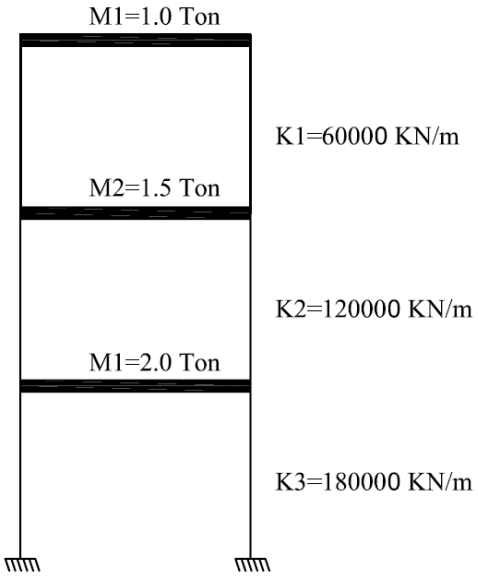
پاسخ طیفی یک ساختمان ۳ طبقه
با مدل ساده جرم و فنر
مقایسه با روش حل دستی

مقدمه

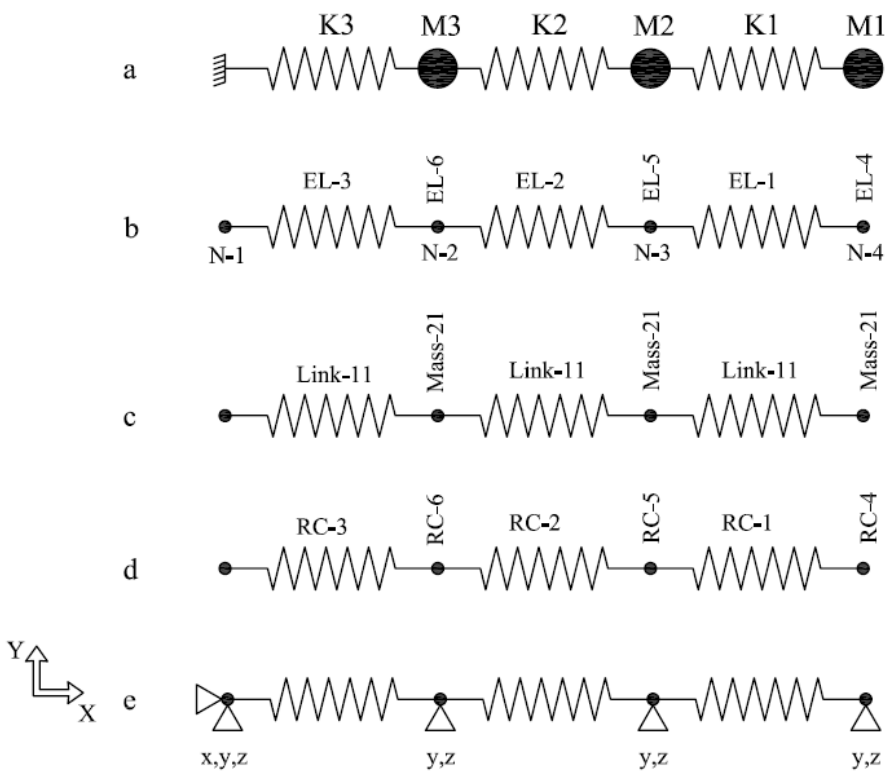
در این گزارش پاسخ طیفی یک ساختمان سه طبقه با مدل ساده شده جرم و فنر استخراج می‌شود. برای کنترل صحت کارکرد نرم افزار از یک مثال حل شده که در جزوه درسی ارتعاشات تصادفی جناب آقای دکتر محسن غفوری آشتیانی-استاد پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله- آمده است استفاده می‌شود.

مدل سازه در تصویر ۱ نشان داده شده است. واحدهای جرم و سختی بر حسب تن و کیلو نیوتن بر متر هستند. مدلسازی با استفاده از المان Link 11 و Mass 21 صورت می‌گیرد. شکل مدل معادل در تصویر ۲ نشان داده شده است. همچنین مختصات گره‌ها، المانها و مشخصات Real Constant المانها، نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱ مدل ارائه شده در مثال عددی

ANSYS HELP.IR



شکل ۲

مراحل ساخت مدل همانند مثال AHR-10 است و به کاربر واگذار می‌شود. برای این مدل نیازی به تعریف مصالح نیست. برای مدلسازی از روش مستقیم ساخت گره ها و المانها استفاده نمائید. به خاطر داشته باشید برای تعریف هر المان ابتدا باید مشخصات آن در بخش:

Main Menu → Preprocessor → Create → Element → Element Attributes

انتخاب و سپس به کمک گزینه

Main Menu → Preprocessor → Create → Element → Thru Nodes

هر المان ساخته شود. المان Link 11 دو گرهی و المان Mass 21 یک گرهی است.

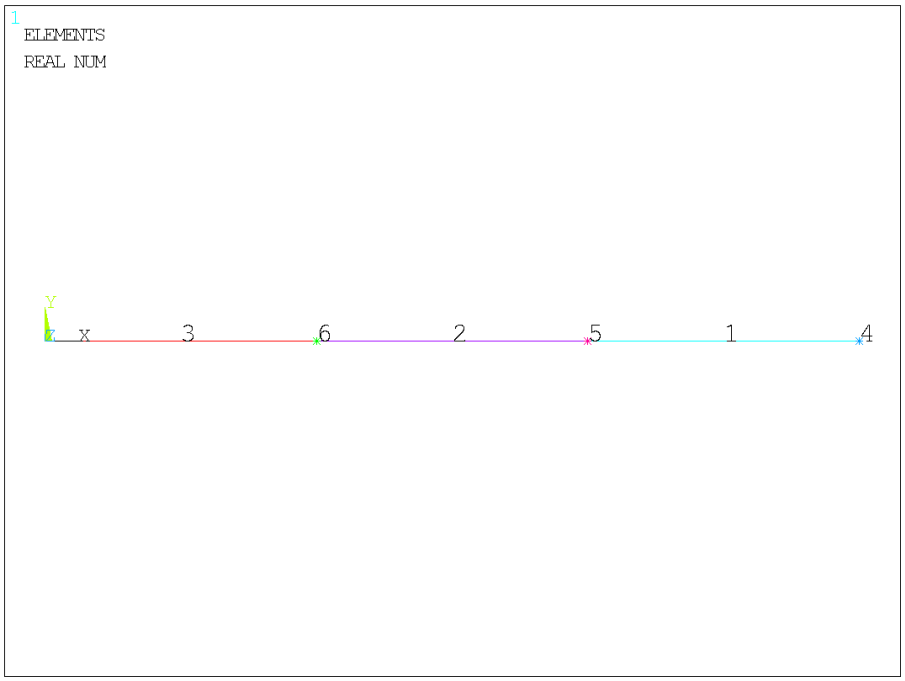
مشخصات Real Constant المانها در جدول ۱ آورده شده است. شماره RC مطابق شکل ۲-d تعیین شده است. فواصل گره‌ها ۳ متر انتخاب شده اما بدون تأثیر در پاسخ است. تکیه‌گاه‌ها شامل قید در سه جهت اصلی در گره ۱ و قید در جهات z و y برای گره‌ها ۲، ۳ و ۴ است، شکل ۲-e.

