

### تعریف مدل

نوع مدل: سه بعدی

نوع المان: Solid 65

نوع مصالح: الاستیک خطی + مصالح غیر خطی Concrete

### مصالح بنایی

مدول الاستیسیته:  $40000 \text{ e}5 \text{ N/m}^2$

ضریب پواسون: 0.25

چگالی:  $1800 \text{ Kg/m}^3$

مقاومت کششی مصالح:  $2 \text{ e}5 \text{ N/m}^2$

مقاومت فشاری مصالح:  $40 \text{ e}5 \text{ N/m}^2$

### مصالح کلاف

مدول الاستیسیته:  $210000 \text{ e}5 \text{ N/m}^2$

ضریب پواسون: 0.25

چگالی:  $2400 \text{ Kg/m}^3$

واحدها: m و kg و N

### اهداف

- آشنایی با ساخت مدل‌های حجمی
- بررسی مقادیر و بردار تنش‌های اصلی
- نحوه استفاده از مصالح غیر خطی Concrete

### توجه

از مدل تیر نعل درگاه برای سادگی صرف نظر شده است. کاربر می‌تواند با استفاده از المان Beam تیر نعل درگاه را شبیه‌سازی کند.

## روشن کردن برنامه

یک فولدر به نام Masonry Wall در محلی مناسب از Hard ایجاد کرده و سپس وارد آدرس زیر شوید:

Start → All Programs → ANSYS 10.0 → ANSYS Product Launcher →

حال نام فولدر را در Working Directory معرفی کرده و نام Jobname را file قرار دهید.

## تعيين نوع المان

The screenshot illustrates the steps to define element types in ANSYS. The main menu is visible on the left, with a pink arrow pointing to the 'Element Type' option under the 'Preprocessor' section, labeled 'شروع' (Start). The 'Element Types' dialog box is open, showing 'NONE DEFINED' in the 'Defined Element Types' list. A pink arrow points to the 'Add...' button. The 'Library of Element Types' dialog is also open, with 'Solid' selected in the 'Library of Element Types' list. A pink arrow points to the 'concret 65' material in the right-hand list. The 'Element type reference number' is set to 1. The status bar at the bottom shows 'mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1'.

تعريف مشخصات مصالح (مدول الاستيسيته و ضريب پواسون)

The screenshot illustrates the steps to define material properties in ANSYS. The main menu on the left shows the 'Material Models' option highlighted, with a pink arrow labeled 'شروع' (Start) pointing to it. The 'Define Material Model Behavior' dialog is open, showing 'Material Models Defined' and 'Material Models Available'. The 'Linear Isotropic Properties for Material Number 1' dialog is also open, showing the input for Young's Modulus (EX) as 4e9 and Poisson's Ratio (PRXY) as 0.25.

**Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1**

Property	Value
Temperatures	T1
EX	4e9
PRXY	0.25

Buttons: Add Temperature, Delete Temperature, Graph, OK, Cancel, Help

Command Line: mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1

تعريف مشخصات مصالح (چگالی)

The screenshot displays the ANSYS Multiphysics Utility Menu interface. On the left, the Main Menu is visible, with a pink arrow pointing to the 'Material Models' option under the 'Preprocessor' section, labeled 'شروع' (Start). The 'Define Material Model Behavior' dialog box is open, showing 'Material Models Defined' with 'Material Model Number 1' and 'Linear Isotropic'. The 'Material Models Available' list is expanded to 'Nonlinear', where 'Density' is selected, indicated by a pink arrow. Below this, the 'Density for Material Number 1' dialog is open, showing a table for defining density at different temperatures. The table has a header 'T1' and a row 'DENS' with a value of '1800'. A pink arrow points to the '1800' value. The dialog also includes buttons for 'Add Temperature', 'Delete Temperature', 'Graph', 'OK', 'Cancel', and 'Help'. At the bottom of the utility menu, the command line shows 'mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1'.

تعريف مشخصات مصالح غير خطي (مدل Concrete)

The screenshot shows the ANSYS Multiphysics Utility Menu with the 'Define Material Model Behavior' dialog box open. The 'Material Models Available' list is expanded to show 'Concrete' selected. A 'Concrete for Material Number 1' dialog box is also open, displaying a table of material properties for temperature T1. A pink arrow labeled 'شروع' (Start) points to the 'Material Models' option in the main menu.

Concrete for Material Number 1	
	T1
Temperature	0
Open Shear Transfer Coef	0.3
Closed Shear Transfer Coef	0.7
Uniaxial Cracking Stress	2e5
Uniaxial Crushing Stress	40e5
Biaxial Crushing Stress	
Hydrostatic Pressure	
Hydro Biax Crush Stress	
Hydro Uniax Crush Stress	
Tensile Crack Factor	

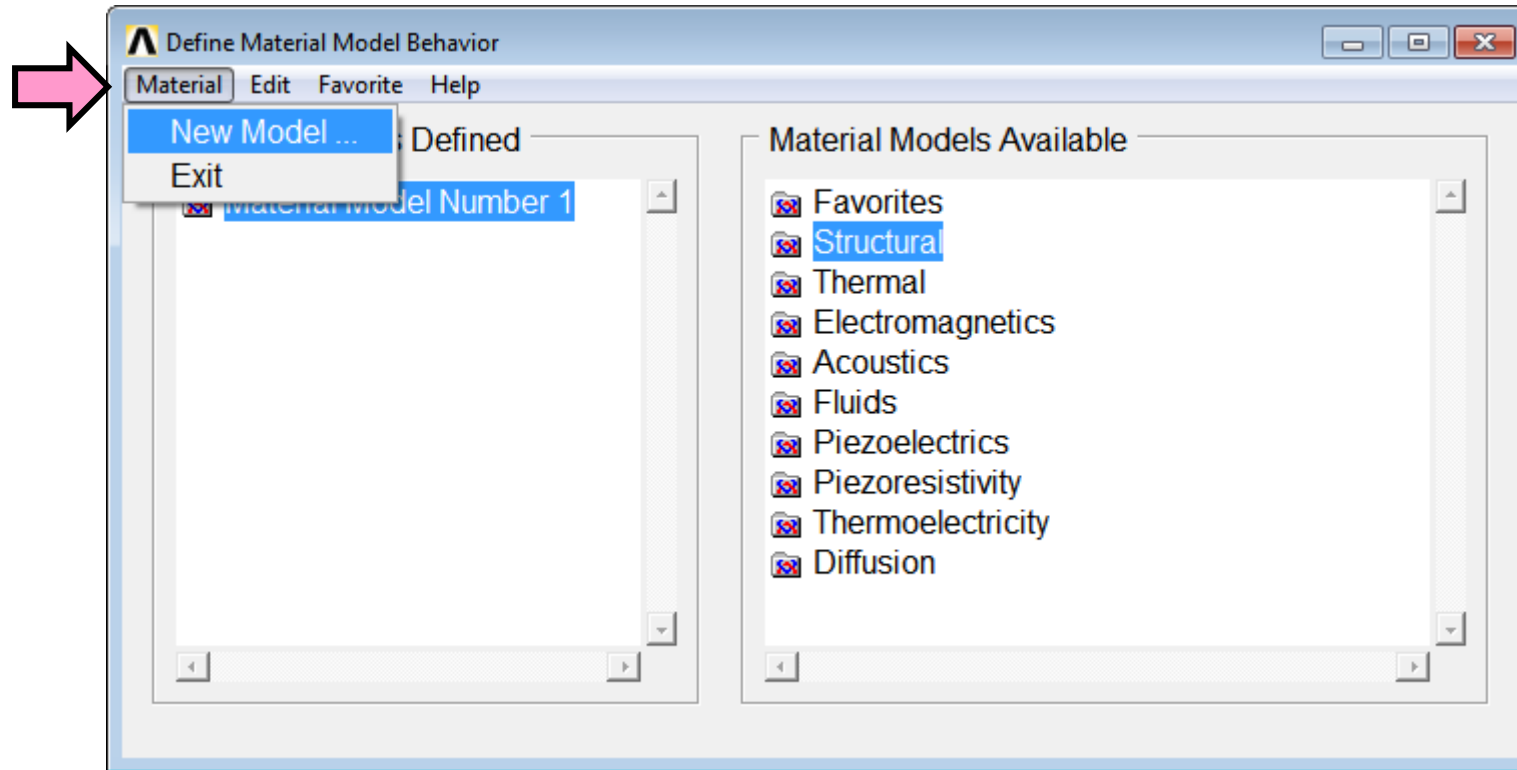
برای تعریف مشخصات غیر خطی مصالح Concrete، ۹ پارامتر می توانند تعریف شوند. اگر تنها چهار پارامتر اول تعریف شوند، سایر پارامترها بطور خودکار بر اساس آنها محاسبه می شوند. تعریف این پارامترها به شرح زیر است:

C1	ضریب انتقال برش هنگامیکه ترک باز است
C2	ضریب انتقال برش هنگامیکه ترک بسته است
C3	مقاومت کششی تک محوری مصالح
C4	مقاومت فشاری تک محوری مصالح

دو ضریب اول تاثیر مهمی بر همگرایی پاسخ غیر خطی تحلیل دارند. مراجع مختلف اعداد متفاوتی برای آن استفاده کرده اند. در اینجا اعداد ۰,۳ و ۰,۷ برای آنها بکار می رود.

توجه: مراحل مشابهی برای تعریف مشخصات مصالح کلاف باید تکرار شوند. اما اینبار تنها رفتار الاستیک خطی برای آن تعریف و چگالی متفاوت است. برای تعریف مصالح شماره ۲ کافی است در منوی زیر گزینه New Model انتخاب شود.

Preprocessor > Material Props > Material Models

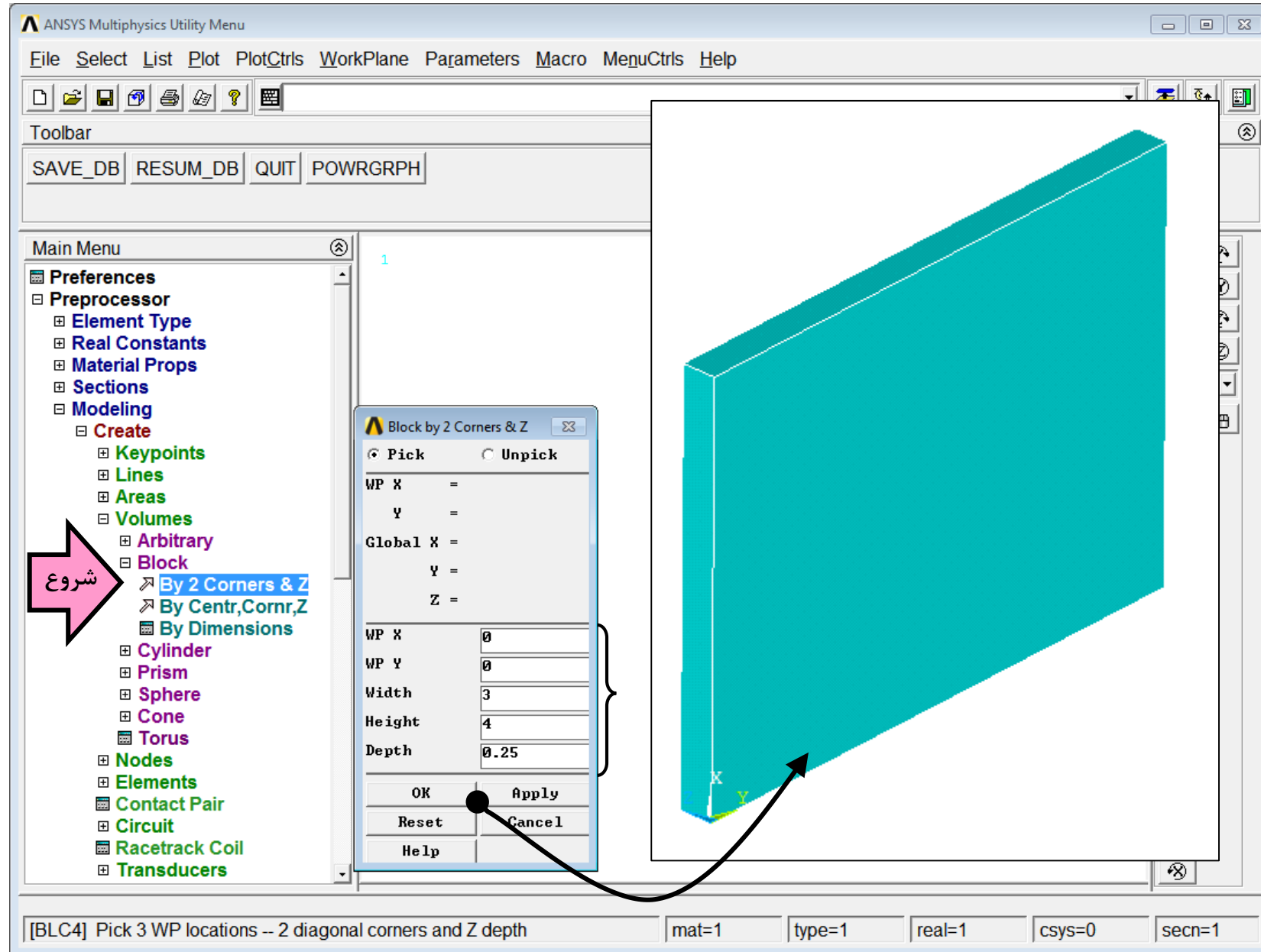


تعریف مصالح بر عهده خودتان گذاشته می شود.



