



www.asreomran.ir عصر عمران مرجع تخصصی جامعه مهندسی عمران

# مدلسازی دیوار حائل در نرم افزار SAP 2000

تالیف:

فاطمه جمشید زاده



به نام خدا

## آموزش گام به گام مدلسازی دیوار حائل در نرم افزار SAP2000

فاطمه جمشیدزاده

ارشد سازه

در این فرصت قصد داریم نحوه مدلسازی دیوار حائل در نرم افزار sap را به صورت گام به گام آموزش دهیم.

با توجه به اینکه مطالب آموزشی کاربردی در زمینه نرم افزار sap اندک است، امیدوارم که این بحث مورد توجه قرار بگیرد و برای همگی مفید باشد.

این بحث به صورت کاملاً آموزشی است. پس اگر در اعداد و ارقام موجود در این فایل با واقعیت تناقضی وجود داشته باشد، فرضی بوده‌اند.

### ✓ تعریف مسئله:

فرض می‌کنیم قرار است دیوار حائلی با مشخصات زیر مدل کنیم:

دیوار حائل بتنی به ضخامت ۵۰ سانتی‌متر و عرض ۴ متر و ارتفاع ۱۵ متر که بر روی فنداسیون به ابعاد ۸\*۶ متر و ضخامت ۱ متر قرار دارد.

در ادامه مراحل مدلسازی در نرم افزار SAP2000 آورده خواهد شد. کلیاتی در این زمینه مرحله به مرحله به صورت نمایشی از نرم افزار آورده می‌شود تا مدلسازی این نوع سازه در نرم افزار SAP2000 سهل گردد.

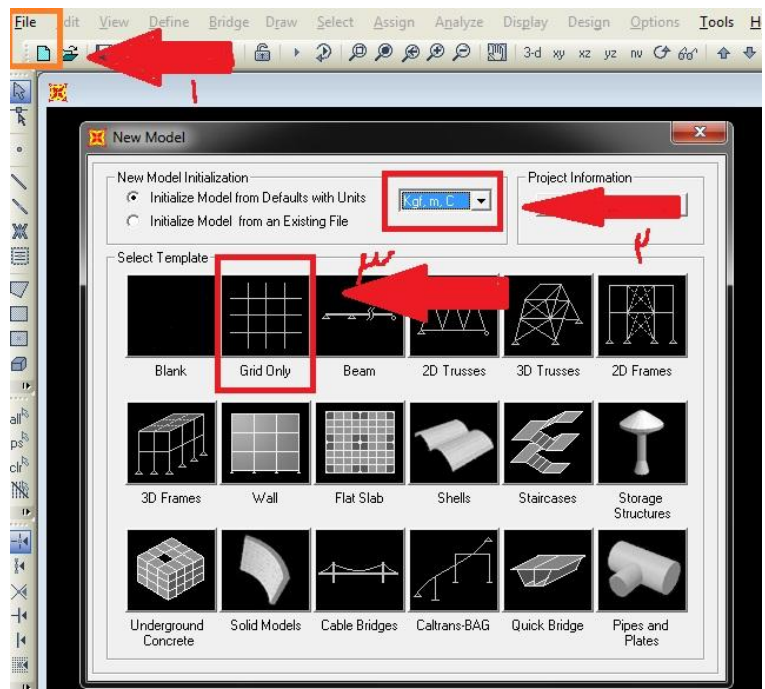
### ✓ شروع مدلسازی:

اولین مرحله در رابطه با تنظیمات خطوط شبکه می‌باشد که بر طبق صورت مسئله و ابعاد مورد نظر برای این مسئله صورت گرفته است.

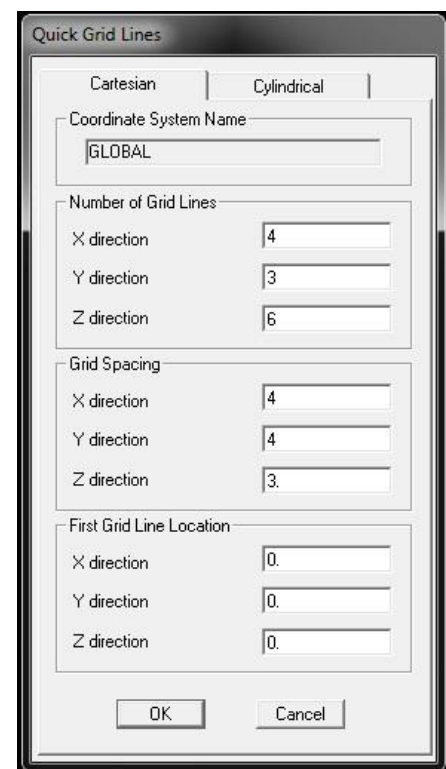
فقط توجه داشته باشید که مراحل که شماره گذاری شده را به ترتیب انجام دهید.

بعد از باز کردن نرم افزار SAP2000 به منوی File رفته و گزینه New Model را انتخاب کنید. این گزینه بر روی نوار ابزار بالای صفحه هم وجود دارد.