جدول ۱ مشخصات Real Constant المانها

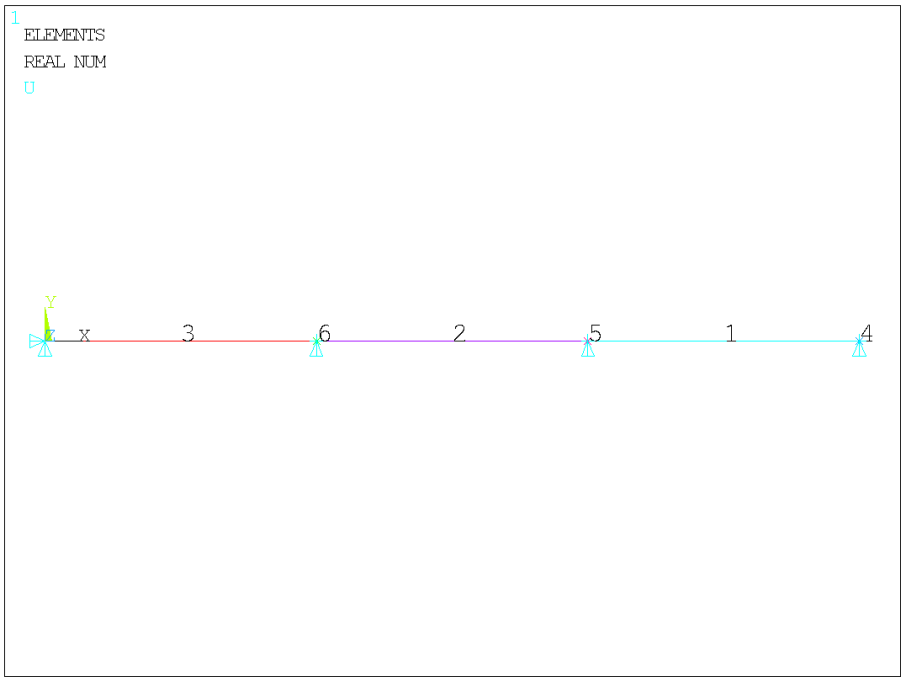
شماره RC	نوع المان	مقدار	توضیحات
۱	Link 11	60 KN/m	در مقابل K
۲	Link 11	120 KN/m	در مقابل K
۳	Link 11	180 KN/m	در مقابل K
۴	Mass 21	1.0 Ton	در مقابل Mass x
۵	Mass 21	1.5 Ton	در مقابل Mass x
۶	Mass 21	2.0 Ton	در مقابل Mass x

مدل نهایی ساخته شده در نرم افزار ANSYS در شکل ۳ نشان داده شده است.

ANSYS HELP.IR



الف- شماره‌ها RC هستند



ب- تکیه گاه ها

شکل ۳ مدل ساخته شده در ANSYS، شماره‌ها RC هستند

برای انجام یک تحلیل طیفی ابتدا تحلیل مودال صورت گرفته و پریود طبیعی نرم افزار با مقادیر مثال عددی مقایسه می‌شود. سپس تحلیل طیفی انجام شده و مجدداً برای بسط مودها تحلیل مودی صورت می‌گیرد. در نهایت برای ترکیب اثرات طیفی مودها، تحلیل طیفی نهایی انجام شده و نتایج تحلیلی و مثال عددی مقایسه می‌شوند.

قبل از انجام تحلیل مودال به برنامه دستور داده می‌شود که داده‌های خروجی را در فایلی به نام out.txt ذخیره کند. برای این منظور وارد آدرس زیر شوید:

Utility Menu → File → Switch output to → File …

نام out.txt را تایپ کرده و Ok کنید. حال تحلیل مودال را در آدرس زیر انتخاب کنید:

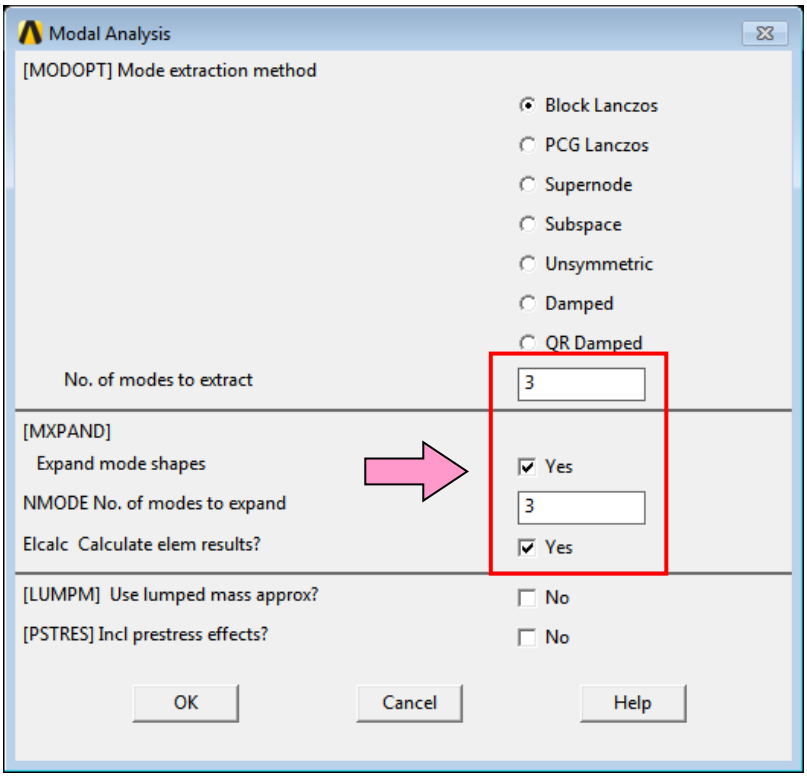
Main Menu → Solution → Analysis Type → New Analysis → Modal

ANSYS HELP.IR

تعداد مودهای تحلیلی را در بخش زیر برابر ۳ انتخاب کنید:

Main Menu → Solution → Analysis Type → Analysis Options

و گزینه‌های Expand Mode shape و Elcal را علامت بزنید، شکل ۴.