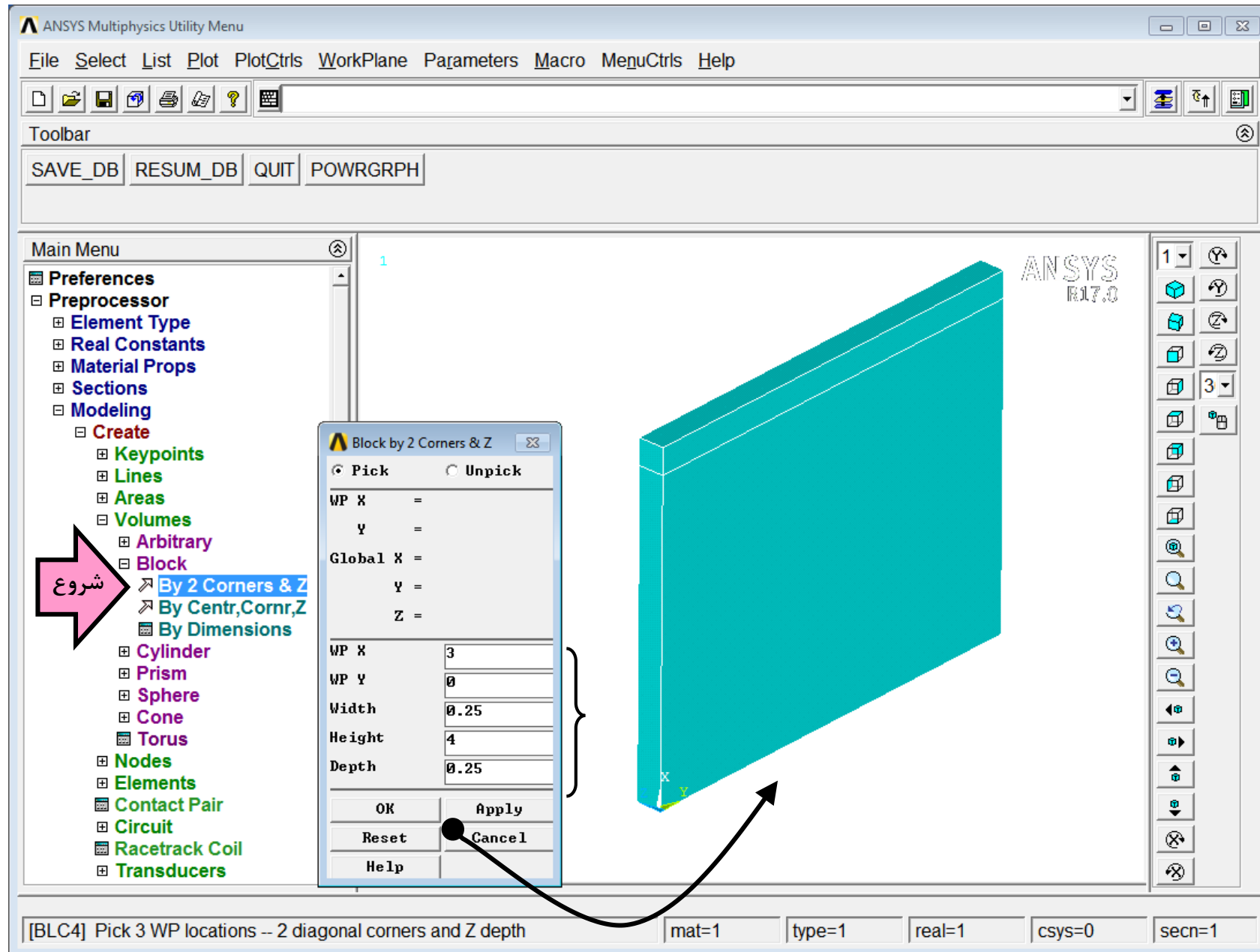
## تعریف حجم دیوار

برای ساخت حجم دیوار از گزینه زیر استفاده می شود. منظور از width طول در امتداد x، منظور از Height طول در امتداد y و منظور از Depth طول در امتداد محور z دستگاه مختصات است.



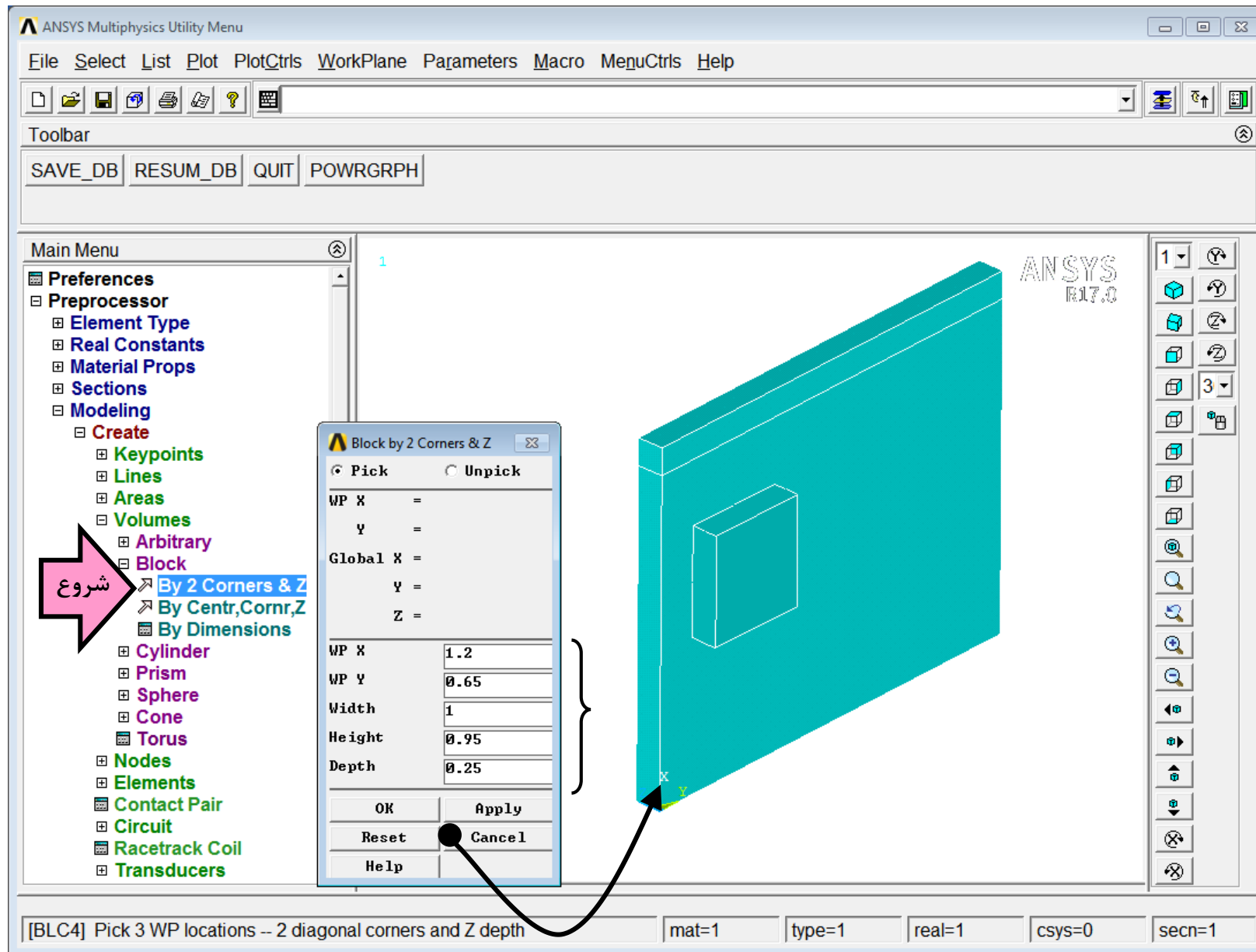
## تعریف حجم کلاف افقی فوقانی

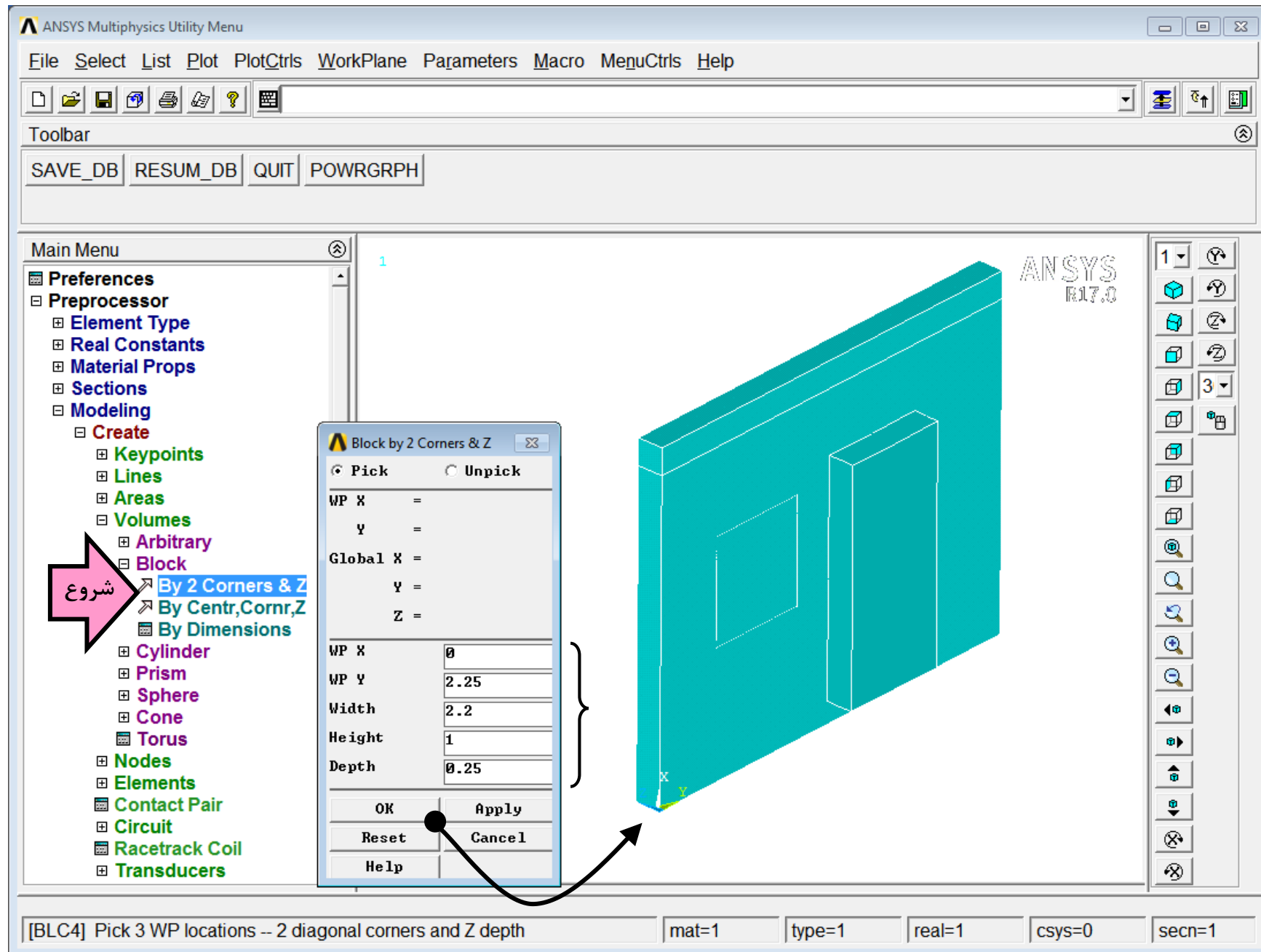
توجه داشته باشید که مختصات X و Y بر اساس محل قرار گیری کلاف در بالای دیوار به ترتیب برابر ۳ و ۰ متر انتخاب شده‌اند.



