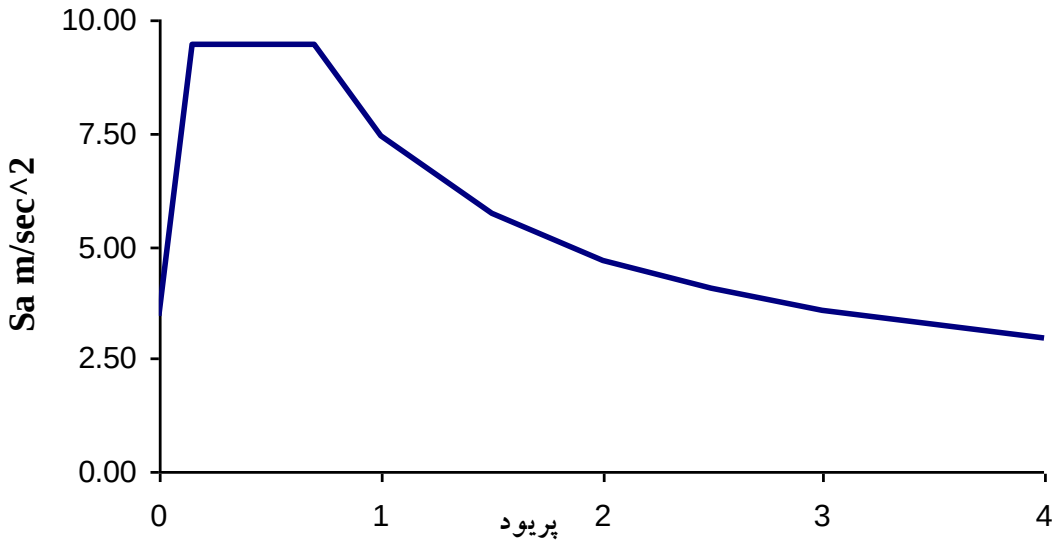
نوع طیف، ضریب آن و جهت وارد شدن طیف بر مدل در آدرس زیر مشخص می‌شود. نوع طیف شتاب، مقیاس آن ۱ و جهت وارد شدن در جهت x است که عدد متناظر آن در بخش SED برابر ۱ و سایر اعداد صفر قرار داده می‌شود.



ANSYS HELP.IR

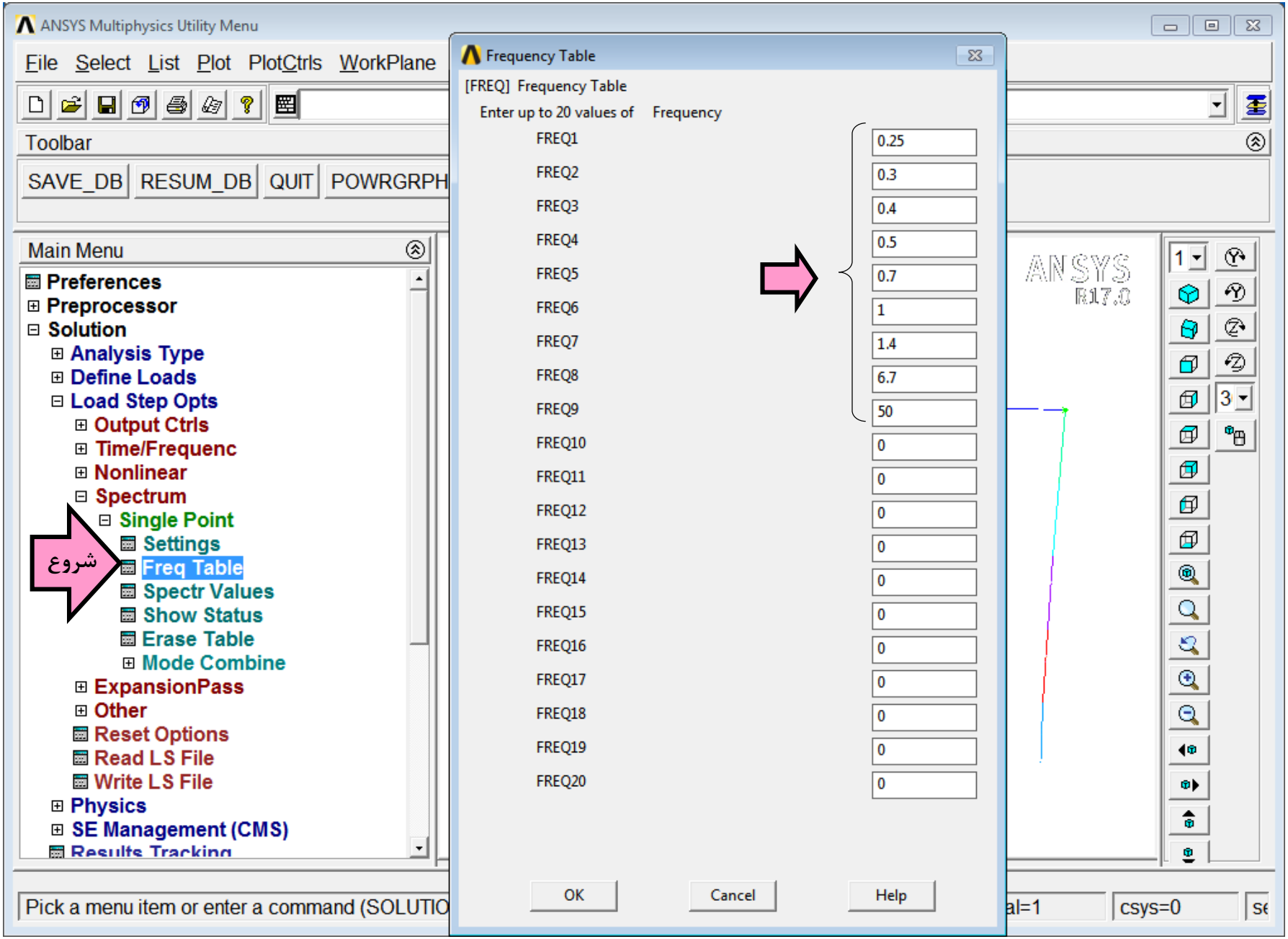
مقادیر طیف از استاندارد ۲۸۰۰ ایران و برای خاک نوع III و خطر نسبی خیلی زیاد استخراج شده‌اند. جدول و نمودار مقادیر طیفی به شکل زیر است:

f Hz	T	Sa m/sec^2
0.25	4	2.95
0.3	3	3.58
0.4	2.5	4.04
0.5	2	4.69
0.7	1.5	5.68
1.0	1	7.44
1.4	0.7	9.44
6.7	0.15	9.44
50.0	0	3.43