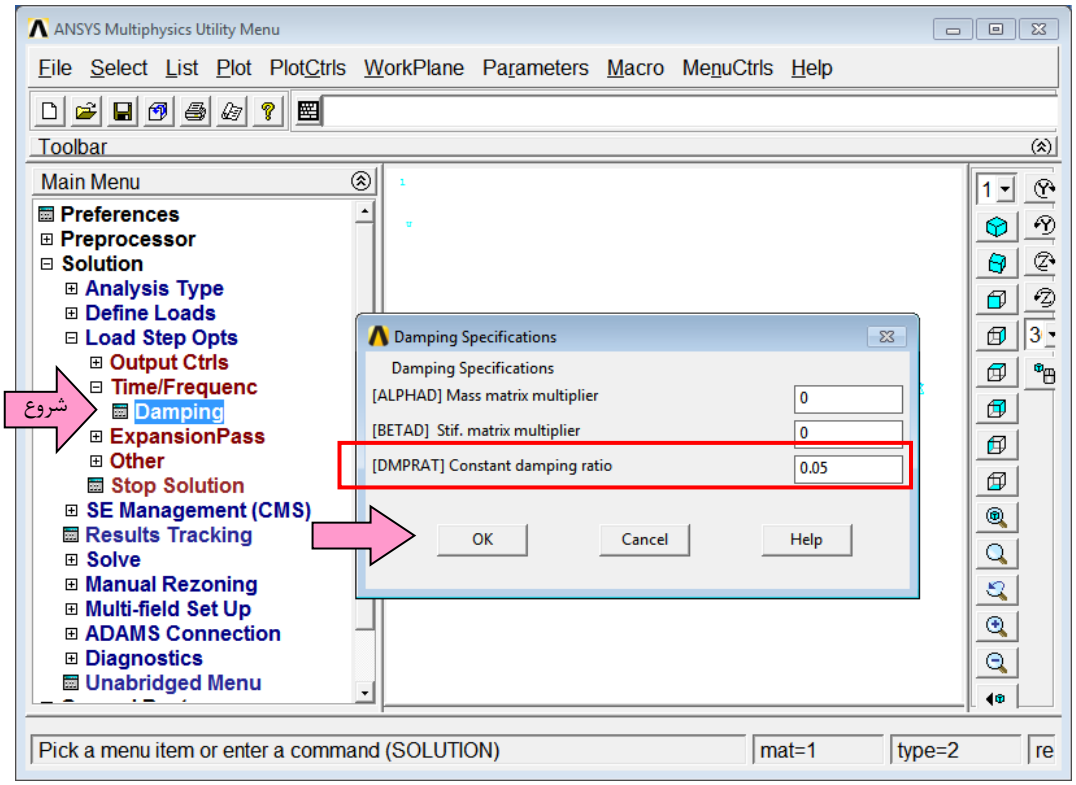


شکل ۴

پنجره دوم را نیز OK کنید.

ANSYS HELP.IR

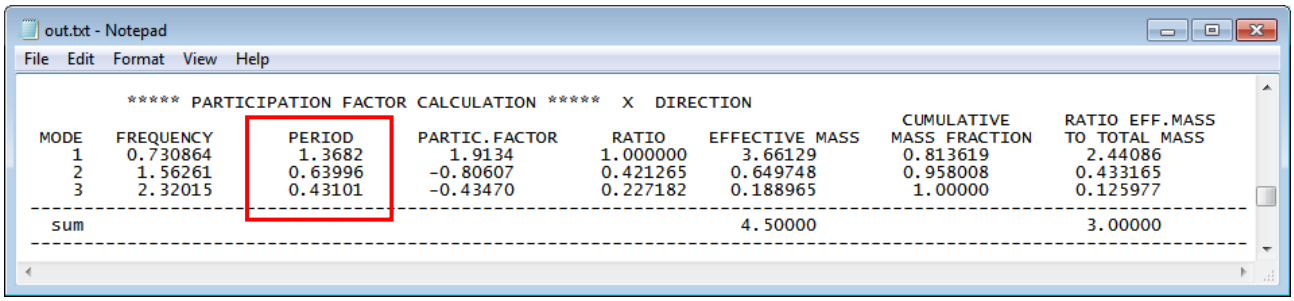
مقدار میرایی را در آدرس زیر برابر ۵٪ قرار دهید:



سپس در بخش زیر تحلیل مودال را انجام دهید:

Main Menu → Solution → Solve → Current Ls

مقادیر پریودهای تحلیل حاضر با نتایج بدست آمده از حل دستی در مثال آشتیانی در جدول ۲ مقایسه شده‌اند. تطابق بین نتایج به خوبی دیده می‌شود. نتایج تحلیلی از فایل out.txt خوانده می‌شوند:

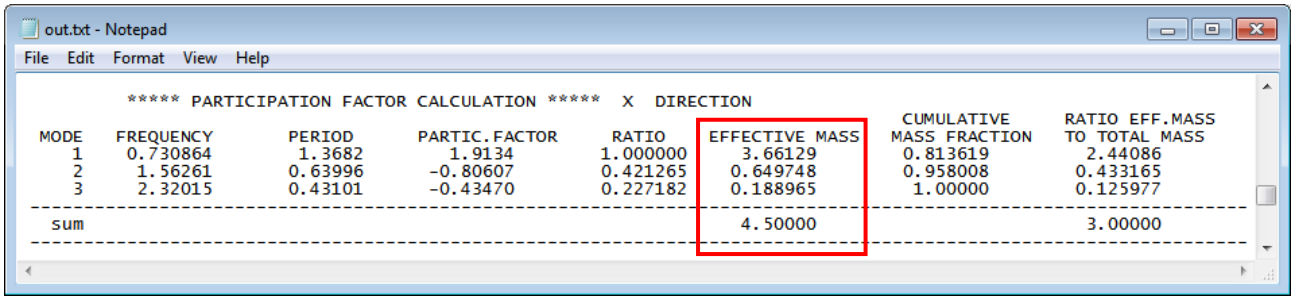


جدول ۲ مقایسه مقادیر پریودها - ثانیه

شماره مود	پریود تحلیلی	پریود حل دستی
۱	1.3682	1.370
۲	0.63996	0.640
۳	0.43101	0.431

ANSYS HELP.IR

برای کنترل دوم، مقادیر جرم مؤثر مودی حاصل از تحلیل با مثال عددی در جدول ۳ مقایسه شده‌اند. این نتایج نیز در فایل out.txt قابل استخراج است:



نتایج بدست آمده نشاندهنده دقت خوب نتایج تحلیلی است.