## در و پنجره

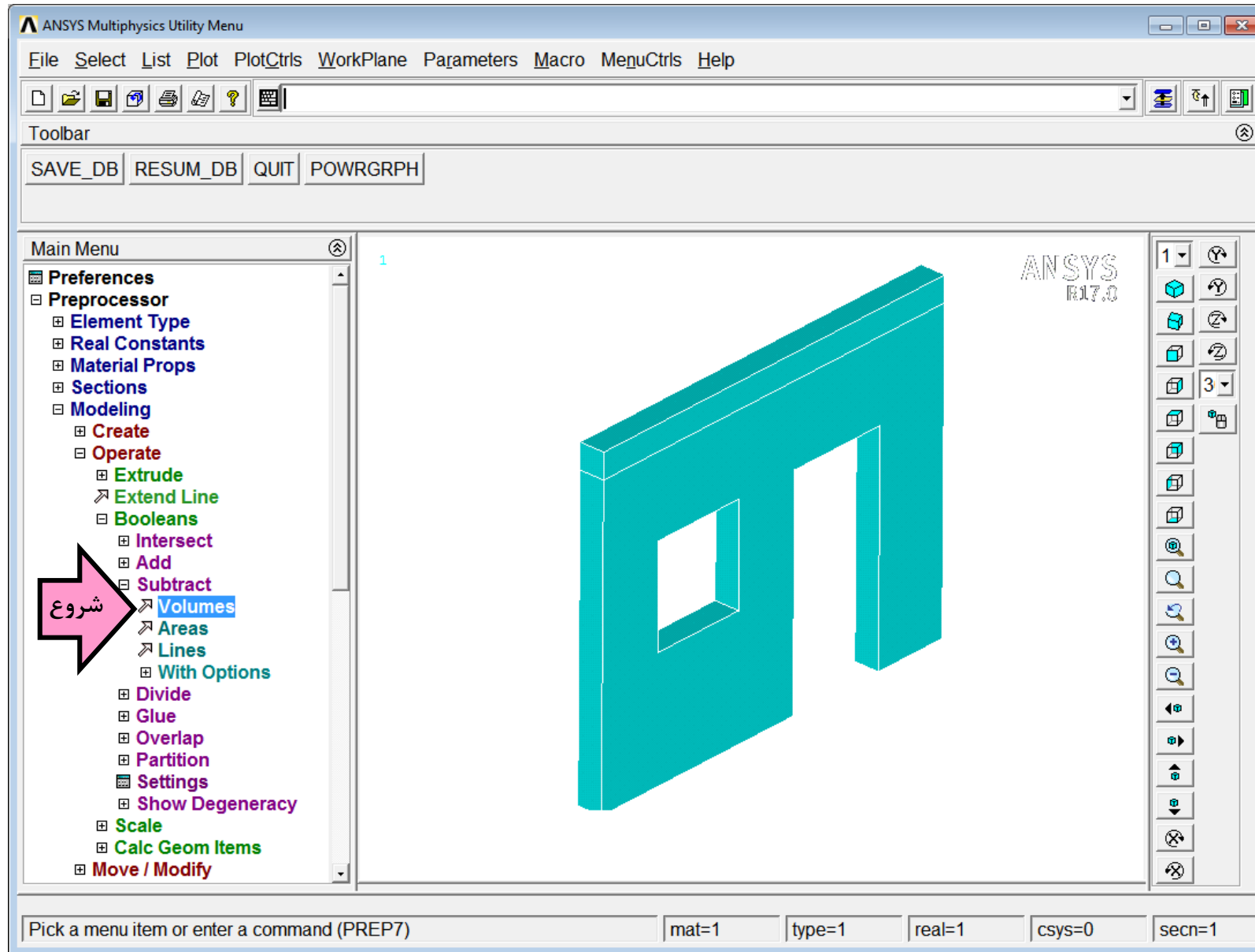
برای ساخت در و پنجره ابتدا اجزای به اندازه آنها ساخته شده و در محل در و پنجره قرار داده می شود (به مختصات X و Y توجه شود)، سپس از دستور Subtract برای ایجاد بازشوها استفاده می شود.





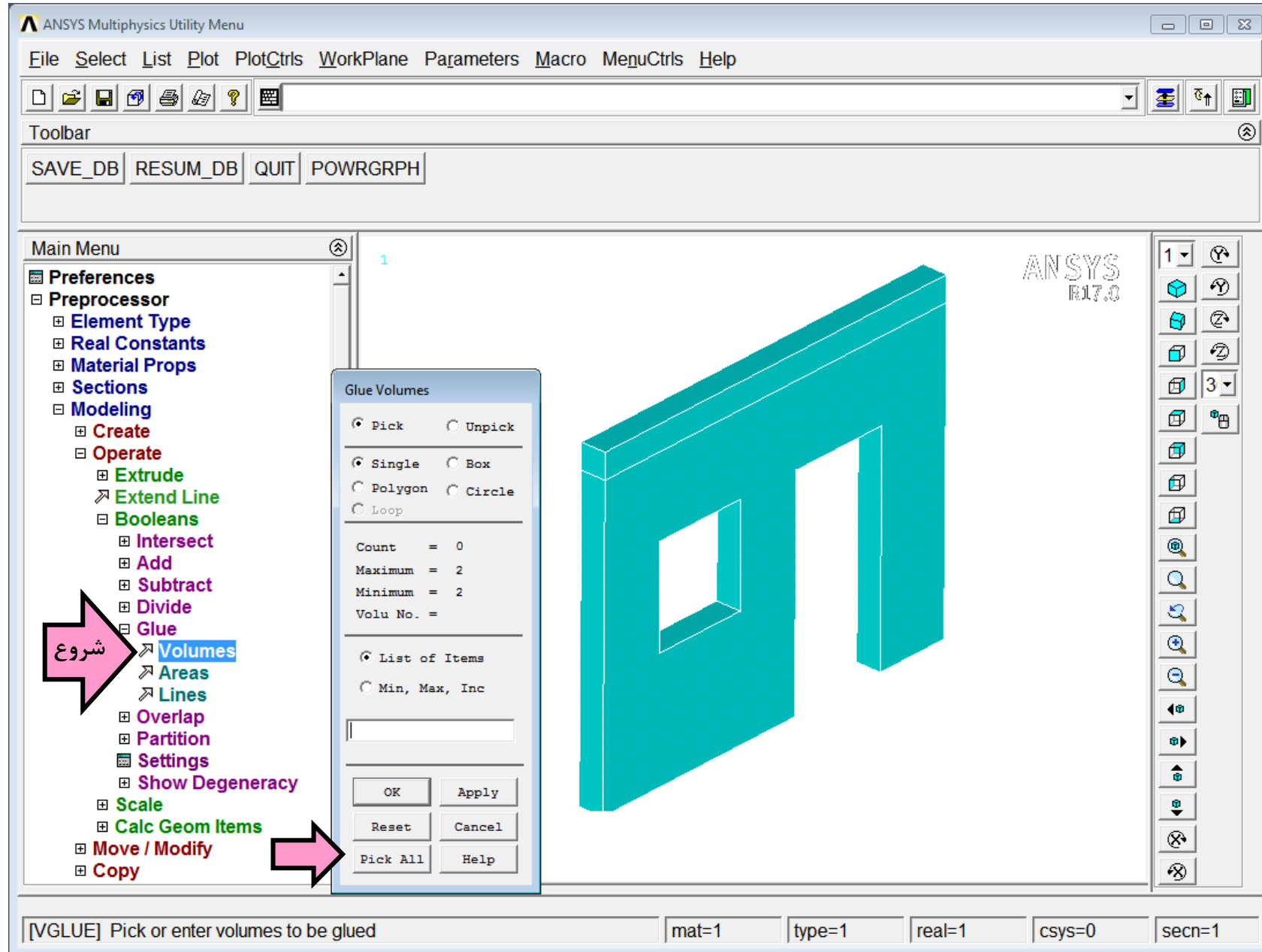
## تخلیه فضای بازوها

برای تخلیه بازوها از دستور Subtract در آدرس زیر استفاده می‌شود. پس از فعال شدن موس ابتدا روی حجم دیوار کلیک کردن و دگمه OK را فشار دهید، سپس روی حجم پنجره و در کلیک کرده، مجدداً دگمه OK را فشار دهید. به این ترتیب احجام بازوها از دیوار کم شده و مدل اصلی شکل می‌گیرد.



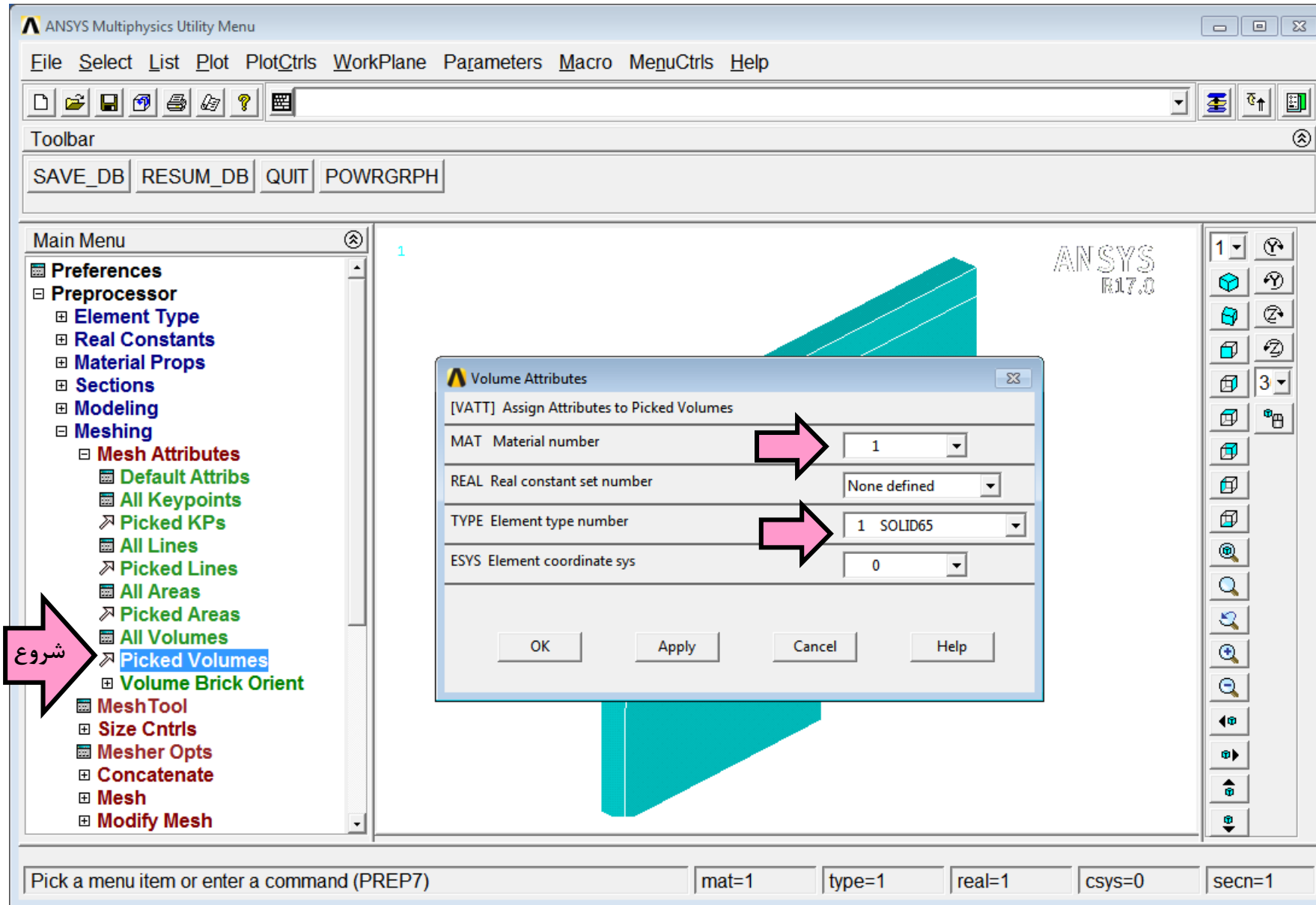
## اتصال حجم کلاف به حجم دیوار

برای اتصال اجسام مدل از دستور Glue در آدرس زیر استفاده می‌شود. در پنجره Glue Volumes دگمه Pick All را فشار دهید تا کلیه اجسام موجود به یکدیگر متصل شوند.