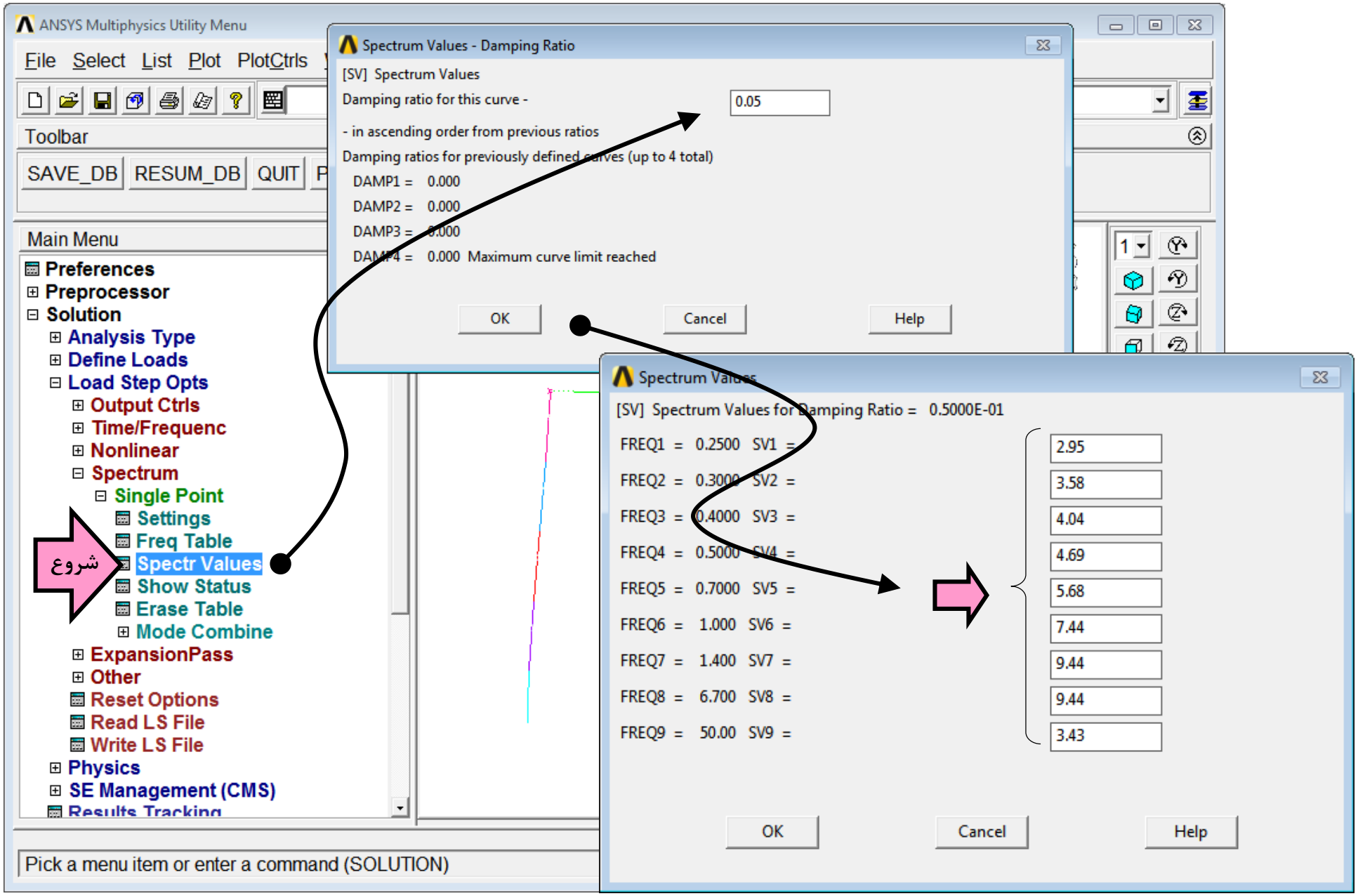
ANSYS Help.ir

برای وارد کردن طیف ابتدا مقادیر فرکانسها بر حسب هرتز در آدرس زیر وارد می‌شود.



ANSYS HELP.IR

سپس مقادیر طیفی متناظر در آدرس زیر وارد می‌شوند. در این بخش ابتدا لازم است درصد میرایی طیف در پنجره Spectrum Values-Damping Ratio تعیین شود. این مقدار برابر 0.05 در نظر گرفته می‌شود. با زدن Ok پنجره Spectrum Values باز شده و مقادیر طیفی بر حسب فرکانس مشخص شده با واحد متر بر ثانیه به توان دو وارد می‌شوند.



ANSYS HELP.IR

در این مرحله مدل را ذخیره کنید.

File → Save as Jobname

تحلیل طیفی

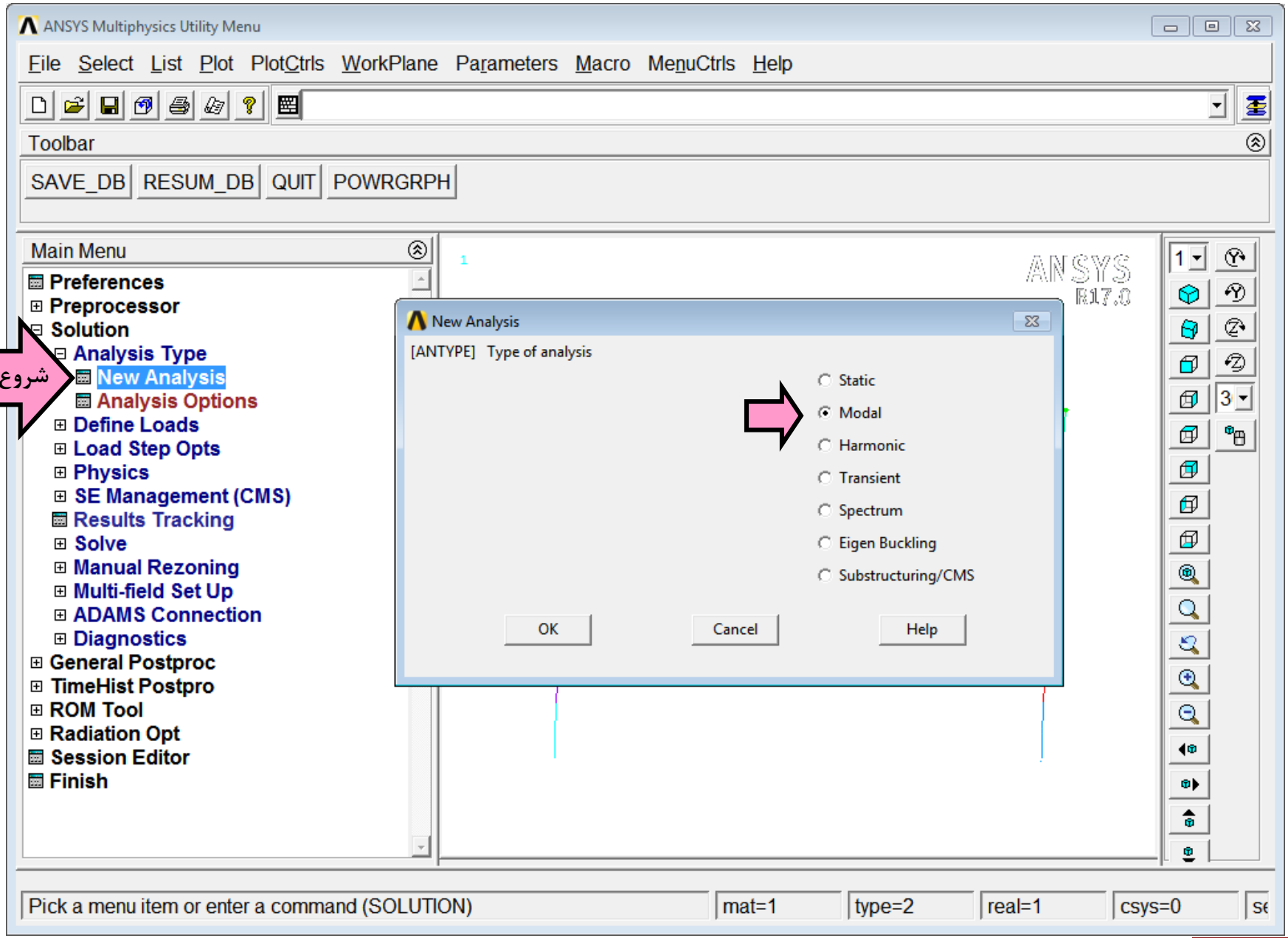
با انتخاب گزینه Solve مدل را تحلیل کنید.

Main Menu → Solution → Solve → Current LS

ANSYS Help.ir

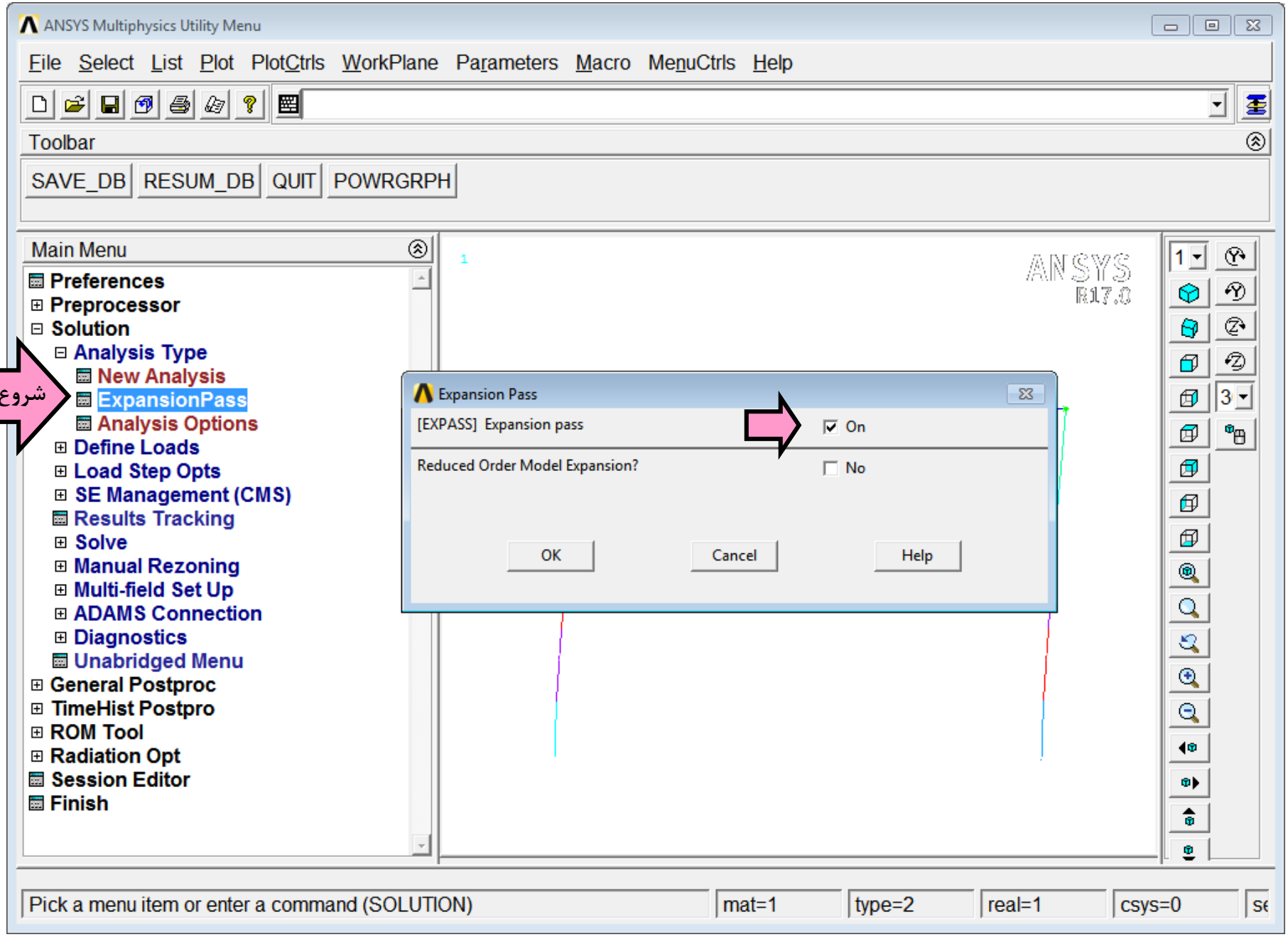
بسط مودها

برای تکمیل تحلیل طیفی مطابق راهنمای برنامه لازم است مودهای مورد نیاز در محاسبه پاسخ سازه بسط داده شوند. برای اینکار ابتدا لازم است نوع تحلیل مودال شود:



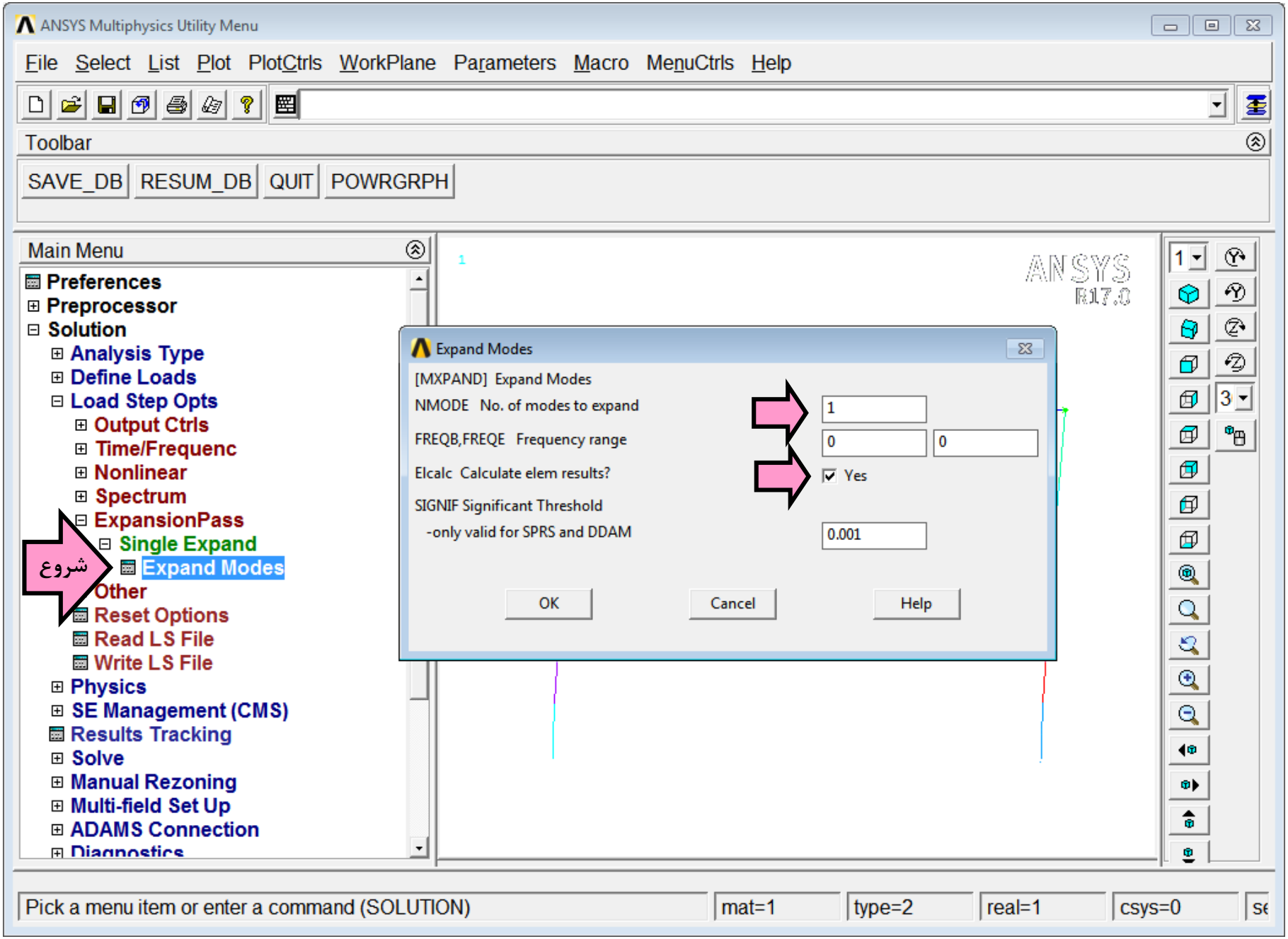
ANSYS Help.ir

سپس گزینه Expansion pass فعال شود. اینکار در آدرس زیر انجام می شود.



ANSYS HELP.IR

تعیین تعداد مودهای لازم جهت ترکیب مودی پاسخها در آدرس زیر صورت می‌گیرد. تعداد مودها برابر ۱ قرار داده شده و گزینه Calculate Element Results برابر Yes انتخاب می‌شود.



ANSYS Help.ir

حال مجددا تحلیل صورت می‌گیرد:

Main Menu → Solution → Solve → Current LS

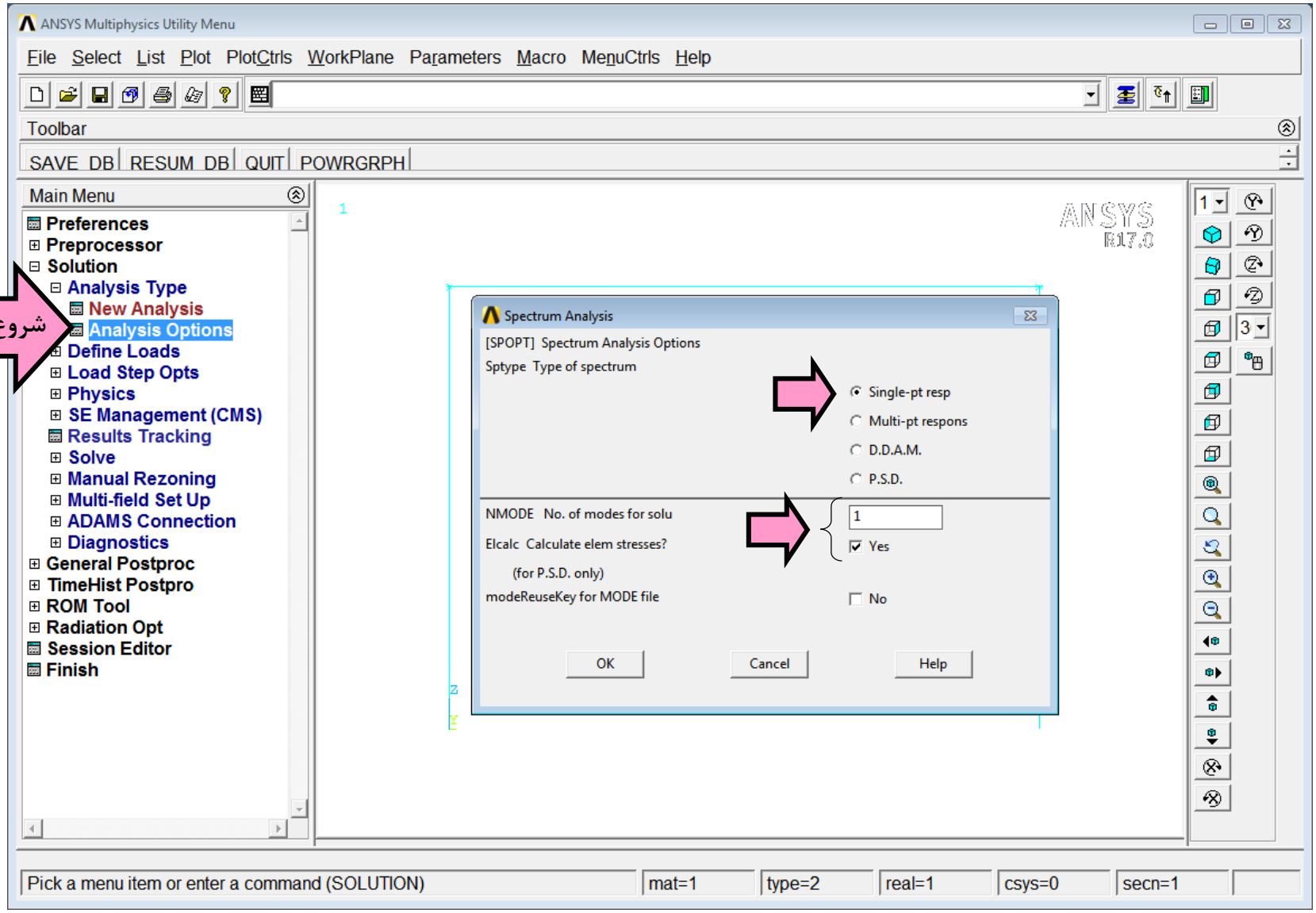
ANSYS Help.ir

انجام مجدد تحلیل طیفی

مطابق با راهنمای برنامه لازم است مجدداً تحلیل طیفی صورت گیرد. در این مرحله روش ترکیب نتایج مودی نیز انتخاب می‌شود. ابتدا تحلیل طیفی در آدرس زیر انتخاب می‌شود:

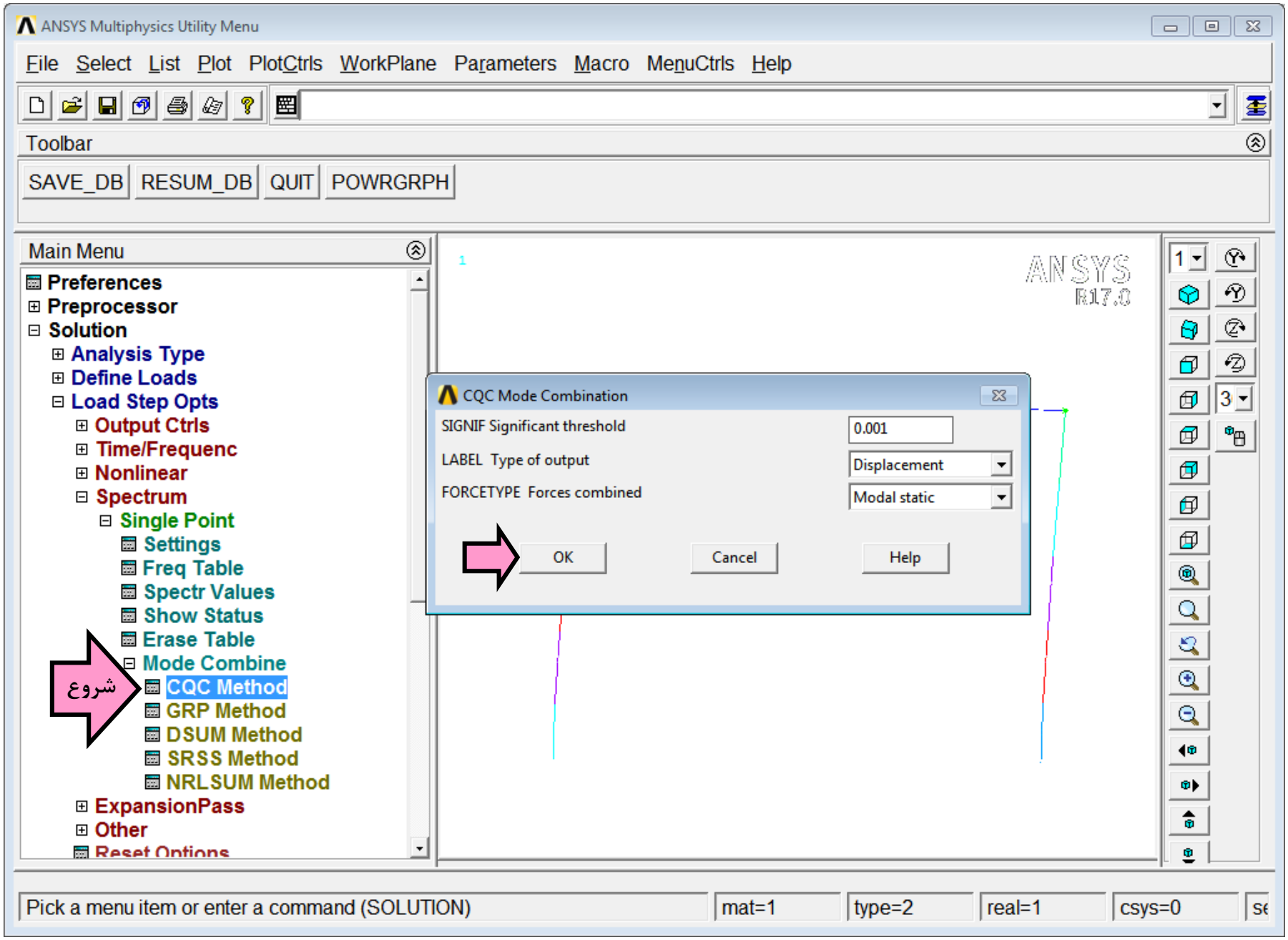
Main Menu → Solution → Analysis Type → New Analysis → Spectrum

داده‌های تحلیل طیفی مطابق پنجره زیر در آدرس مربوطه مشخص می‌شوند:



ANSYS HELP.IR

حال روش ترکیب مودها (در اینجا CQC) در آدرس زیر انتخاب می‌شود:



ANSYS Help.ir

با انجام تحلیل مجدد، نتایج مودی با یکدیگر ترکیب می‌شود.

Main Menu → Solution → Solve → Current LS

در این مرحله یک فایل به نام File.MCOM در Working Directory ساخته می شود که در محل بعد مورد استفاده قرار میگیرد.

ANSYS Help.ir

بازخوانی نتایج ترکیب طیفی مودها

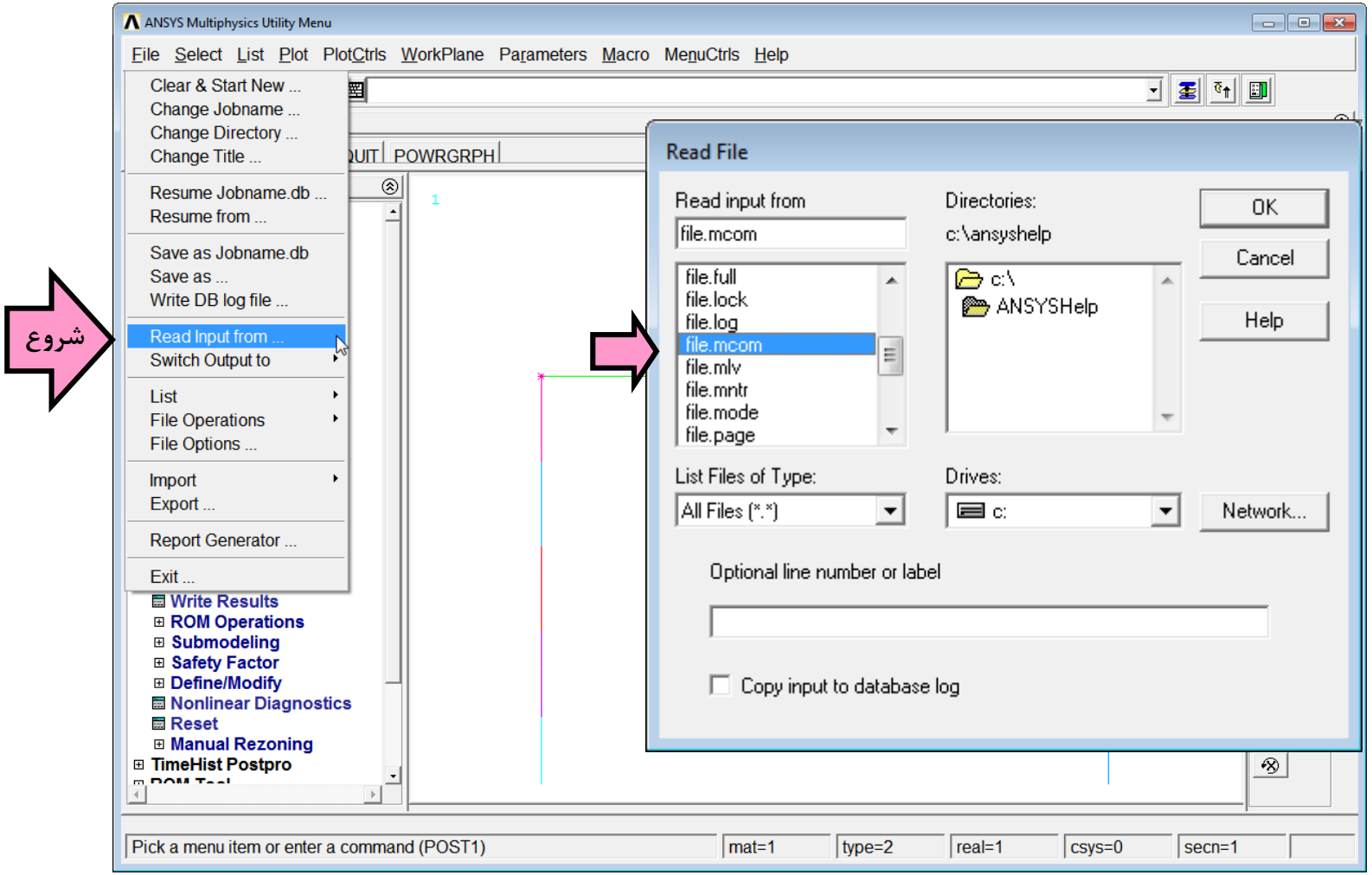
دستورات لازم برای ترکیب نتایج مودها در روش طیفی در فایلی به نام file.MCOM ذخیره می‌شوند که در بخش General Postproc باید خوانده شود. برای خواندن این دستورات ابتدا وارد بخش زیر شوید:

Main Menu → General Postproc

حال وارد آدرس زیر شده و فایل file.MCOM را بخوانید:

Utilty Menu → File → Read input from…

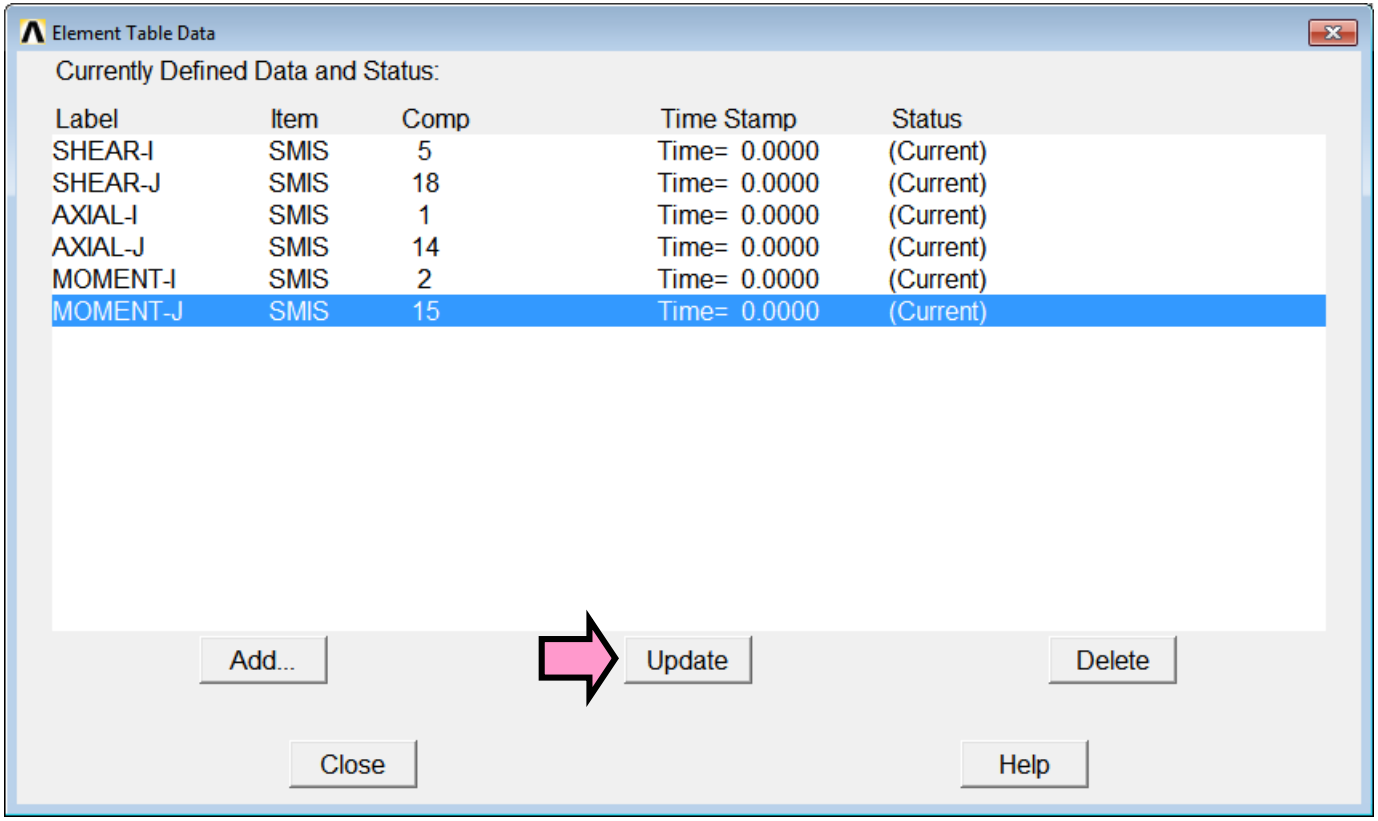
به این ترتیب نتایج در نرم افزار خوانده می‌شوند.



ANSYS HELP.IR

ترسیم نمودار لنگر حاصل از تحلیل طیفی

نمودار لنگر المانها حاصل از تحلیل طیفی با همان روشی که برای بار ثقلی بیان شد ترسیم می‌شود. ابتدا مقادیر Element Table تعریف شده بروزرسانی می شود:

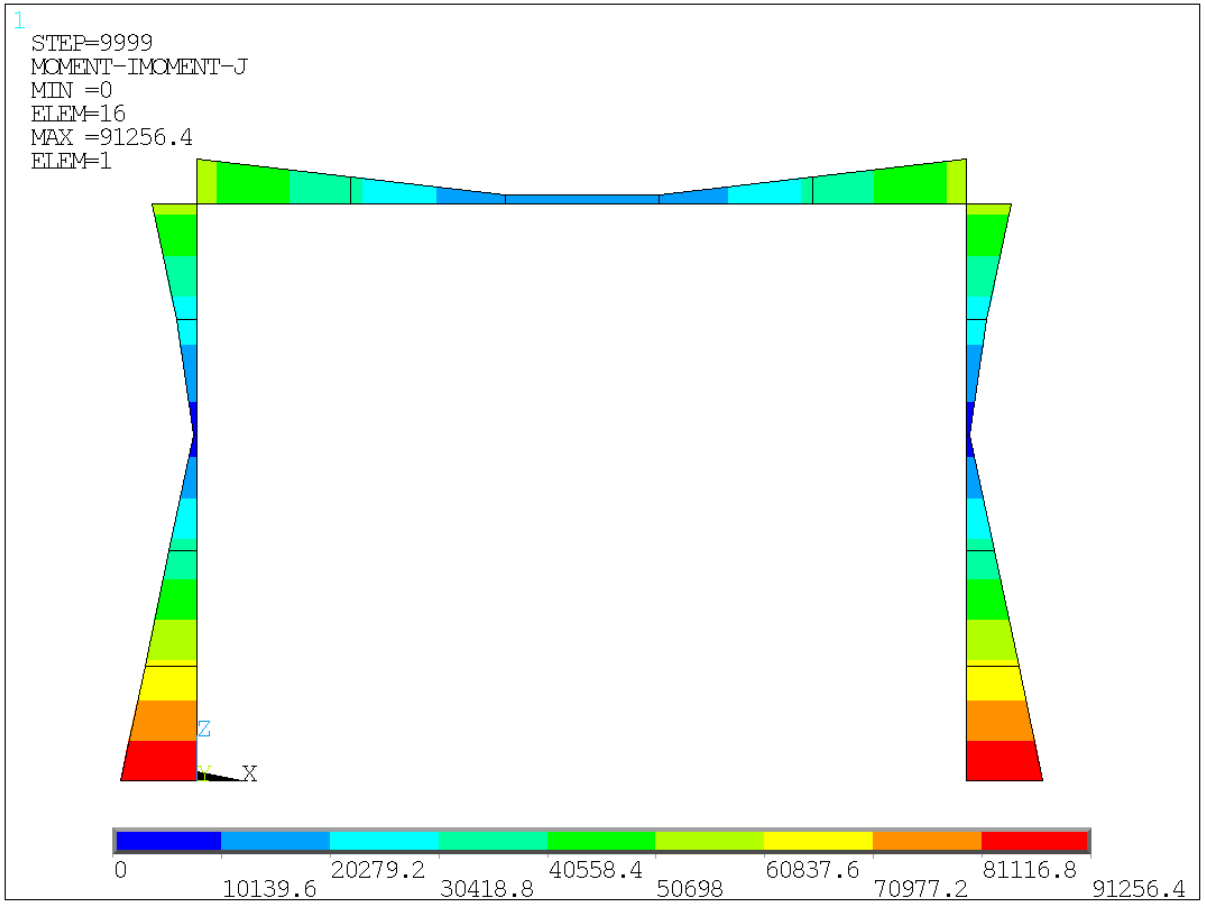


ANSYS HELP.IR

سپس با گزینه زیر نمودار لنگر ترسیم می‌شود:

Main Menu → General Postproc → Plot Results → Line Elem Res

نتیجه حاصله به شکل زیر است. دقت داشته باشید که در تحلیل طیفی نتایج تنها با علامت مثبت نشان داده می‌شوند.