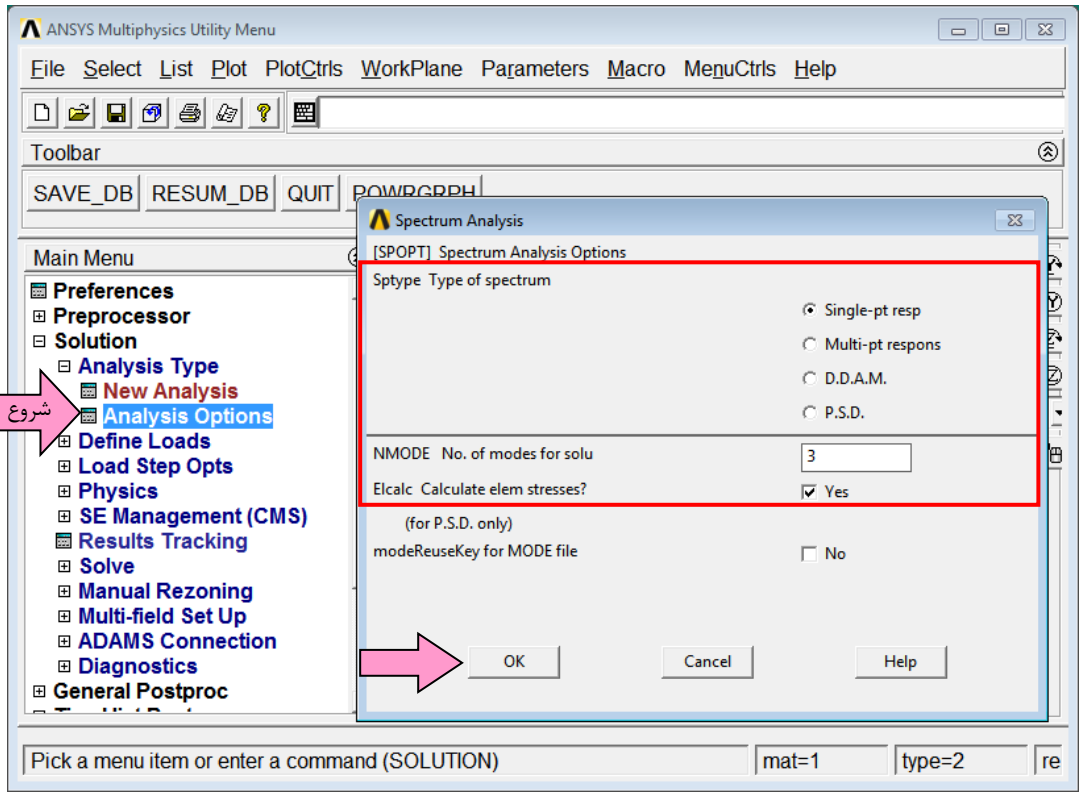
جدول ۳ مقایسه مقادیر جرم مؤثر مودی - تن

شماره مود	تحلیلی	حل دستی
۱	3.661	3.656
۲	0.650	0.641
۳	0.189	0.188

حال نوبت به تحلیل طیفی مرحله اول می‌رسد. ابتدا وارد آدرس زیر شده و تحلیل طیفی را انتخاب کنید:

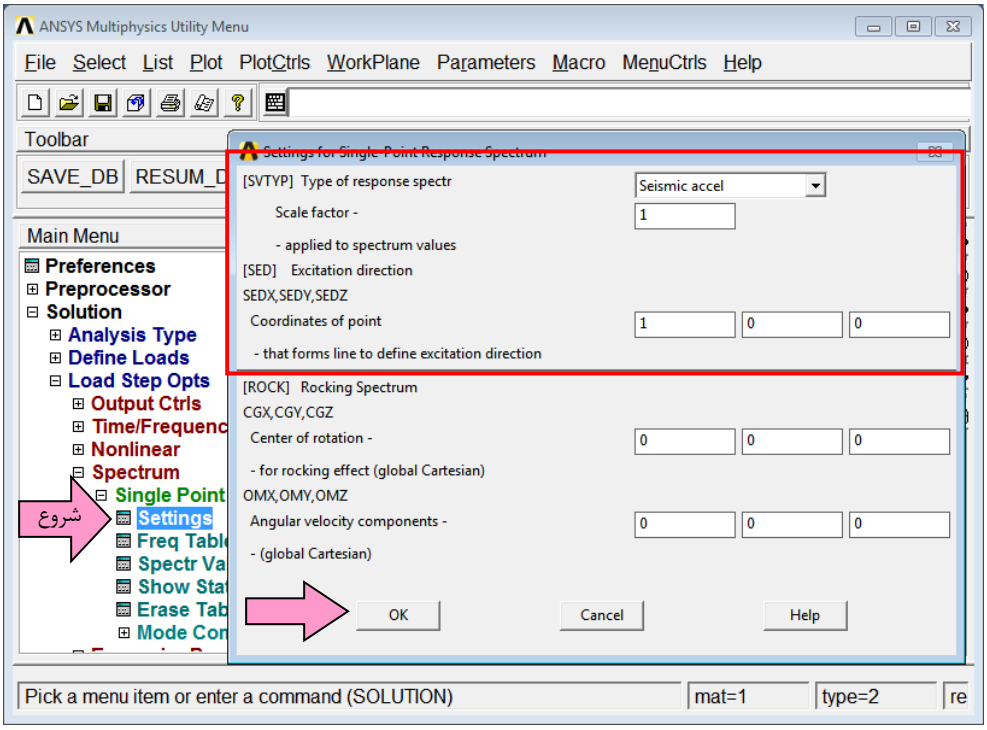
Main Menu → Solution → Analysis Type → New Analysis → Spectrum

حال نوع تحلیل طیفی و گزینه ELcal را در آدرس زیر انتخاب کرده و Ok کنید:



ANSYS HELP.IR

سایر مشخصات طیفی را در آدرس پنجره زیر انتخاب کنید. نوع طیف را شتاب و جهت آنرا در امتداد x تعریف کنید.