## اختصاص دادن مشخصات مصالح به دیوار و کلاف

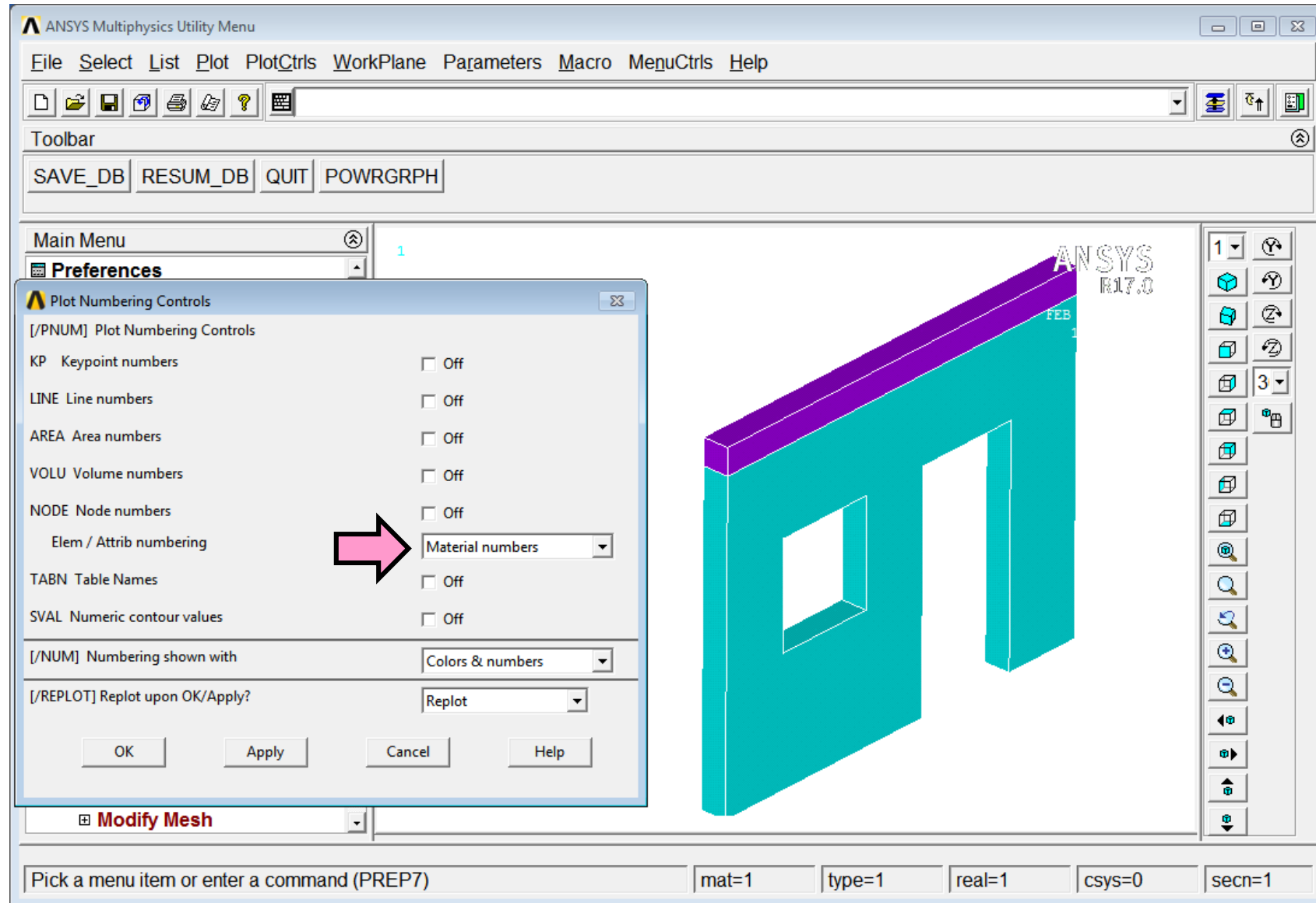
قبل از امان بندی مدل باید مشخص شود که هر بخش دارای چه ویژگیهایی هستند. این کار در آدرس زیر صورت می گیرد. ابتدا مصالح دیوار تعریف می شود. پس از فعال شدن موس حجم دیوار را انتخاب کنید و مشخصات آنرا در پنجره بعدی تعیین کنید.





همین کار برای تعریف مصالح کلاف با انتخاب عدد ۲ در MAT در پنجره فوقانی تکرار می شود. برای کنترل مشخصات مصالح نسبت داده شده به اجسام، وارد آدرس زیر شده و شماره مصالح را فعال کنید:

Utility Menu → PlotCtrls → Numbering ...



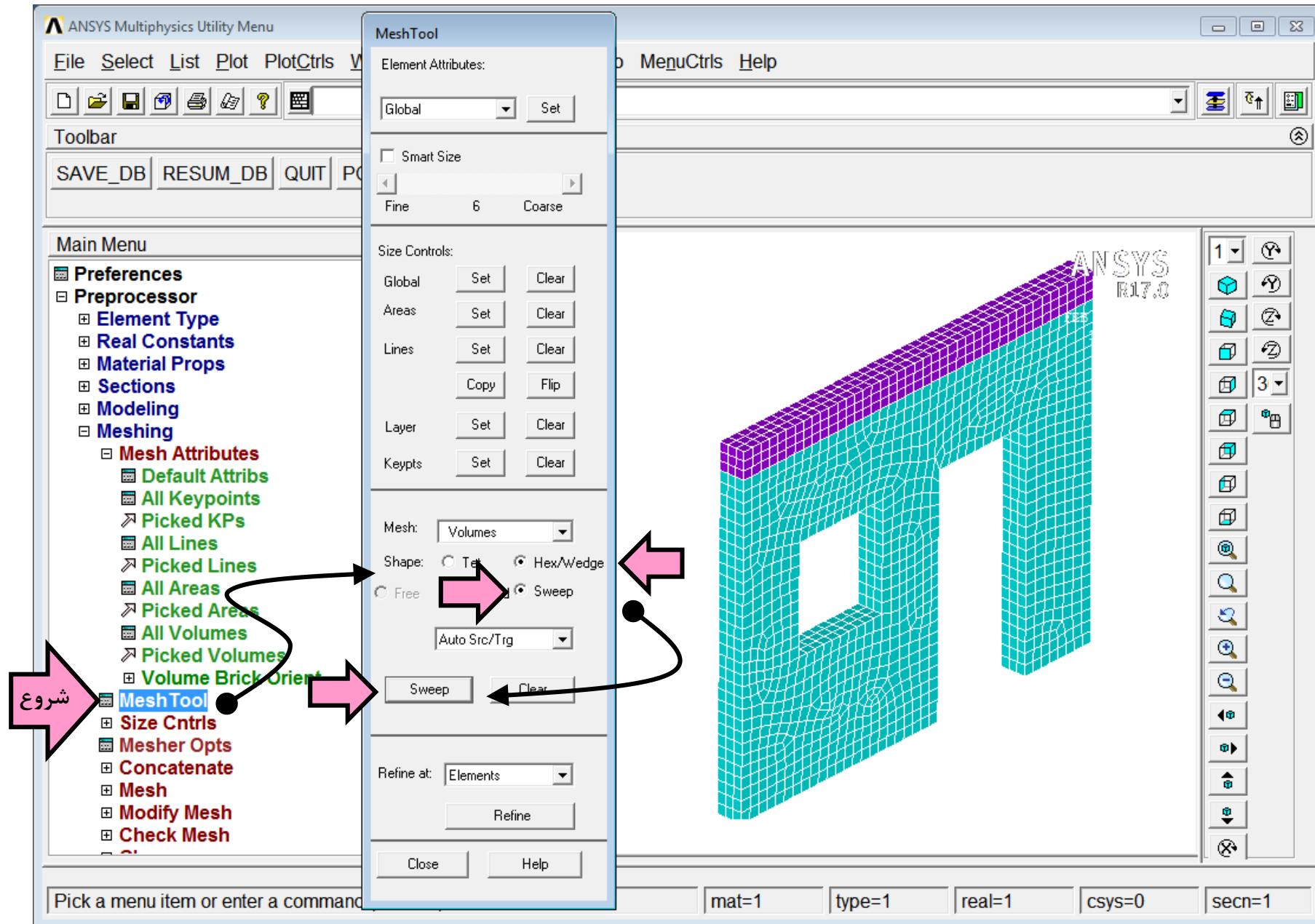
## المان بندی

قبل از المان بندی ابتدا ابعاد عمومی المانها روی مدل تعیین می شود. اینکار در آدرس زیر صورت می گیرد. ابعاد المانها 0,1 متر انتخاب می شود.

The screenshot displays the ANSYS Multiphysics Utility Menu interface. The **Mesh Tool** dialog box is open, showing various settings for meshing. A pink arrow points to the **Meshing** section in the Main Menu, specifically to the **Mesh Tool** option. Another pink arrow points to the **Global Element Sizes** dialog box, which is open over the main workspace. In this dialog box, the **SIZE** (Element edge length) is set to 0.1, and the **NDIV** (No. of element divisions) is set to 0. The main workspace shows a 3D model of a structure with a mesh applied to it. The status bar at the bottom indicates the current settings: **mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1**.

شروع

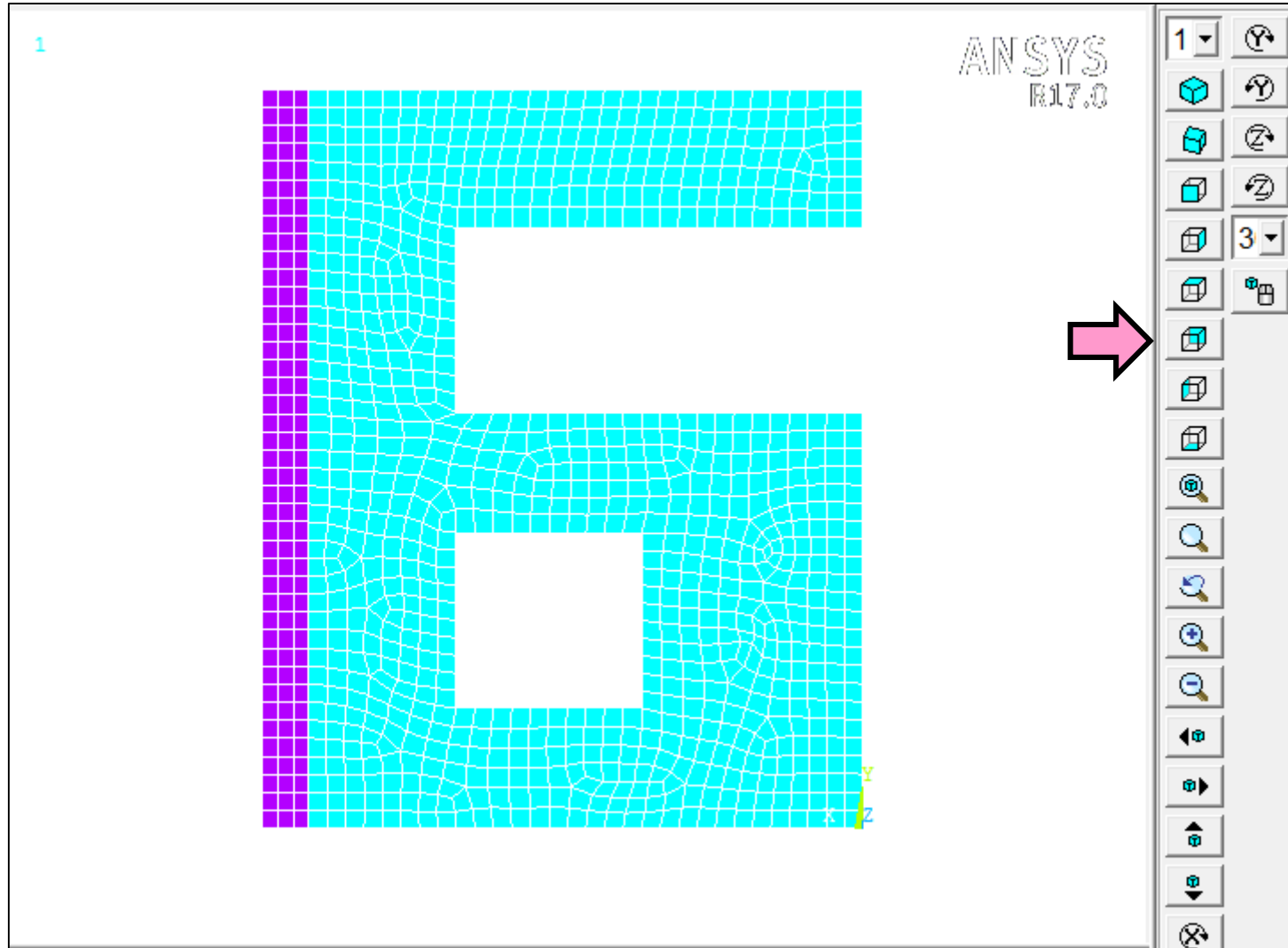
المان بندی مدل در همان پنجره Mesh Tool صورت می گیرد. به علت نامنظم بودن حجم دیوار از گزینه Hex + Sweep استفاده می شود. با انتخاب این گزینه ها و فشردن دکمه Sweep، پنجره Mesh Volume مشاهده می شود. در این پنجره گزینه Pick All را انتخاب کنید تا همزمان هر دو حجم مدل المان بندی شوند.