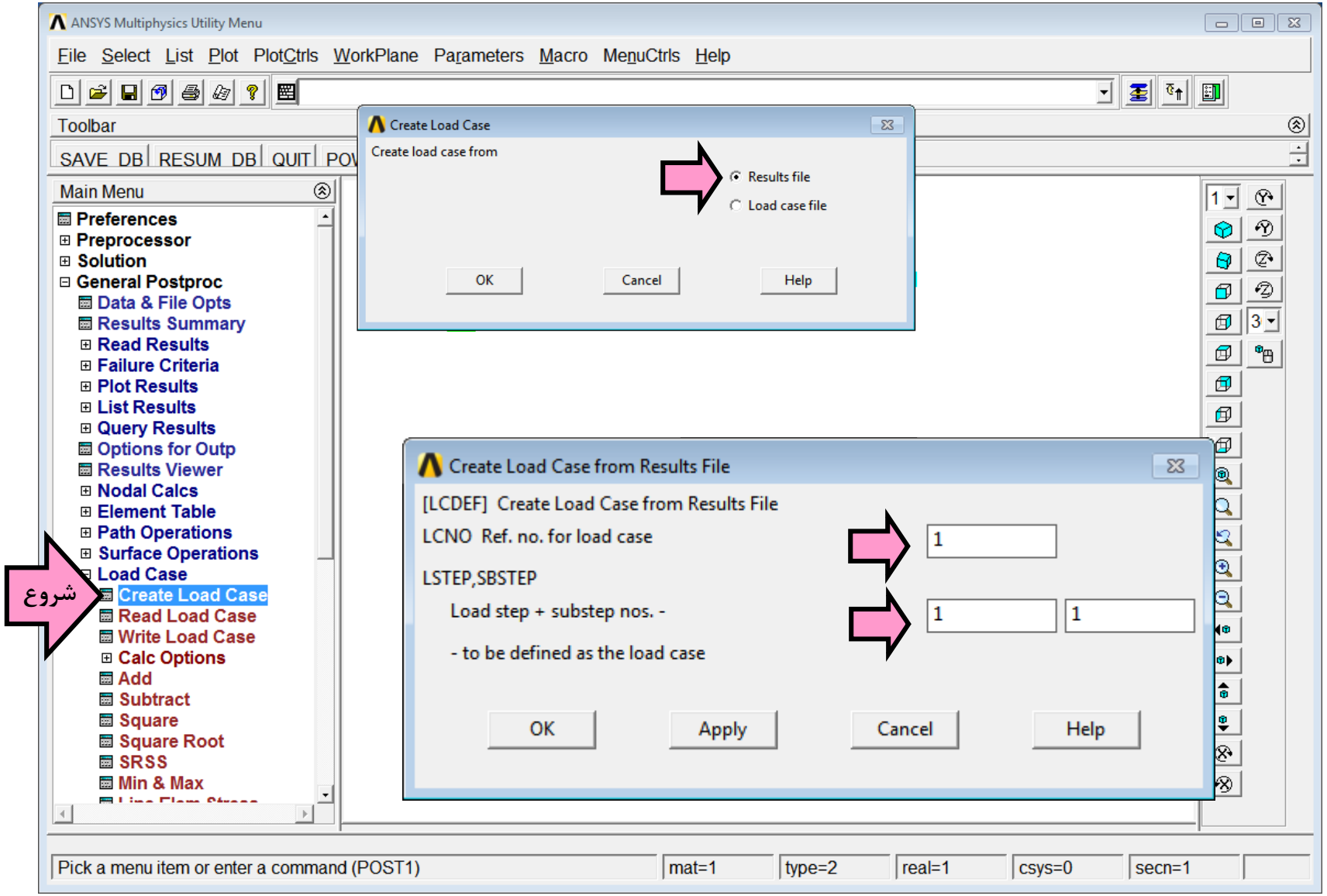
نمودار لنگر المانها حاصل از تحلیل طیفی

ANSYS Help.ir

ذخیره نتایج تحلیل طیفی در Load Case

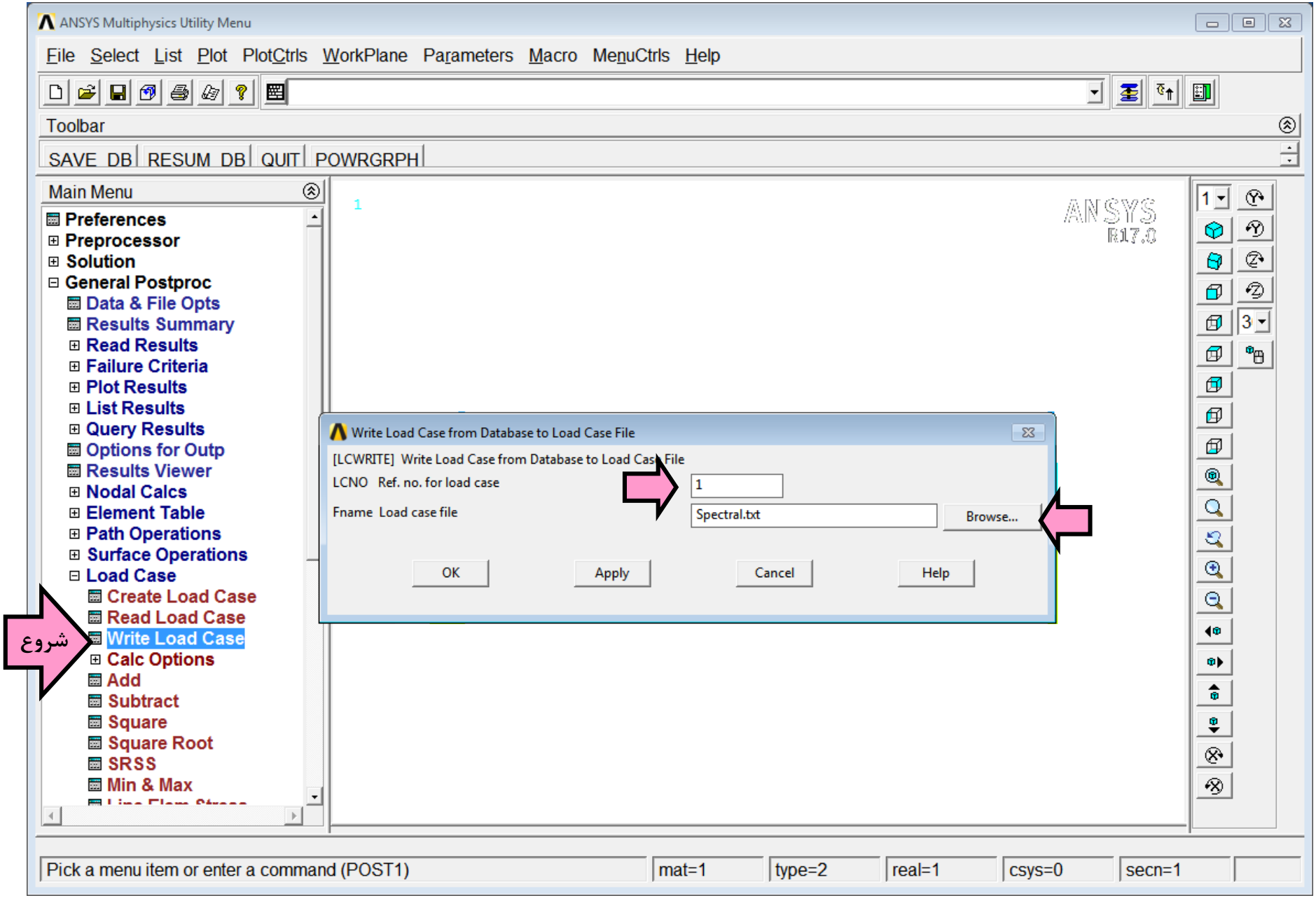
همانند روشی که در ساخت Load Case برای ذخیره نتایج تحلیل ثقلی معرفی شد، در اینجا نیز برای ذخیره نتایج تحلیل طیفی در Load Case 1 استفاده می‌شود.

در مقابل LCNO شماره ۱ برای Load Case وارد می‌شود. برای LSTEP و SBSTEP نیز اعداد ۱ وارد می شوند.



ANSYS HELP.IR

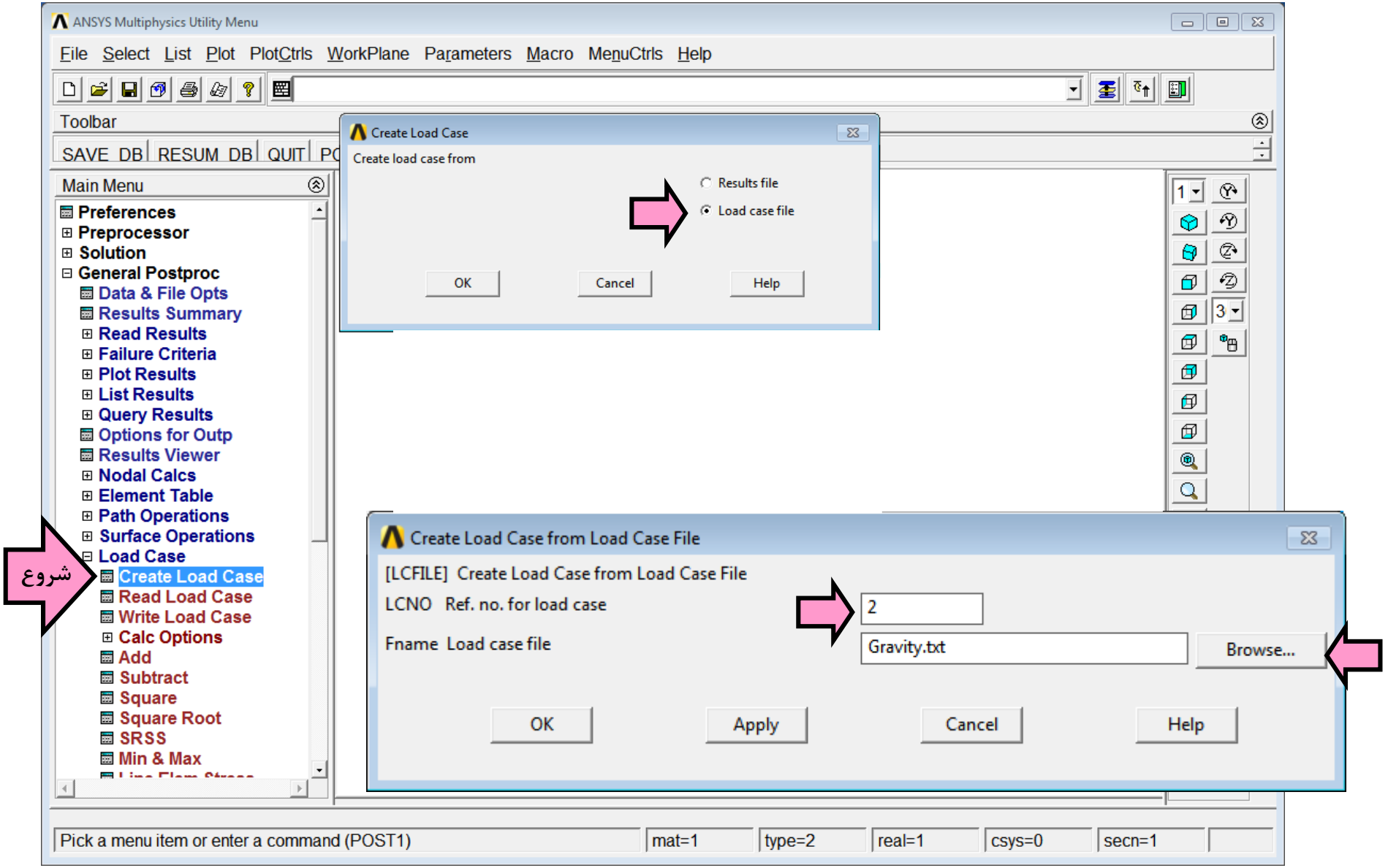
حال نتایج LC1 (Load Case 1) برای بازیابی بعدی در یک فایل با نام Spectral.txt ذخیره می‌شود.