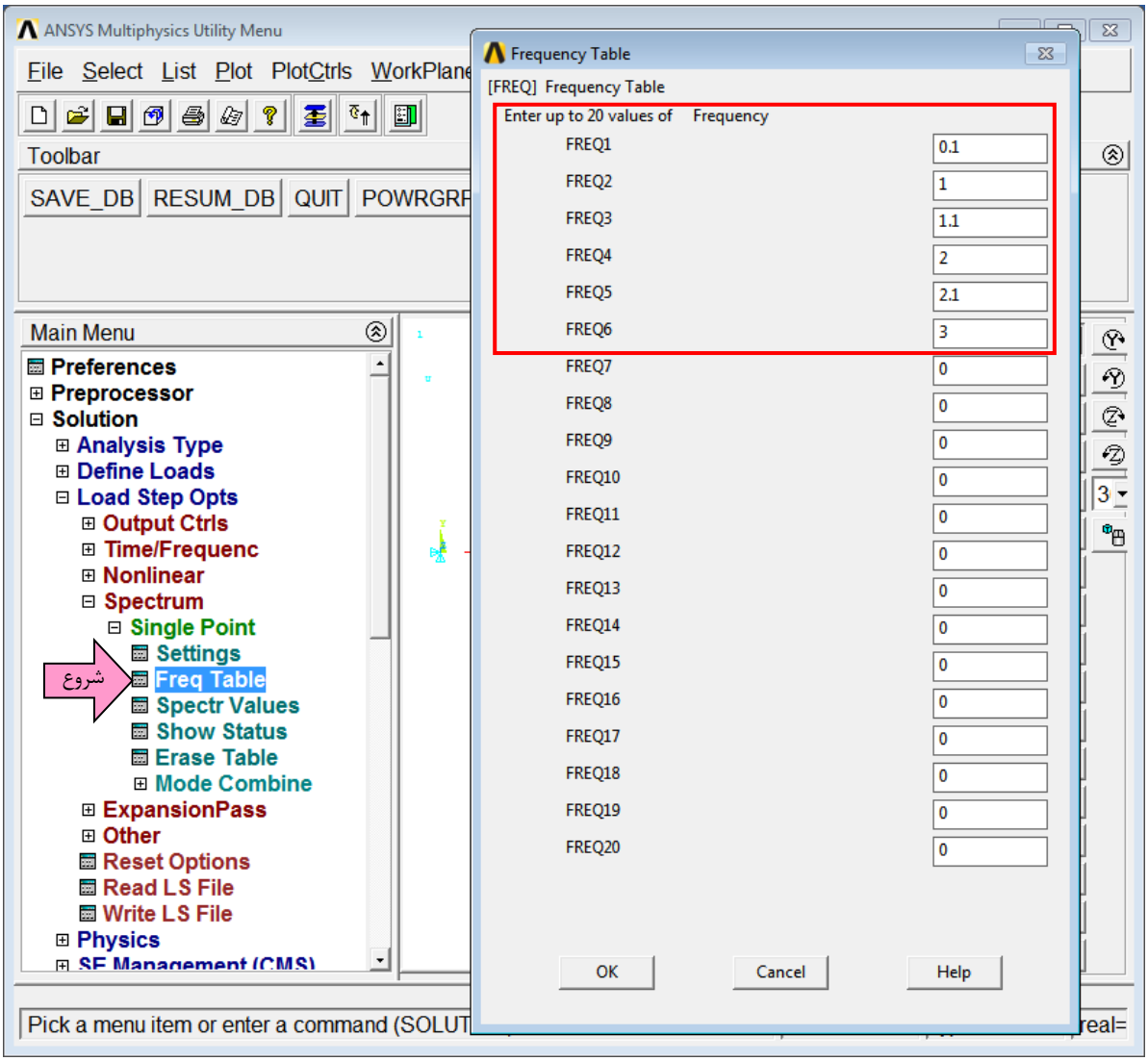


ANSYS HELP.IR

حال مقادیر فرکانس را مطابق جدول ۴ در بخش زیر وارد کنید. برای تطابق مقادیر طیفی با آنچه در مثال آمده است، شکل طیف بصورت پلکانی تعریف شده است.

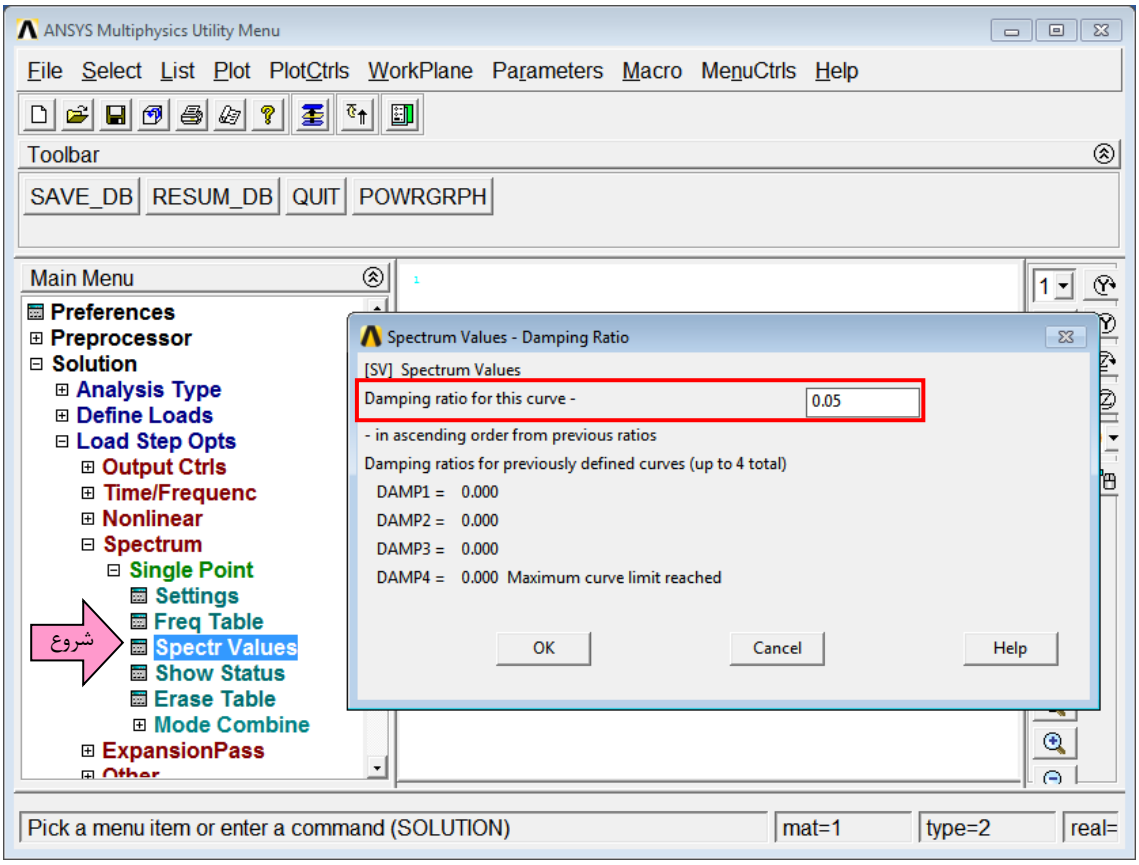
جدول ۴ مقادیر فرکانس و طیفی متناظر با مثال حل شده

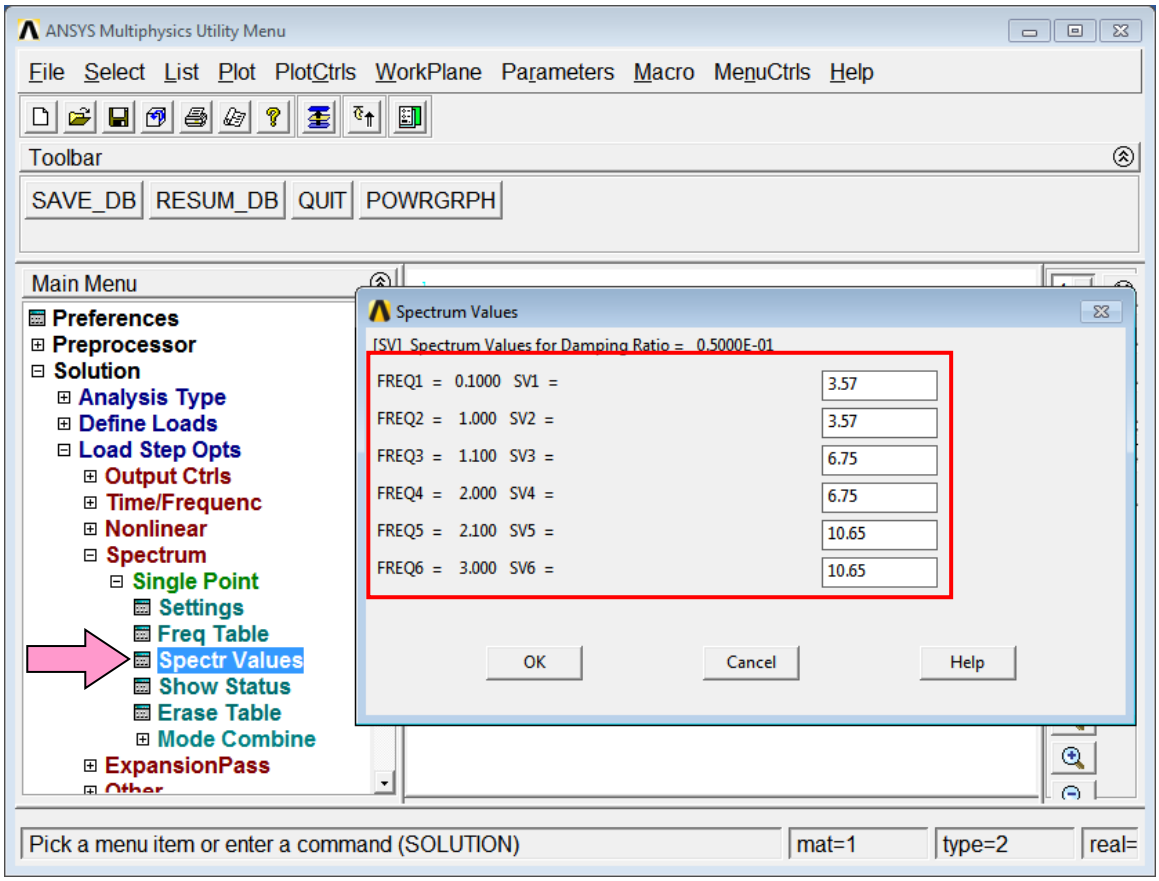
ردیف	فرکانس - هرتز	مقدار طیف شتاب- متر بر ثانیه به توان ۲
۱	0.1	3.57
۲	1.0	3.57
۳	1.1	6.75
۴	2.0	6.75
۵	2.1	10.65
۶	3.0	10.65