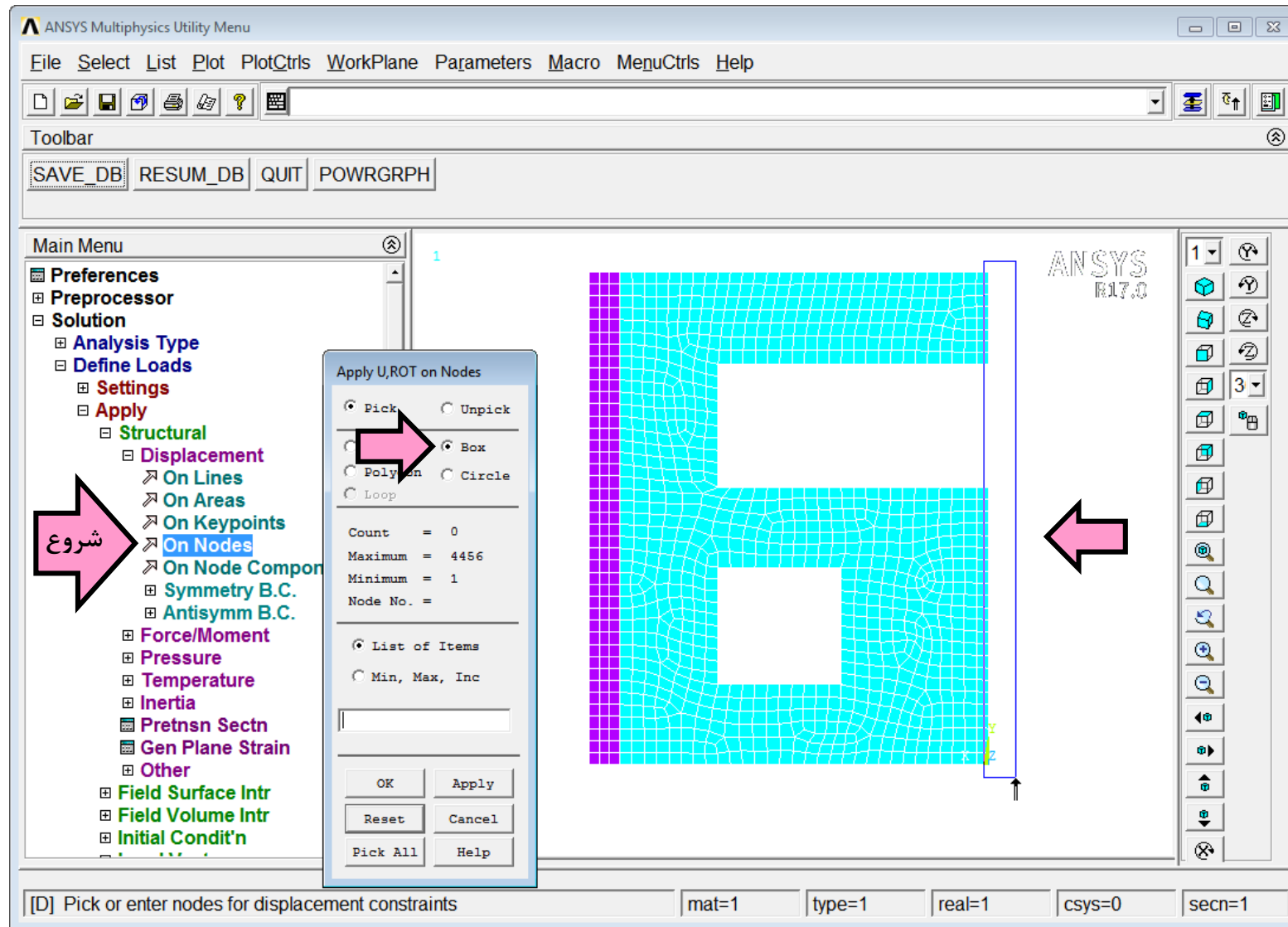
File → Save as Jobname

## بارگذاری

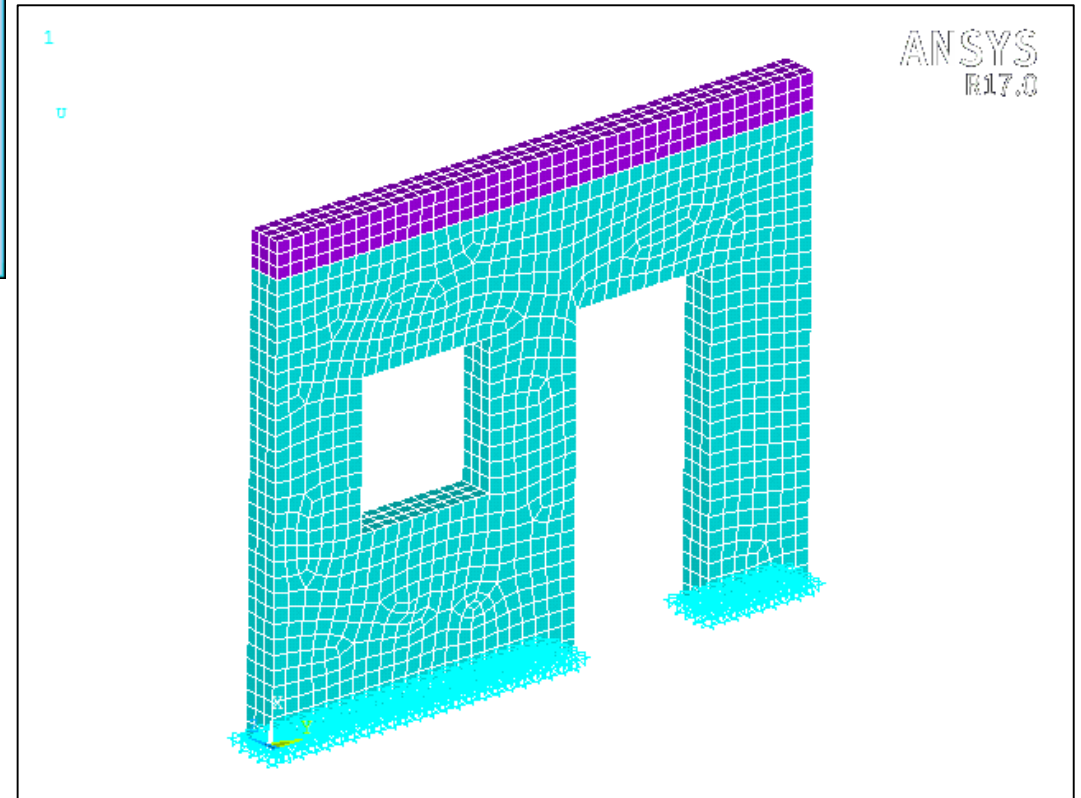
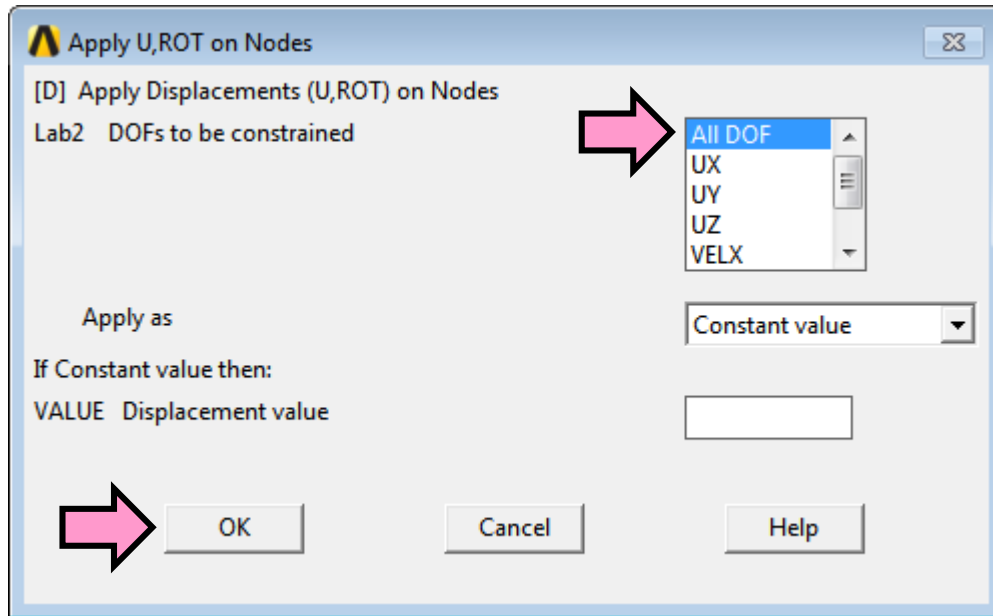
بارگذاری شامل تعریف تکیه‌گاه، فشار سربار ثقلی، بار جانبی بر دیوار و شتاب ثقل است. قبل از آن مدل را به نحوی بچرخانید که بتوان گره‌های سطح زیرین دیوار را یکجا انتخاب کرد.



تعریف تکیه‌گاه در آدرس زیر صورت می‌گیرد. با انتخاب گزینه Box در پنجره Apply U,ROT on Nodes موس فعال شده و با ترسیم یک مستطیل، گره‌های پائین دیوار انتخاب می‌شوند.

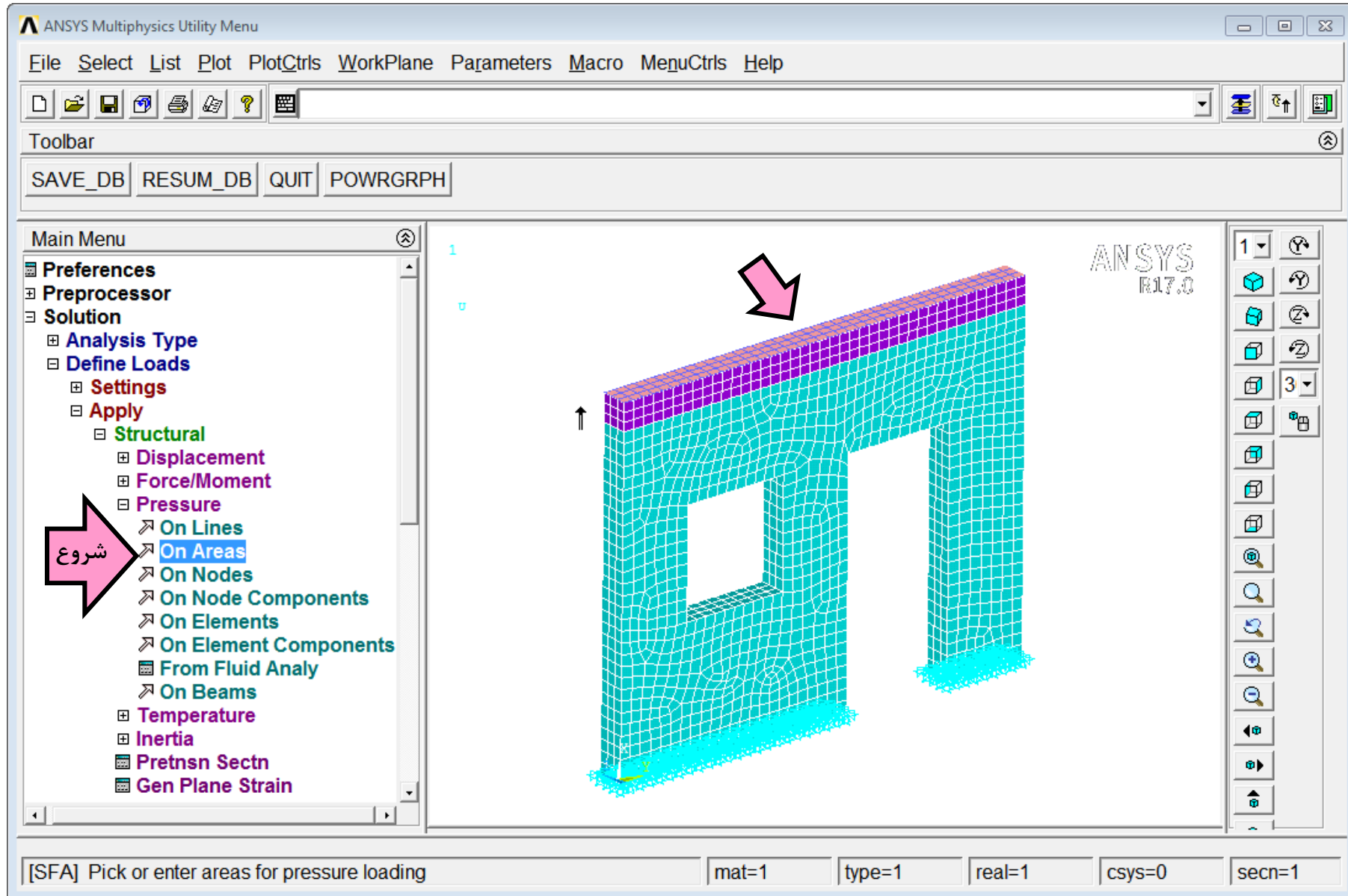


سپس دگمه Ok را زده و در پنجره بعدی گزینه ALL DOF را انتخاب نموده ok کنید. به این ترتیب کلیه درجات آزادی گره های زیرین دیوار مقید می شوند.