ANSYS HELP.IR

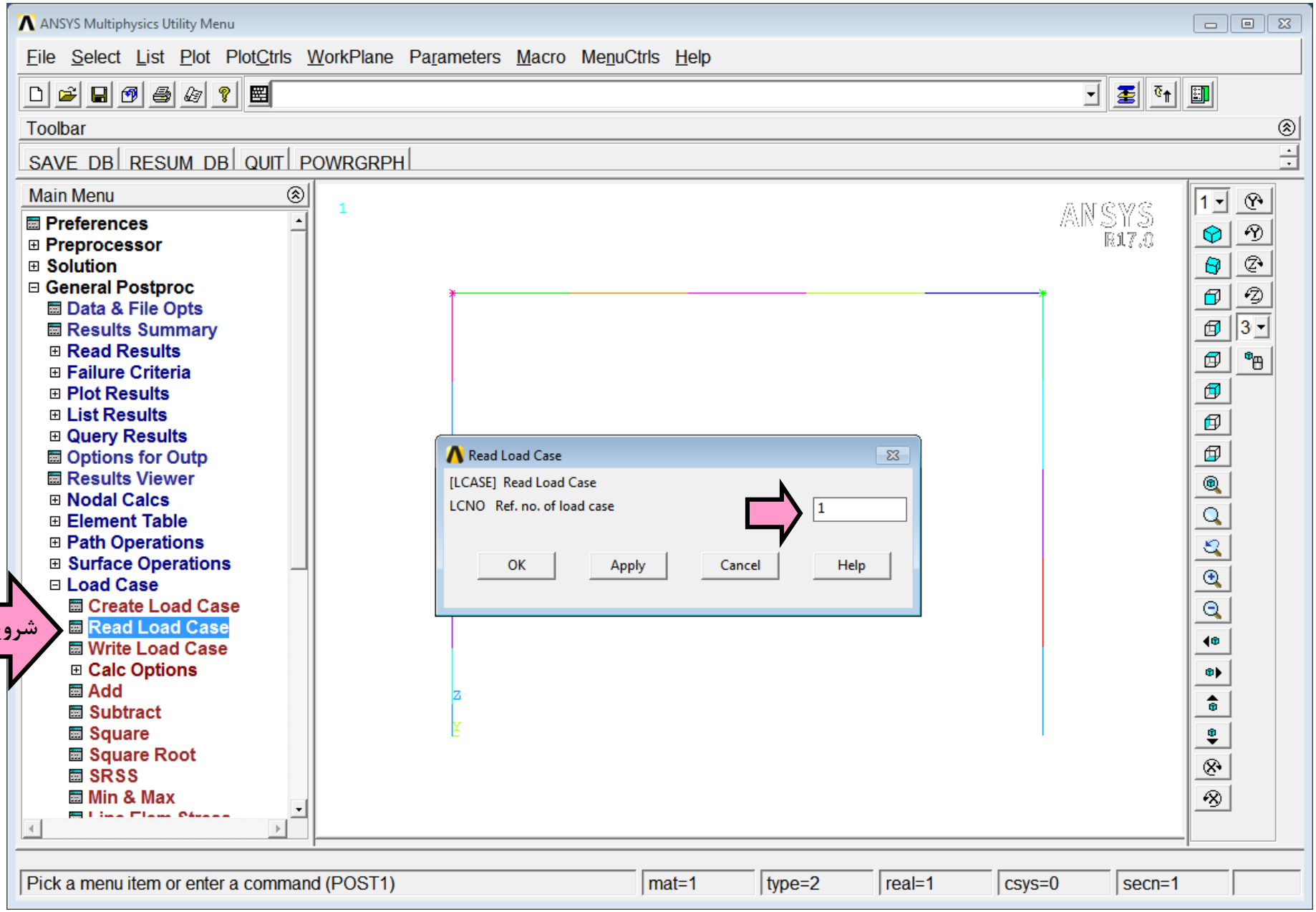
ترکیب نتایج تحلیل ثقلی و طیفی

ابتدا نتایج تحلیل ثقلی از فایل Gravity.txt فراخوانی شده و در LC2 ذخیره می‌شود. برای این منظور از دگمه Browse در پنجره Create Load Case from Load Case File برای انتخاب فایل Gravity.txt در Working Directory استفاده نمائید.



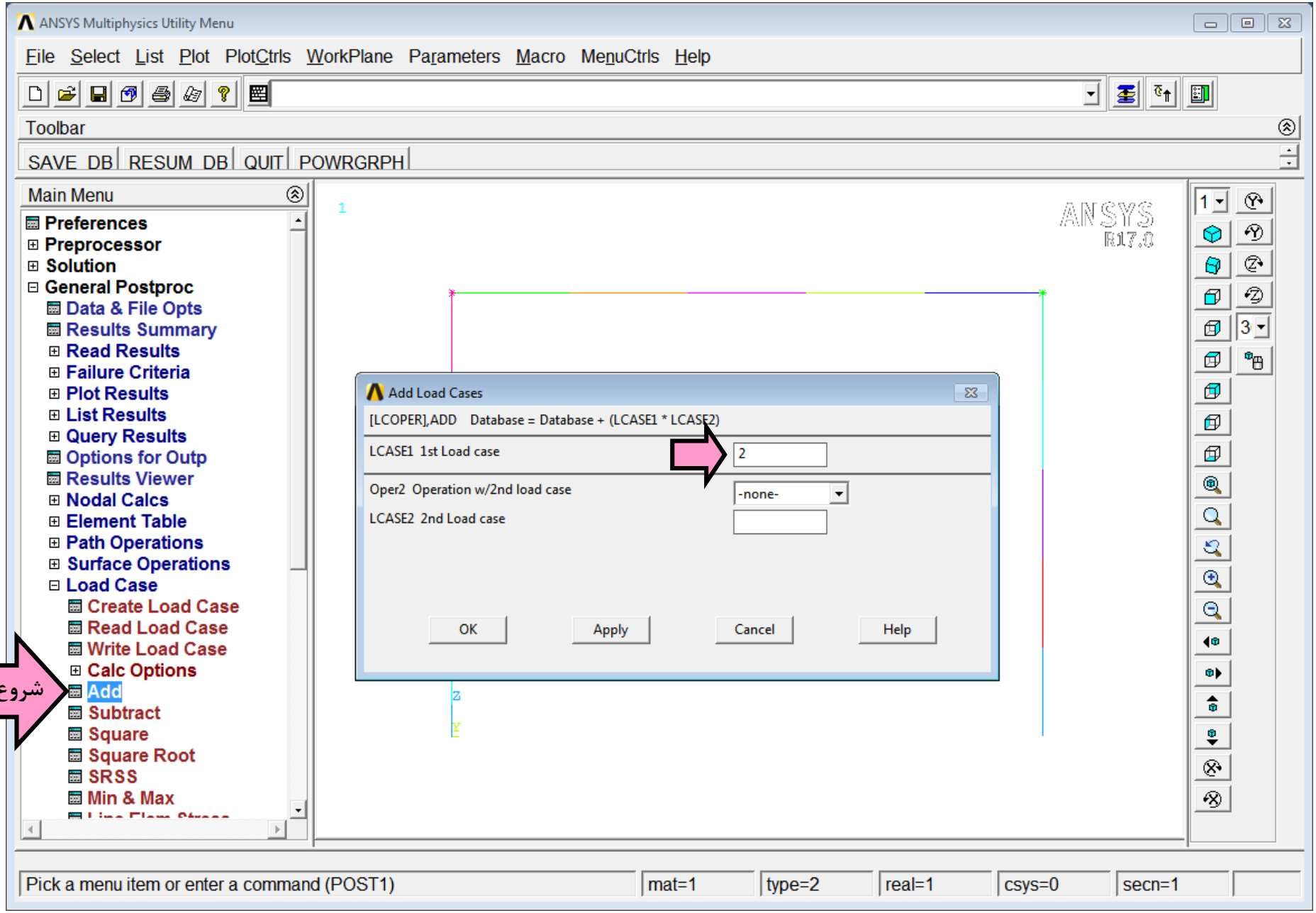
ANSYS HELP.IR

به این ترتیب هم اکنون دو Load Case وجود دارند که در اولی نتایج تحلیل طیفی و در دومی نتایج تحلیل ثقلی ذخیره شده است. برای ترکیب نتایج این دو LC ابتدا LC1 از حافظه فراخوانی می‌شود:



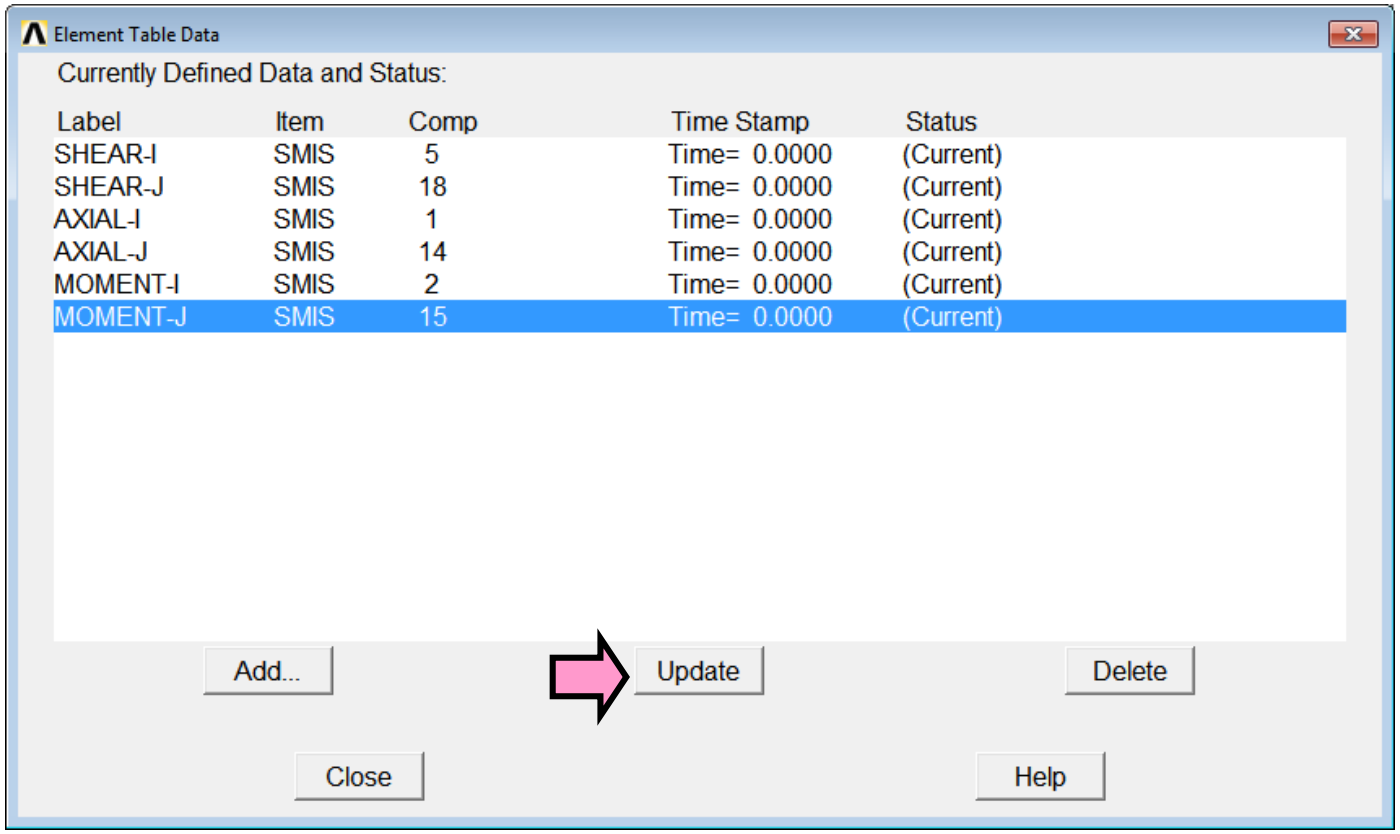
ANSYS HELP.IR

حال LC2 با LC1 جمع می‌شود:



ANSYS HELP.IR

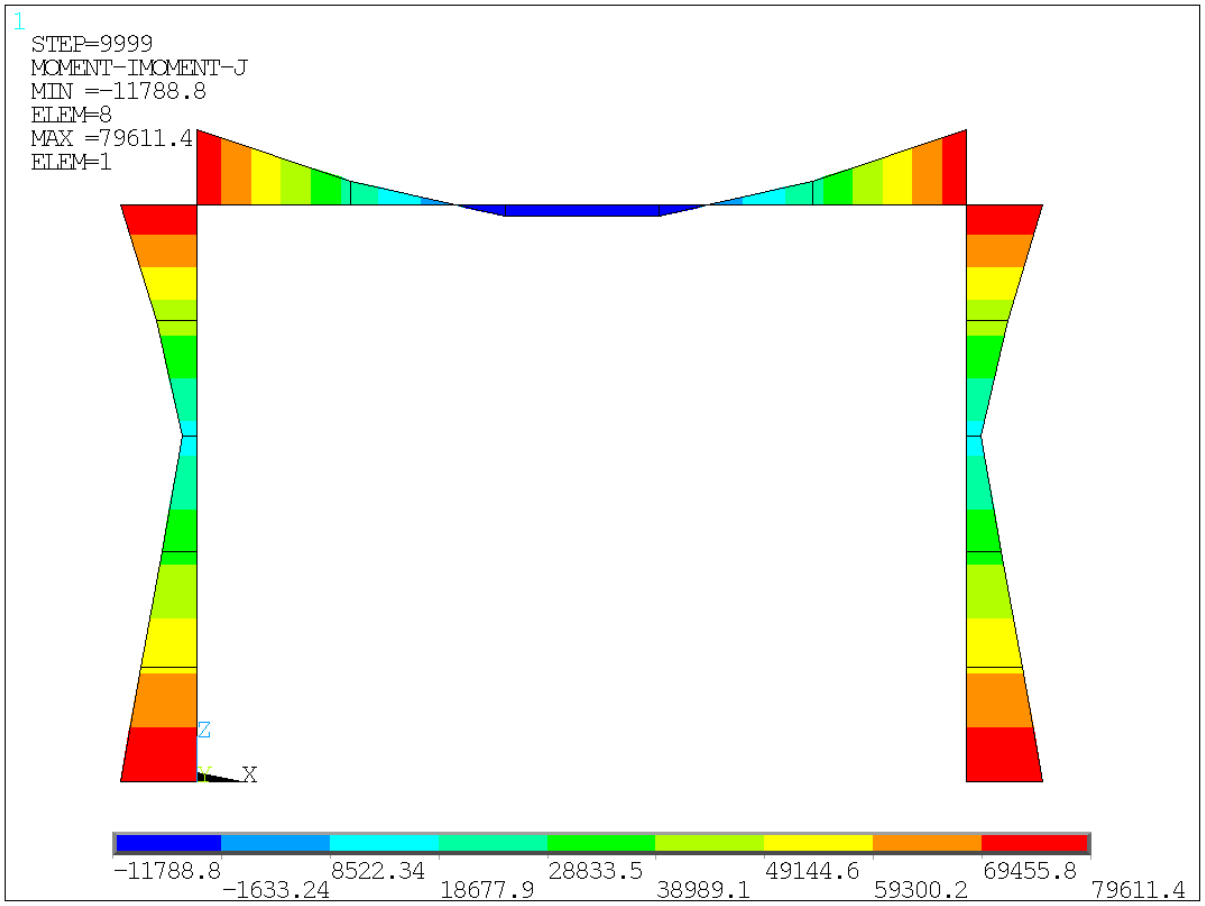
اکنون نتایج ذخیره شده در حافظه حاصل جمع تحلیل طیفی و ثقلی است. برای مشاهده نتایج از روشهای متداول استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که برای مشاهده نتایج از طریق Element Table لازم است مقادیر آن در هر مرحله Update شوند.



ANSYS HELP.IR

ترسیم نمودار لنگر حاصل از بار طیفی تنها

به عنوان نتیجه نهایی نمودار لنگر المانها تحت بارگذاری ترکیبی ثقلی و طیفی با روش ذکر شده قبلی ترسیم می‌شود:



نمودار لنگر المانها در اثر ترکیب بار طیفی+ ثقلی

در پایان مدل را ذخیره کنید.

ANSYS HELP.IR