ANSYS HELP.IR

به همین ترتیب مقادیر طیفی در بخش زیر وارد می‌شوند. در پنجره اول مقدار میرایی را مشخص کنید (۵٪) و در پنجره دوم مقابل مقادیر فرکانسی، مقادیر طیفی را وارد کنید.





ANSYS HELP.IR

حال مدل را تحلیل کنید:

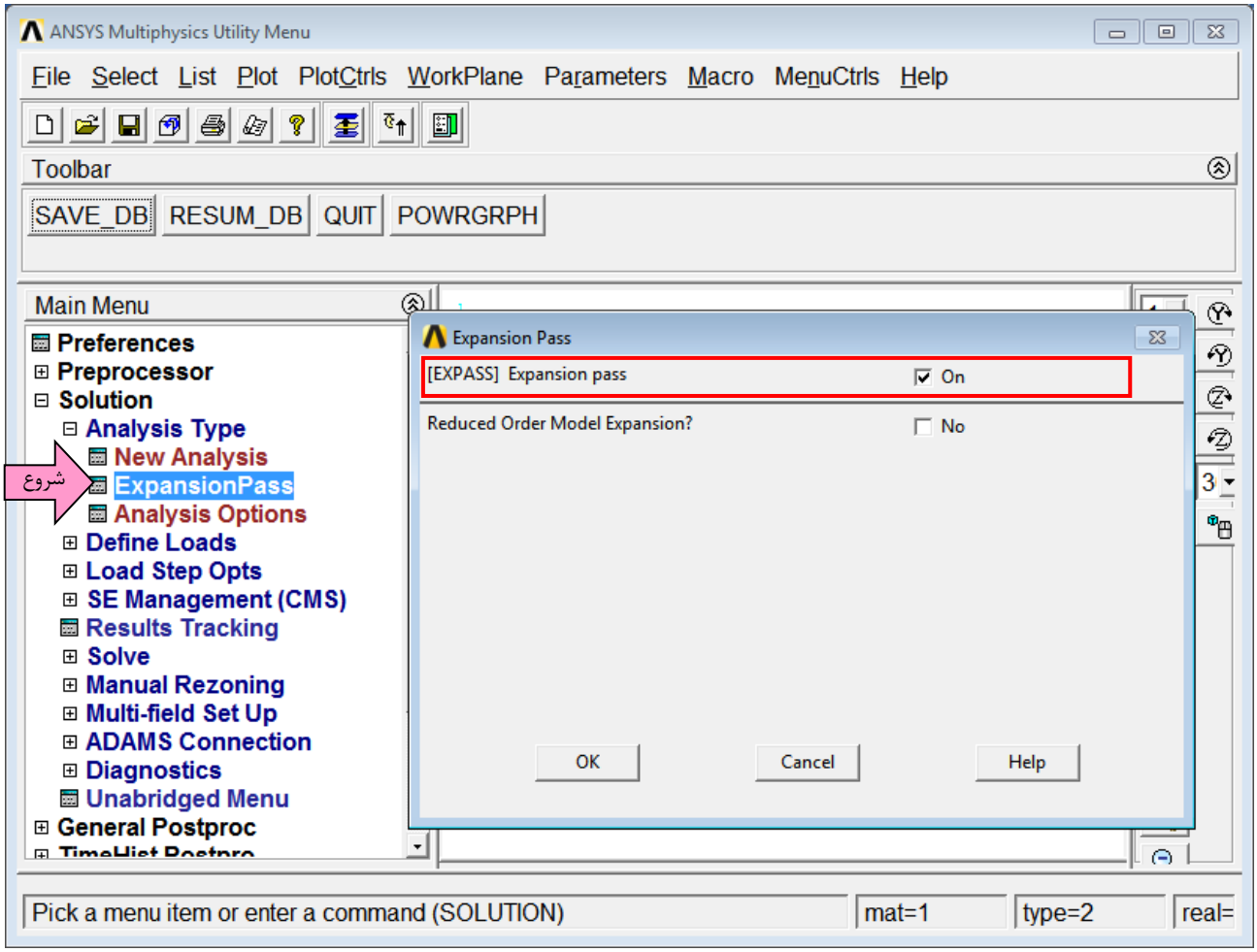
Main Menu → Solution → Solve → Current Ls

ANSYS HELP.IR

برای بسط مودها لازم است یکبار دیگر تحلیل مودال را انتخاب کرده و گزینه زیر را فعال کنید:

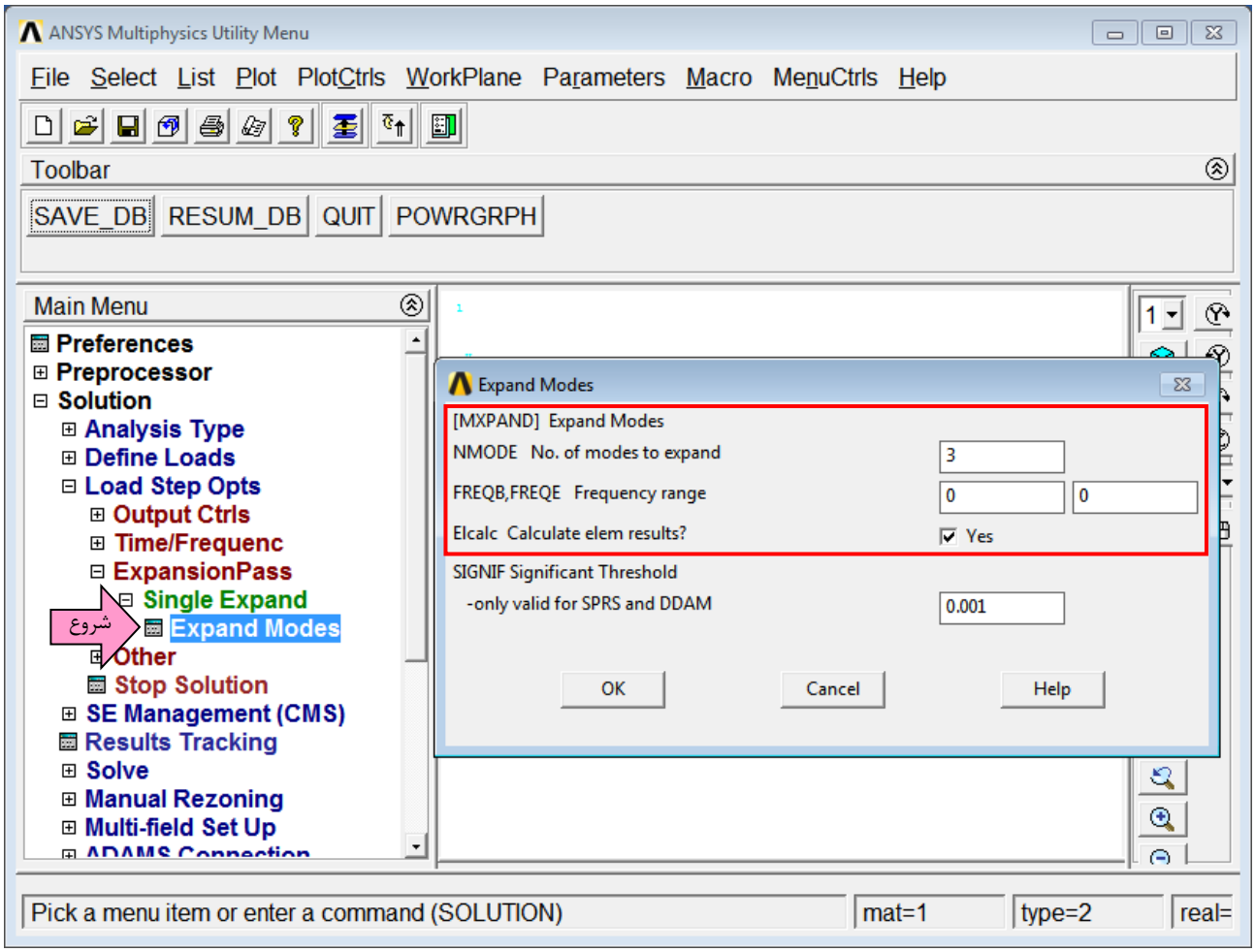
Main Menu → Solution → Analysis Type → New Analysis → Modal