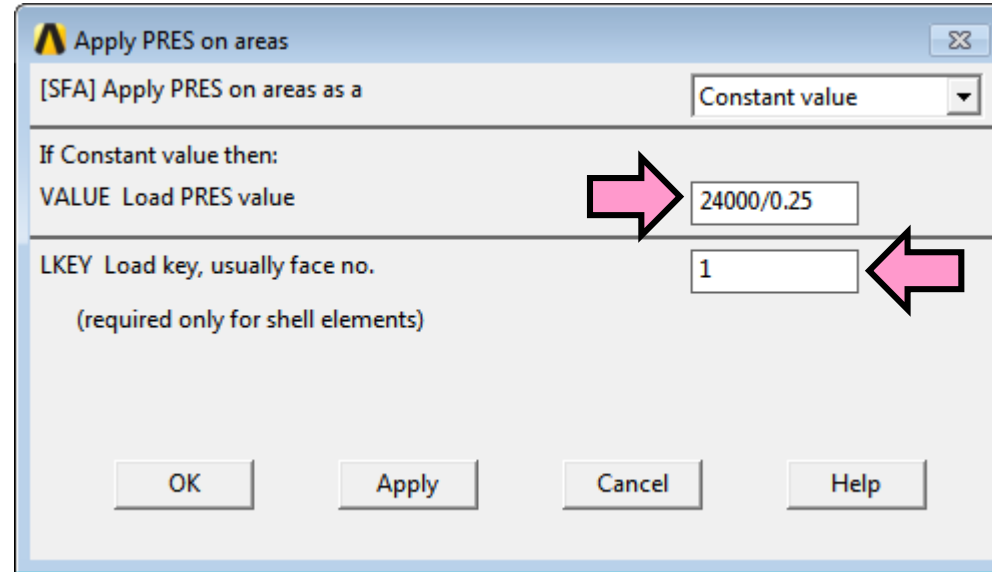


## فشار بار ثقلی

برای اعمال فشار بار ثقلی از آدرس زیر استفاده می‌شود. فشار روی سطح فوقانی کلاف وارد شده و برای این منظور مناسب است که دیوار در پنجره گرافیکی بطور مناسب چرخانده شود. این عمل می‌تواند با استفاده از گزینه‌های سمت راست پنجره گرافیکی صورت گیرد. پس از انتخاب سطح و فشردن دکمه OK پنجره تصویر صفحه بعد نمایش داده می‌شود.



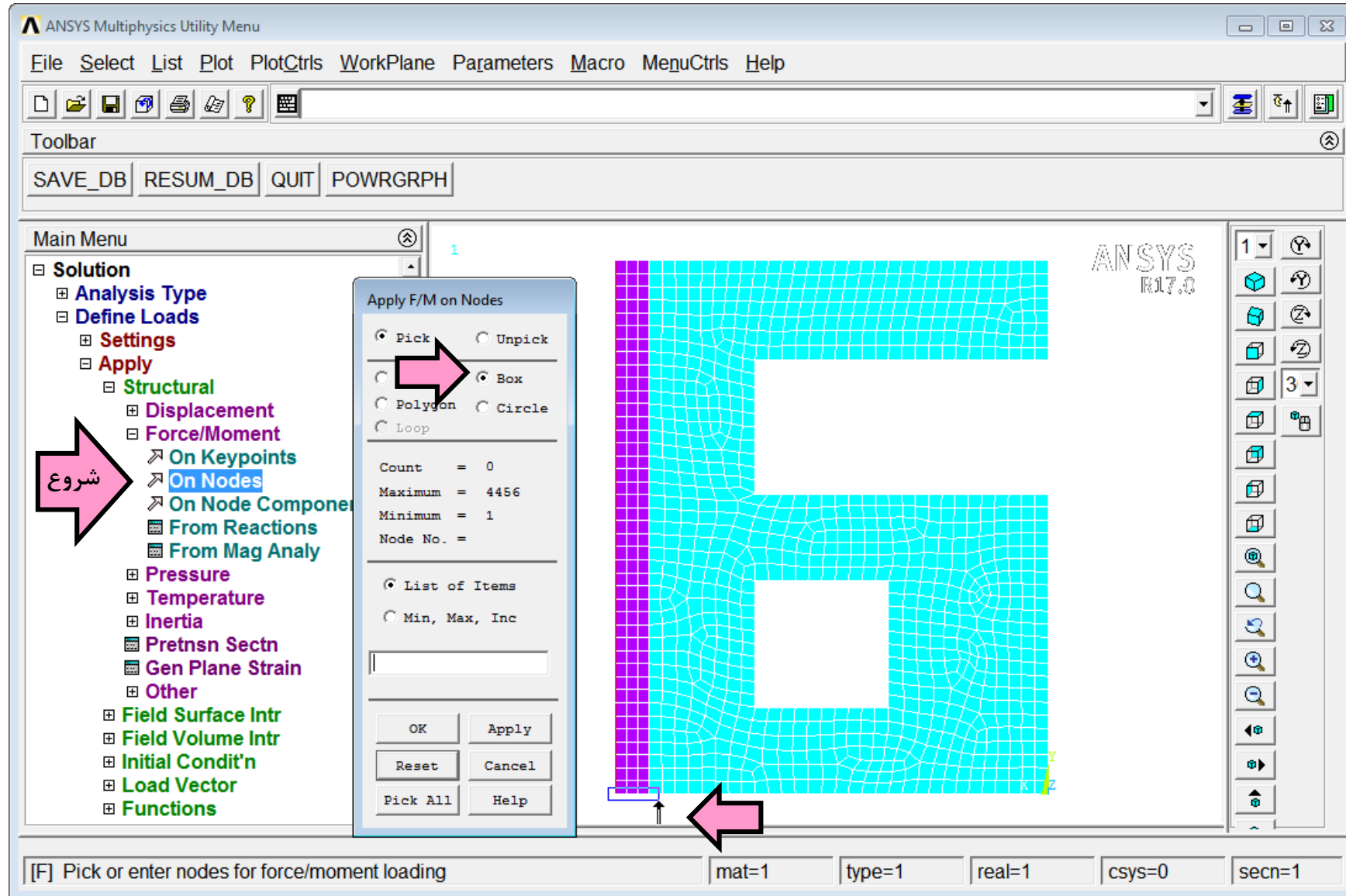
مقدار فشار برابر  $\frac{24000}{0.25} = 96000$  نیوتن بر متر مربع است. مقدار Load key برابر ۱ قرار داده می شود. این عدد جهت وارد شدن فشار را مشخص می کند.



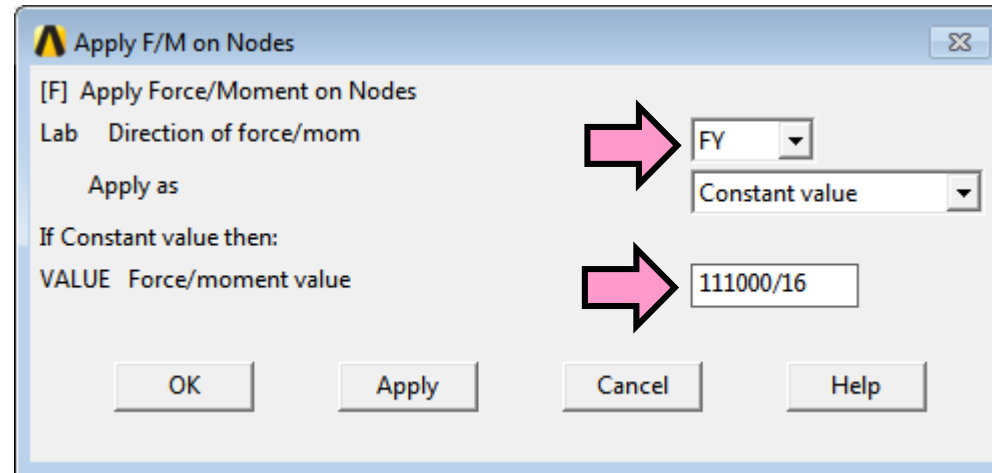


## اعمال بار جانبی

در یک تحلیل غیر خطی که ترکیبی از بار ثقلی و بار جانبی است، لازم است ابتدا بار ثقلی وارد شده و در پایان آن بار جانبی به مدل اعمال شود. اما در این مثال برای جلوگیری از تطویل کلام هر دو بار همزمان به مدل وارد می شوند. بار جانبی بر گره‌های وجه جانبی کلاف اعمال می شود. برای اعمال بار جانبی وارد آدرس زیر شده و پس از فعال شدن موس و انتخاب گزینه Box، گره‌های وجه جانبی کلاف را انتخاب نمائید. با انتخاب گره‌ها تعداد آنها در جلوی عبارت Count نشان داده می شود که در اینجا ۱۶ عدد است. حال دکمه OK را فشرده و مقدار بار وارد بر هر گره را در پنجره بعد وارد نمائید.



جهت بار در امتداد محور Y است پس در مقابل گزینه Lab گزینه FY انتخاب می‌شود. چون بار کل باید برابر ۱۱۱۰۰ نیوتن باشد پس بر هر گره مقدار ۱۱۱۰۰/۱۶ نیوتن وارد می‌شود. پس از وارد کردن مقدار بار دگمه Ok را فشار دهید.



## شتاب ثقل

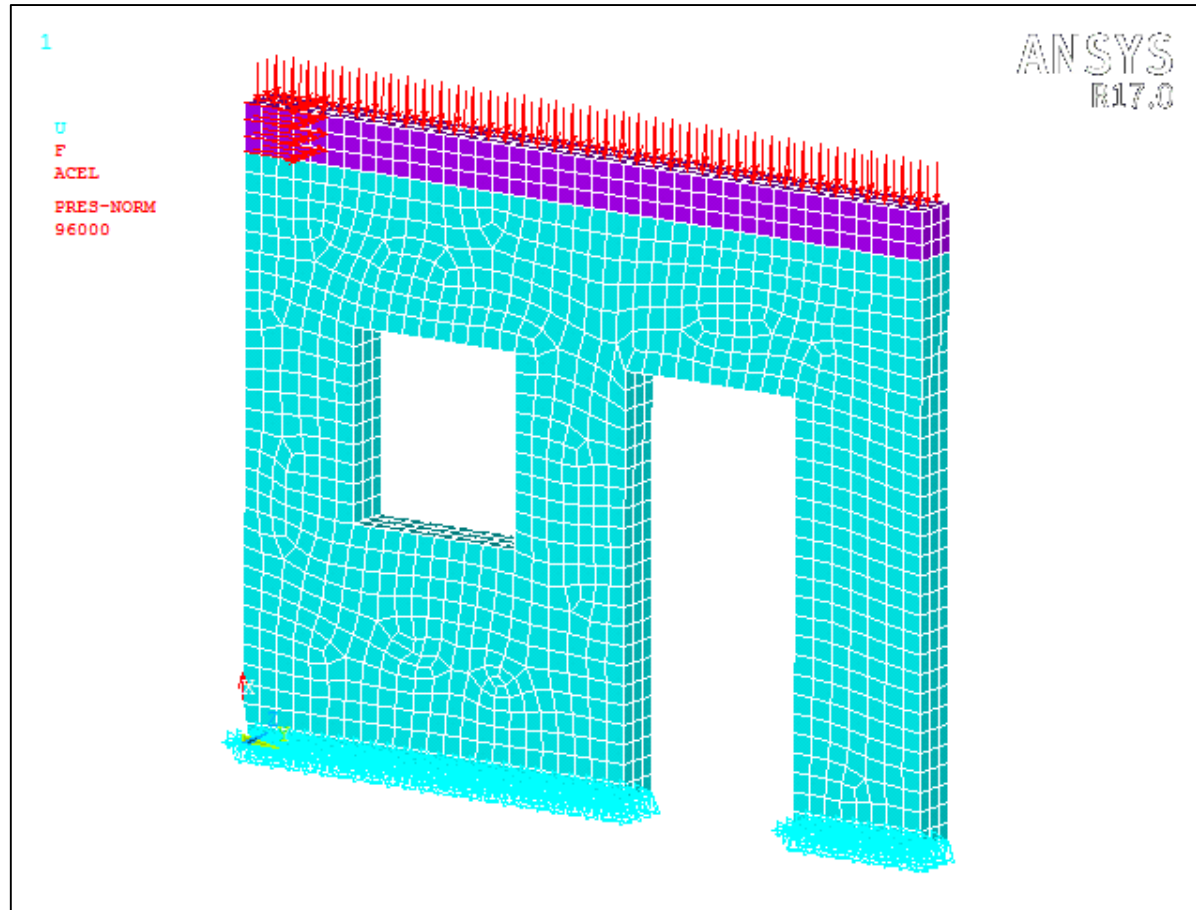
شتاب ثقل برابر  $9/81$  متر بر ثانیه به توان دو و در جهت مثبت X (امتداد قائم مدل) بر دیوار وارد می‌شود. به این ترتیب عکس العمل آن در جهت معکوس و به سمت پائین بر مدل وارد خواهد شد.

The screenshot displays the ANSYS Multiphysics Utility Menu interface. The main window shows a finite element mesh of a structure with a pressure load of 96000 applied to the top surface. The 'Main Menu' on the left is expanded to 'Gravity' > 'Global'. A pink arrow points to the 'Global' option with the Persian word 'شروع' (Start). A dialog box titled 'Apply (Gravitational) Acceleration' is open, showing the following settings:

- [ACEL] Apply (Gravitational) Acceleration
- ACELX Global Cartesian X-comp: 9.81
- ACELY Global Cartesian Y-comp: 0
- ACELZ Global Cartesian Z-comp: 0

The dialog box has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons. A pink arrow points to the '9.81' input field. The status bar at the bottom shows 'Pick a menu item or enter a command (SOLUTION)' and 'mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1'.