Main Menu → Solution → Analysis Type → Expansion pass



ANSYS HELP.IR

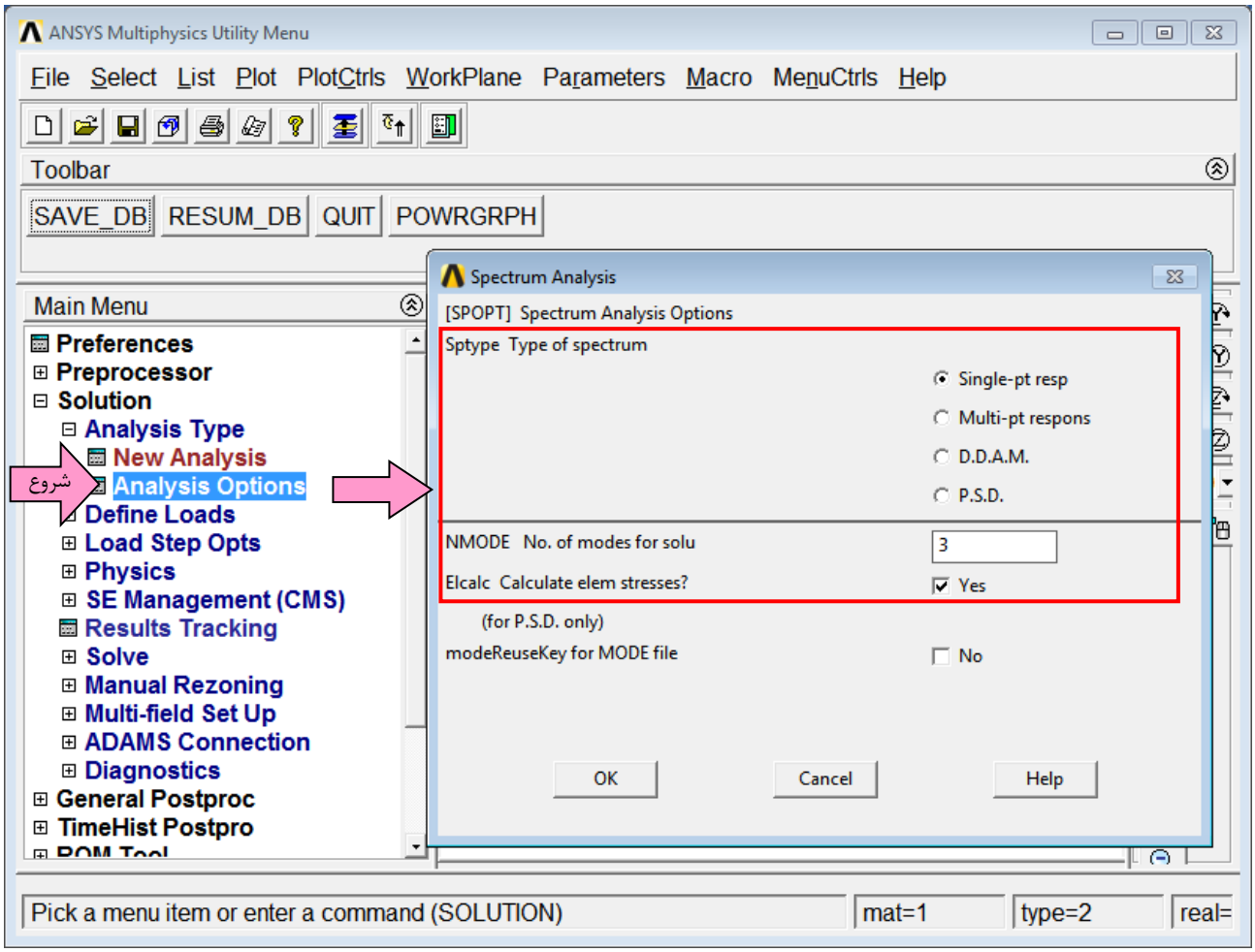
برای تعیین تعداد مودهایی که باید در تحلیل طیفی بکار روند وارد بخش زیر شوید:



ANSYS HELP.IR

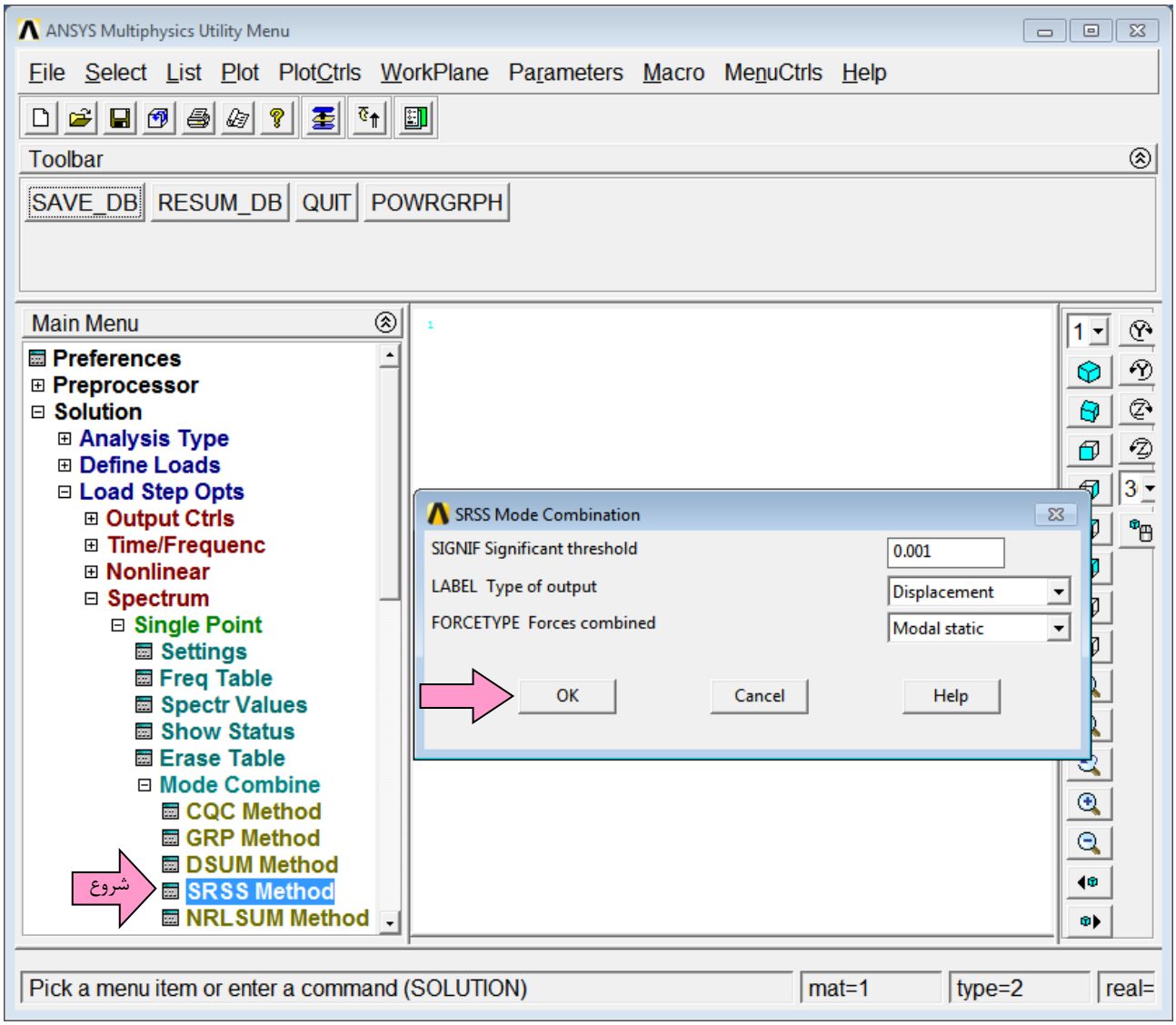
حال مجدداً تحلیل مودال را انجام دهید.

دوباره نوع تحلیل را Spectrum انتخاب کنید و گزینه زیر را در بخش Analysis option انتخاب کنید:



ANSYS HELP.IR

روش ترکیب مودی در تحلیل طیفی را در بخش زیر انتخاب کنید. در اینجا روش SRSS انتخاب می‌شود:



مجددا تحلیل طیفی را انجام دهید.

ANSYS HELP.IR

دستورات ترکیب نتایج تحلیل طیفی در مودهای مختلف در فایلی به نام Jobname.MCOM ذخیره می‌شوند - Jobname در اینجا file است - که در بخش General Postproc باید بازخوانی شود. روش بازخوانی آن است که ابتدا وارد بخش زیر شوید:

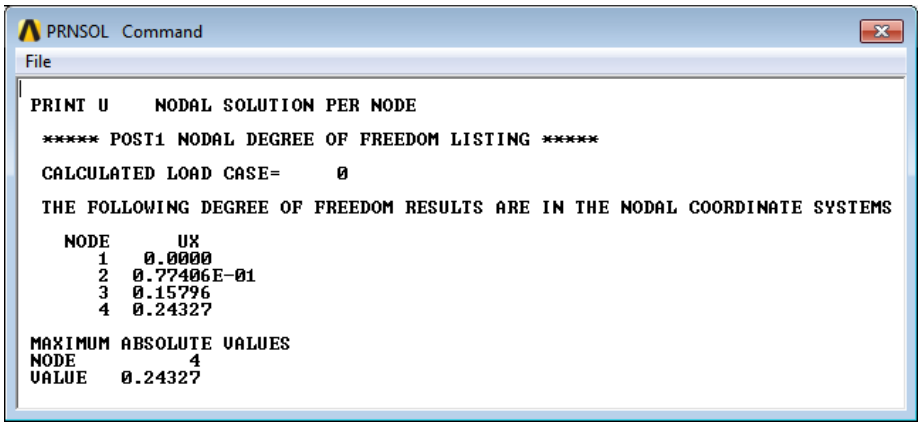
Main Menu → General Postproc

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

Utilty Menu → File → Read input from…

برای مقایسه با نتایج مثال عددی، مقادیر جابجایی طبقات که معادل با جابجایی گره‌های مدل است در جدول ۵ مقایسه شده‌اند. مقادیر جابجایی گرهی از آدرس زیر استخراج می‌شوند:

Main Menu → General Postproc → List Results → Nodal Solution



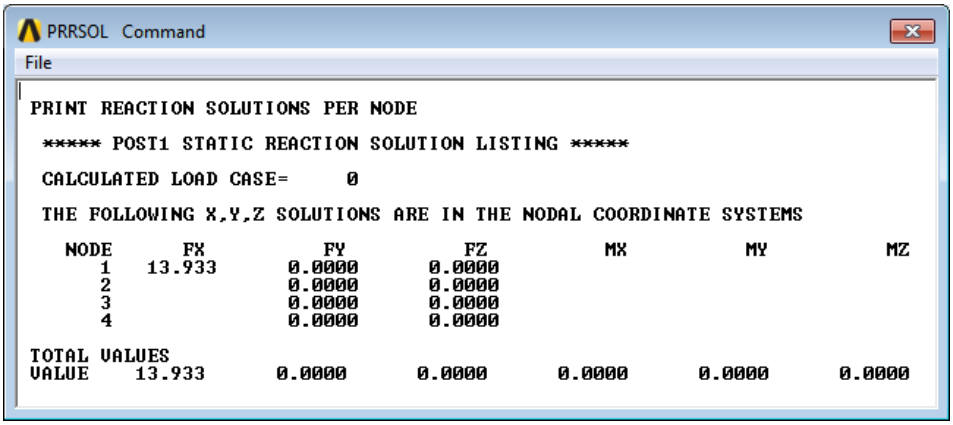
چنانچه ملاحظه می‌شود تطابق خوبی بین نتایج وجود دارد.

جدول ۵ مقایسه جابجایی طبقات بین مدل تحلیلی و مثال با حل دستی - متر

شماره گره-طبقه	جابجایی تحلیلی	جابجایی با حل دستی
۲-۱	0.2433	0.244
۳-۲	0.1580	0.158
۴-۳	0.0774	0.0776

برای مقایسه دیگر مقادیر برش پایه ساختمان نیز مقایسه شده‌اند. برش پایه را می‌توان از آدرس زیر در نرم افزار بدست آورد:

Main Menu → General Postproc → List Results → Reaction Solution



مقدار برش پایه تحلیلی برابر 13.93 KN است و مقدار متناظر آن از حل دستی 13.92 KN است. که تطابق خوبی دارند.

ANSYS HELP.IR