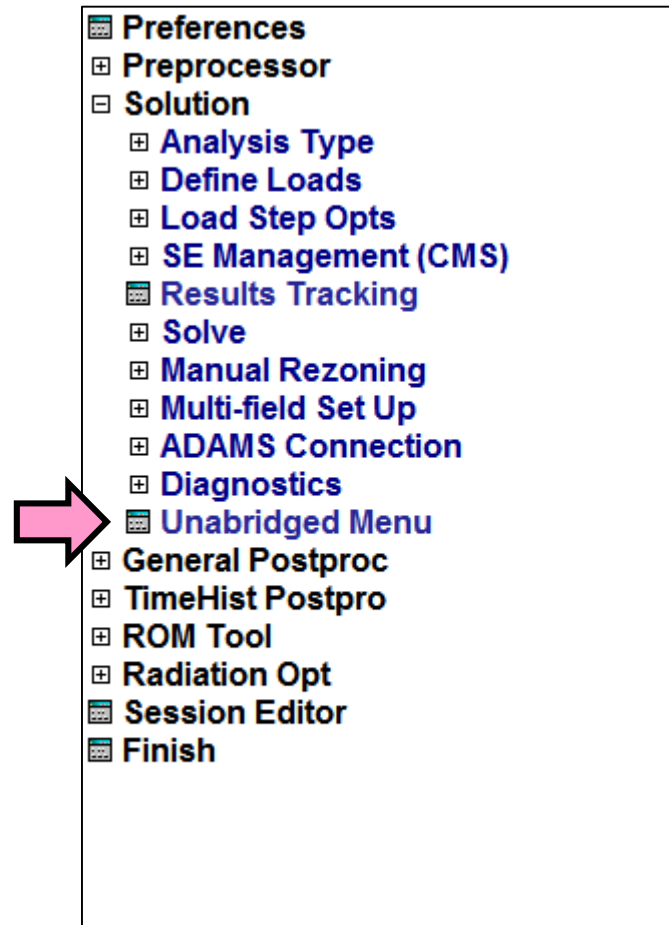
مدل نهایی پس از بارگذاری به شکل زیر است.



برای ذخیره مدل وارد آدرس زیر شوید:

File → Save as Jobname

از آنجائیکه تحلیل غیر خطی است، باید بار آهسته یا گام به گام به مدل وارد شود. برای این منظور ابتدا منوی Main Menu بطور کامل نمایش داده می شود:



برای گام بندی بارگذاری از منوی زیر استفاده می شود. زمان مجازی در پایان بار ۱ ثانیه و تعداد گامها یا Substep ها ۱۰ انتخاب می شود:

The screenshot shows the ANSYS Multiphysics Utility Menu with the 'Time and Substep Options' dialog box open. The dialog box contains the following settings:

- [TIME] Time at end of load step: 1
- [NSUBST] Number of substeps: 10
- [KBC] Stepped or ramped b.c.:  Ramped
- [AUTOTS] Automatic time stepping:  Prog Chosen
- [NSUBST] Maximum no. of substeps: (empty field)
- Minimum no. of substeps: (empty field)
- Use previous step size?:  Yes
- [TSRES] Time step reset based on specific time points:  No reset

A pink arrow points to the 'Time and Substeps' menu item in the main menu, and another pink arrow points to the '1' and '10' input fields in the dialog box.

## ذخیره نتایج همه substepها

برای ذخیره نتایج همه گامها یا substepها در بخش زیر، گزینه every substep انتخاب می شود.

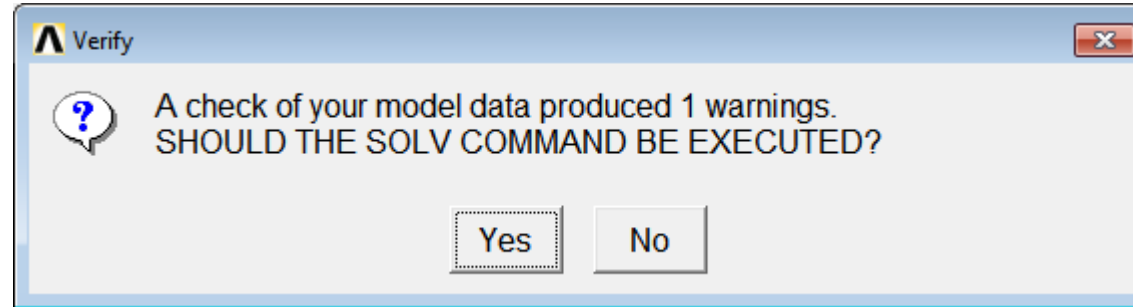
The screenshot displays the ANSYS Multiphysics Utility Menu interface. The 'Main Menu' on the left is expanded to 'Output Ctrl', where 'DB/Results File' is highlighted with a pink arrow labeled 'شروع'. The 'Controls for Database and Results File Writing' dialog box is open, showing the 'File write frequency' section with 'Every substep' selected. The 'Value of N' field is empty. The 'Component name' is set to 'All entities'. The dialog box has 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help' buttons. The status bar at the bottom shows the command 'mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1'.

## تحلیل

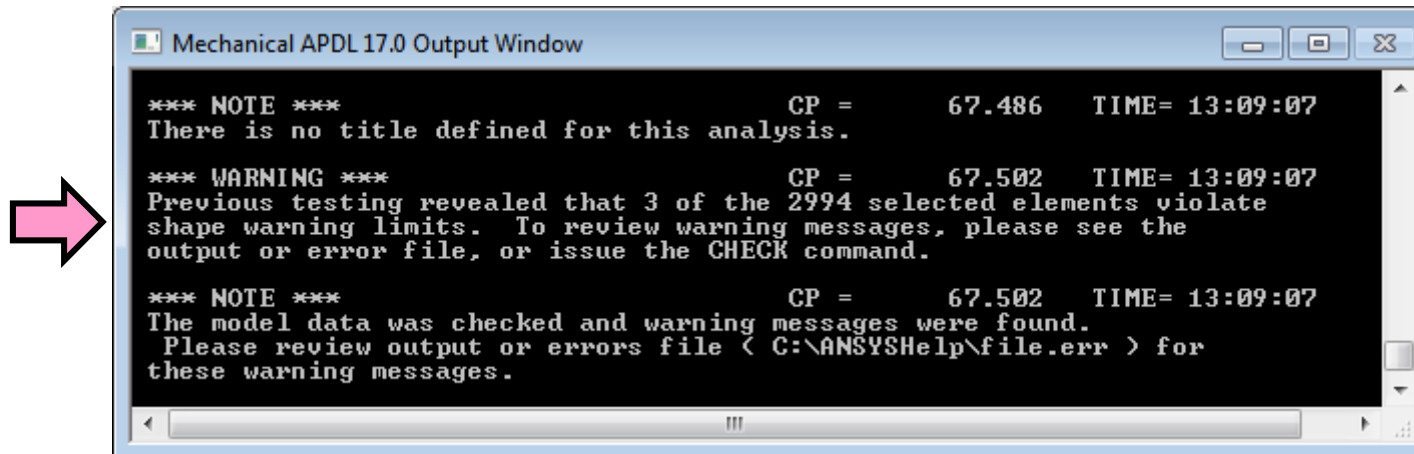
تحلیل را در آدرس زیر انجام دهید:

Solution > Solve > Current LS ...

قبل از تحلیل پنجره هشدار را مشاهده میکنید:

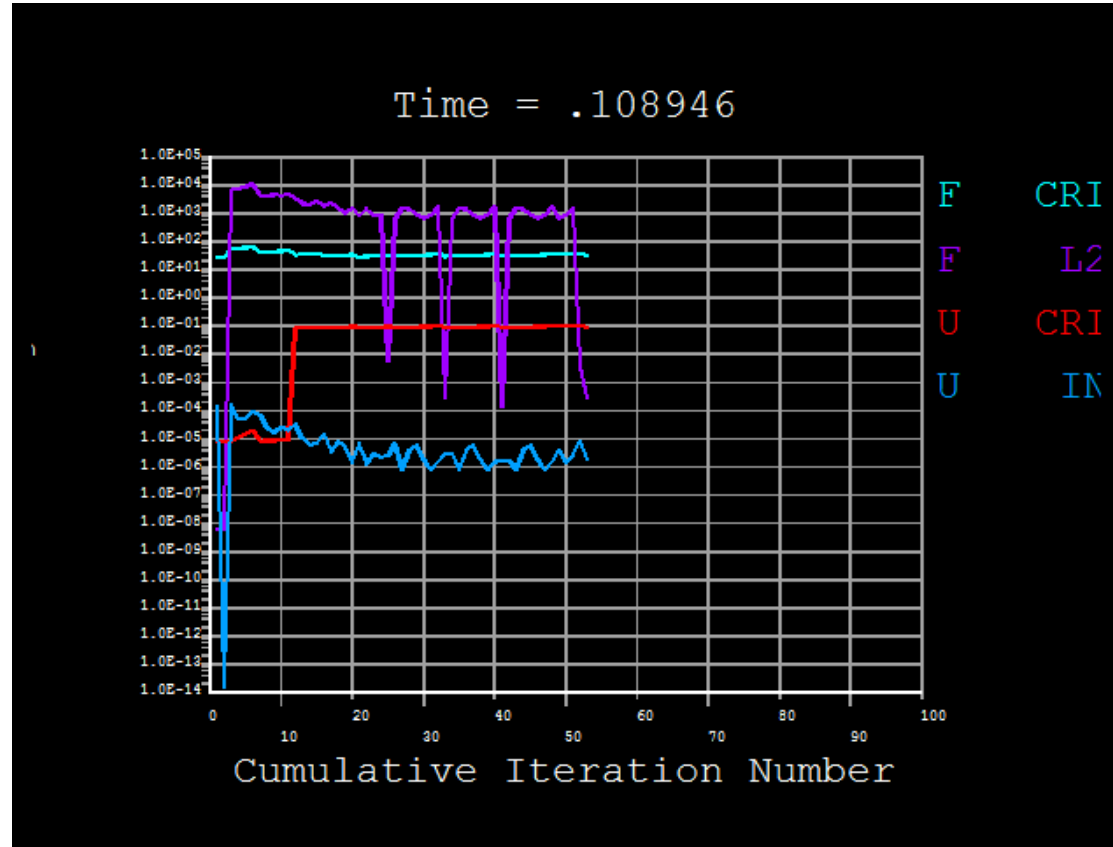


توضیح این هشدار در پنجره Output Window آمده است. هشدار درباره ۳ عدد از المانها است که شکل نامناسبی دارند. با تغییر اندازه المانها و یا تعداد المانهای بر روی خطوط مدل می توان این هشدار را از بین برد. در اینجا نادیده گرفته می شود و دکمه yes را می فشاریم تا تحلیل ادامه یابد.

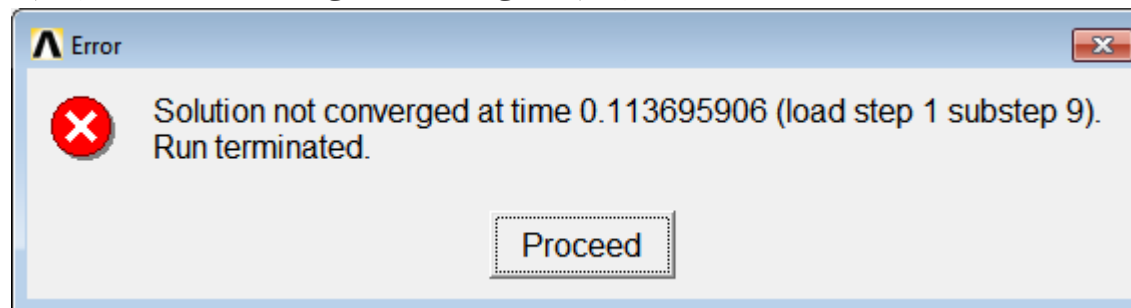




با شروع تحلیل پنجره گرافیکی نمودارهای معیارهای همگرایی را نمایش میدهد. این معیارهای برای کنترل همگرایی تحلیل بکار می روند.



اگر تحلیل همگرا شود، پنجره Solution Done نمایش داده میشود. اگر تحلیل همگرا نشود پیغام خطایی نمایش داده می شود. در تحلیل حاضر پیغام خطای زیر مشاهده می شود:



یعنی تحلیل بجای آنکه در زمان ۱ ثانیه (همانطور که قبلا به نرم افزار معرفی شد) به پایان برسد، در زمان 0.11369 متوقف شده است. بدین معنی که مدل در مرحله ای از بارگذاری دچار شکست یا ناپایداری جزئی یا کلی شده است.

## مشاهده نتایج

نتیجه ای که مشاهده آن در این مدل مطلوب است مشاهده ترک خوردگی مدل است. برای این منظور ابتدا نتایج آخرین گامی که بطور صحیح تحلیل شده است بازخوانی می شود. برای خواندن این نتیجه وارد منوی زیر شوید:

ANSYS Multiphysics Utility Menu

File Select List Plot PlotCtrls WorkPlane Parameters Macro MenuCtrls Help

Toolbar

SAVE\_DB RESUM\_DB QUIT POWRGRPH

Main Menu

- Preferences
- Preprocessor
- Solution
- General Postproc
  - Data & File Opts
  - Results Summary**
  - Read Results
  - Failure Criteria
  - Options for Outp
  - Results Viewer
  - Load Case
  - Check Elem Shape
  - Write Results
  - ROM Operations
  - Define/Modify
  - Manual Re zoning
- TimeHist Postpro
- ROM Tool
- Radiation Opt
- Session Editor
- Finish

شروع

SET,LIST Command

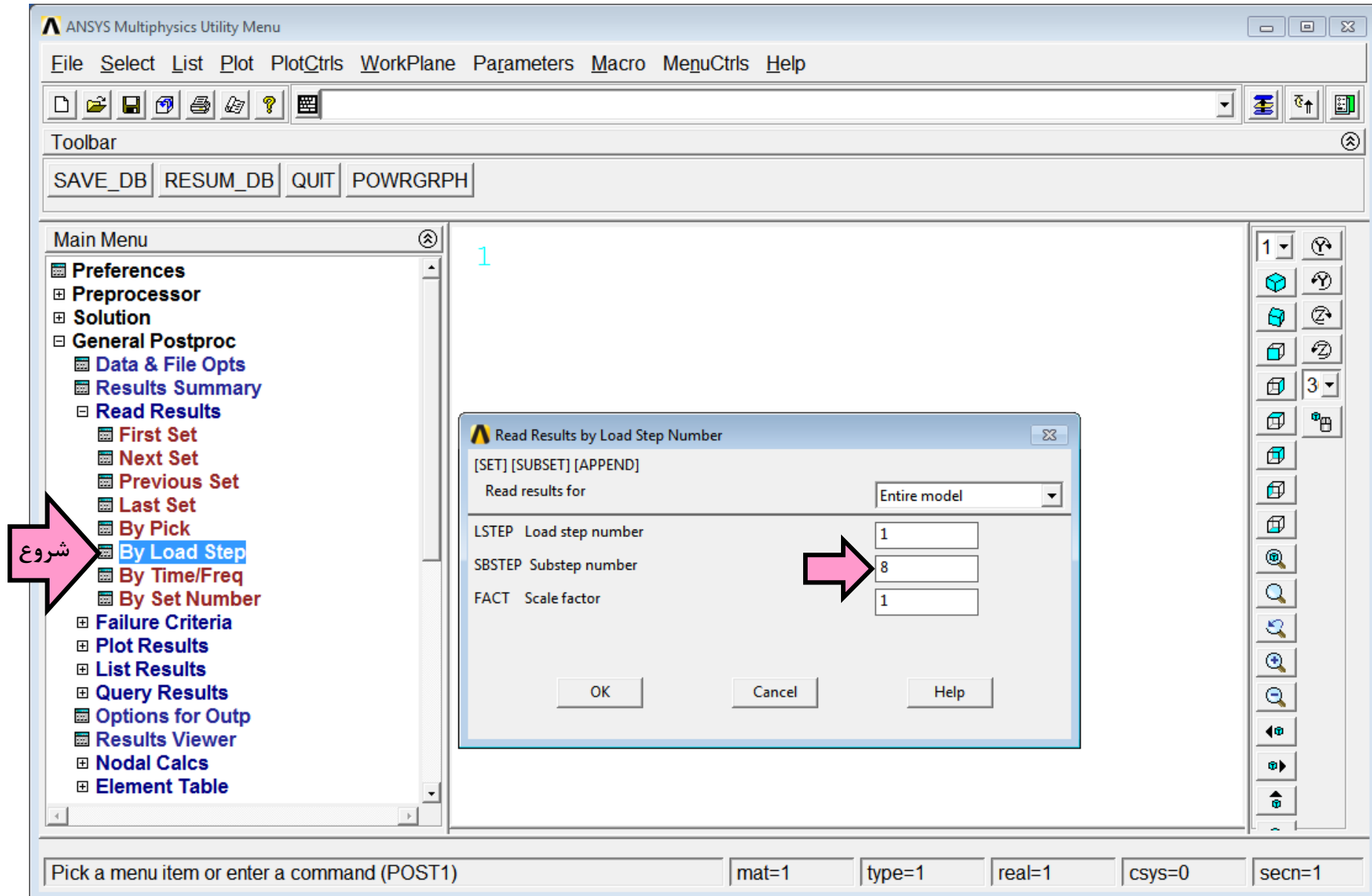
File

\*\*\*\*\* INDEX OF DATA SETS ON RESULTS FILE \*\*\*\*\*

SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	0.10000	1	1	2
2	0.10410	1	2	25
3	0.10595	1	3	33
4	0.10695	1	4	41
5	0.10795	1	5	52
6	0.10895	1	6	53
7	0.11045	1	7	54
8	0.11270	1	8	60
9	1.00000	1	999999	88

Pick a menu item or enter a command (POST1) mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1

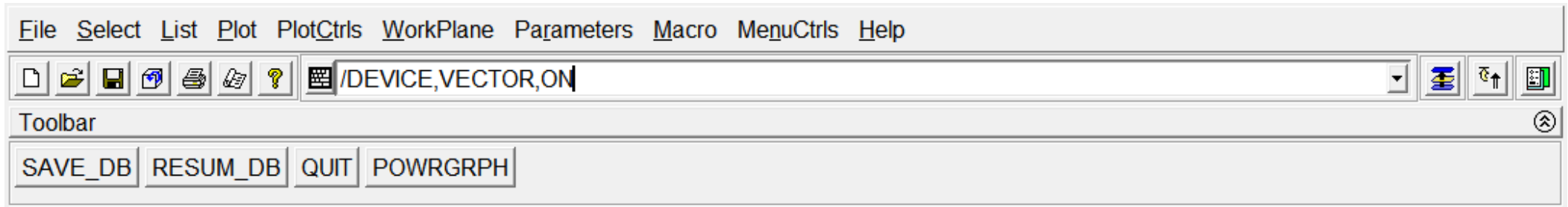
آخرین گام که در زمان ۱ ثانیه ثبت شده است، گامی است که محاسبات واگرا شده است. عدد ۹۹۹۹۹۹ در مقابل آن بدین جهت نوشته شده است. نتایج این گام بدلیل واگرایی قابل استناد نیست. بنابراین آخرین گامی که قبل از آن تحلیل همگرا شده است مورد استفاده قرار میگیرد که  $substep=8$  است. برای بازخوانی نتایج این گام در آدرس زیر وارد شده و شماره Substep برابر ۸ قرار داده می شود.



حال می خواهیم ترک خوردگی رخ داده در مدل را ترسیم کنیم. ابتدا لازم است نمود گرافیکی را با دستور زیر تغییر دهیم:

DEVICE, VECTOR, ON

این دستور را در نوار سفید بالای برنامه وارد کرده و Enter را بفشارید.



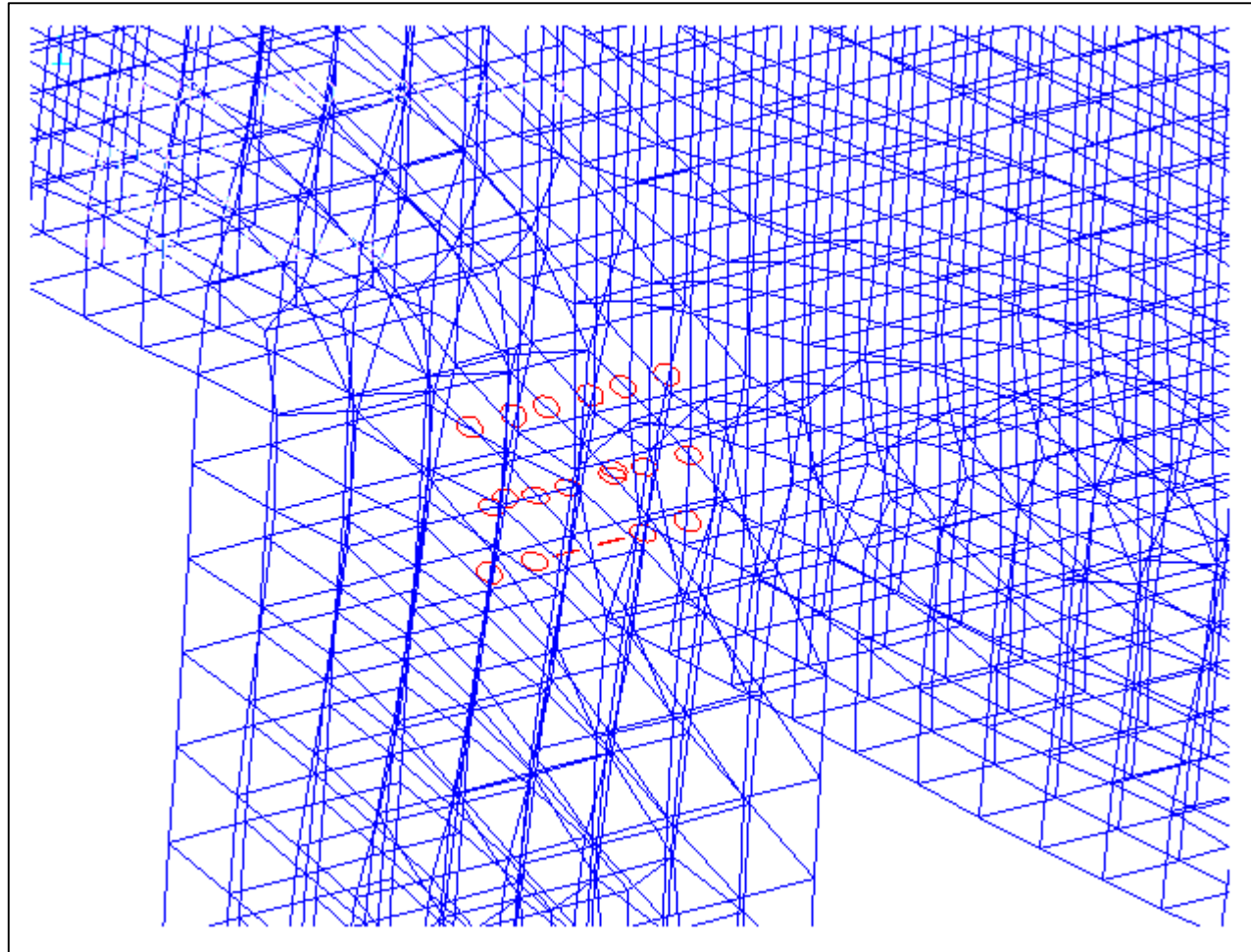
این نمود المانها را شفاف کرده و امکان مشاهده ترکها را ایجاد می کند.

The screenshot displays the ANSYS Multiphysics Utility Menu interface. On the left, the 'Main Menu' is expanded to 'General Postproc' > 'Plot Results' > 'Crack/Crush', which is highlighted with a pink arrow and the Persian word 'شروع' (Start). The central window shows a 3D mesh of a structure with dashed circles highlighting specific areas. A dialog box titled 'Cracking and Crushing Locations in Concrete Elements' is open, with the following settings:

- Plot symbols are located at: integration pts
- Plot crack faces for: all cracks

A pink arrow points to the 'all cracks' dropdown menu. The dialog box includes 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help' buttons. At the bottom of the utility menu, the command line shows 'mat=1 type=1 real=1 csys=0 secn=1'.

محدوده ترک خورده با دایره خط چین مشخص شده است. در شکل زیر نمای نزدیکتر آنها نمایش داده شده است.

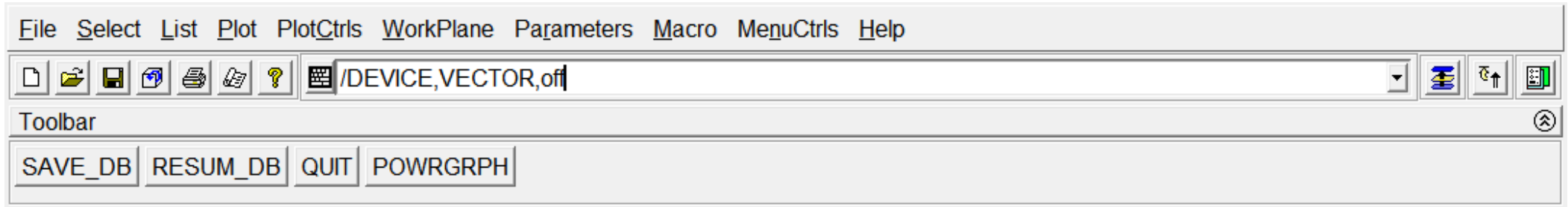


ترک خوردگیهای بصورت دایره های قرمز رنگ دیده می شوند. صفحه دایره بیانگر صفحه ای است که ترک خورده است.

دلیل واگرا شدن محاسبات در گام هشتم آن است که ظرفیت سازه برای تحمل نیروی جانبی کمتر از بار وارده بوده است. با وقوع ترکها یا خرد شدگی ها مدل دچار ناپایداری شده و محاسبات واگرا شده است.

## خاموش کردن حالت شفاف المانها

برای بازگشتن به مود گرافیکی پیش فرض و خارج کردن المانها از حالت شفاف، دستور زیر را بکار برید:



اینک مدل را ذخیره کنید.