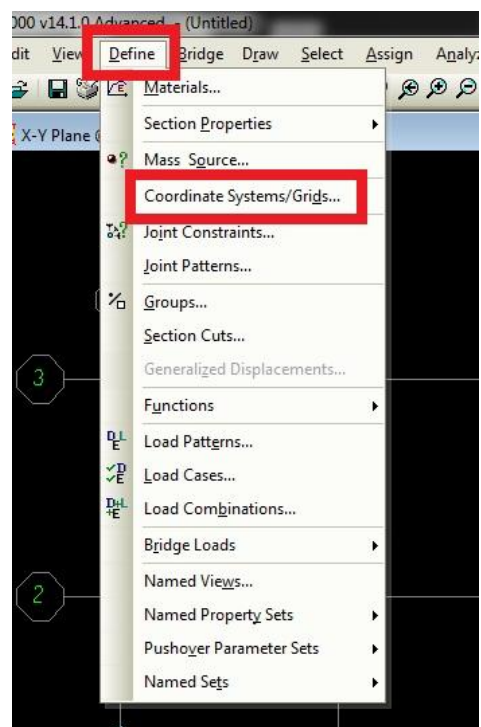
در پنجره‌ای که باز می‌شود، ابتدا واحد را بر حسب kg,m قرار دهید و سپس Grid Only را انتخاب کنید (بر روی آن کلیک کنید) مطابق شکل زیر:



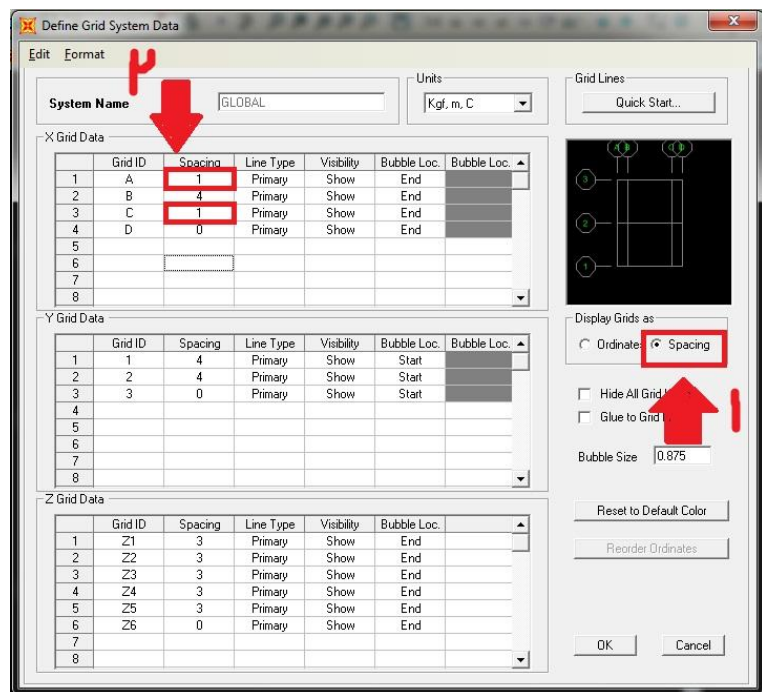
بعد از انجام مراحل بالا پنجره جدیدی باز می‌شود (پنجره Quick Grid Lines)، تنظیمات مربوط به این پنجره را مطابق شکل زیر انجام دهید:



حال به منوی define رفته و گزینه Coordinate system/Grid را انتخاب کنید. مطابق شکل زیر:



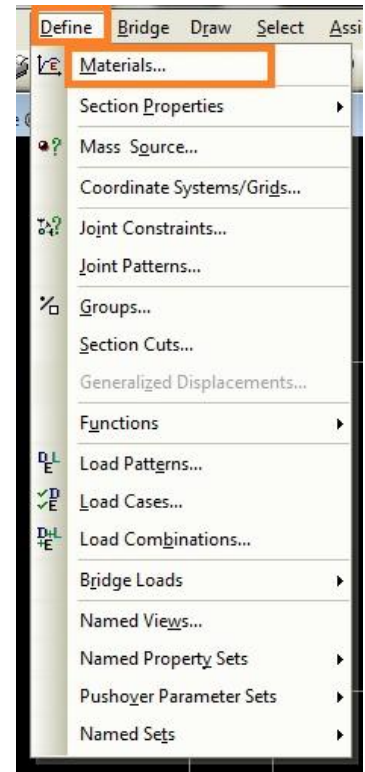
سپس در پنجره باز شده بر روی Modify کلیک کنید تا بتوانید خطوط شبکه را مطابق آنچه مورد نظر ماست اصلاح کنید. بعد از کلیک کردن Modify در پنجره باز شده اصلاحات زیر را انجام دهید:



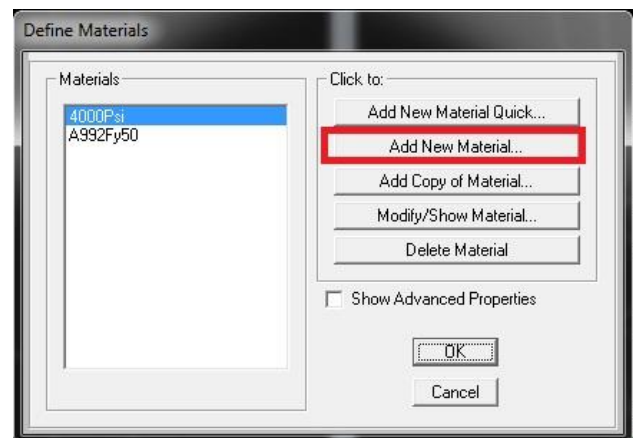
حالا OK کنید تا به محیط خود نرم افزار برسید

✓ تعریف مصالح (Material):

در این مرحله می‌خواهیم مصالح مورد استفاده در پروژه خود را تعریف کنیم. برای این کار باید به منوی Define برویم و Materials رو انتخاب کنیم:



در پنجره جدیدی که باز می‌شود Add New Material را کلیک می‌کنیم.



مشخصات بتن را وارد می‌کنیم، مطابق شکل زیر. توجه داشته باشید که Material Type رو بر روی Concrete قرار داده باشید. به واحد هم توجه کنید. بقیه پارامترها را مطابق بتن مصرفی خود وارد کنید و در انتها Ok کنید.

**Material Property Data**

General Data

Material Name and Display Color: Concrete

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2500

Mass per Unit Volume: 254.929

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.180E+09

Poisson's Ratio, U: .2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 9.083E+08

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2100000

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

برای تعریف آرماتورهای مصرفی مراحل قبل را تکرار کنید. باز هم توجه داشته باشید که نوع مصالح بر روی Rebar قرار داشته باشد. و به هنگام وارد کردن مقادیر به واحدها هم توجه کنید.

**Material Property Data**

General Data

Material Name and Display Color: Bar

Material Type: Rebar

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7849.0476

Mass per Unit Volume: 800.3801

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.039E+10

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 7.842E+09

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 4000

Minimum Tensile Stress, Fu: 6000

Expected Yield Stress, Fye: 4500

Expected Tensile Stress, Fue: 6500

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

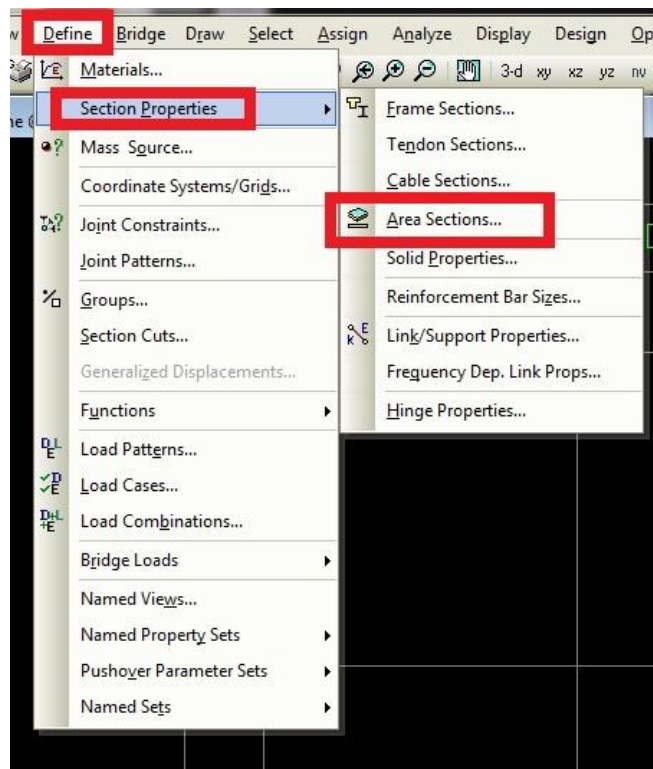


✓ معرفی مقاطع:

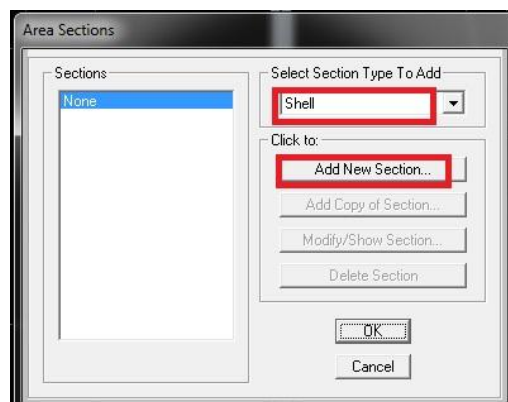
در این بخش مقطع دیوار و پی را تعریف می‌کنیم که از نوع shell می‌باشند.

به مسیر زیر می‌رویم:

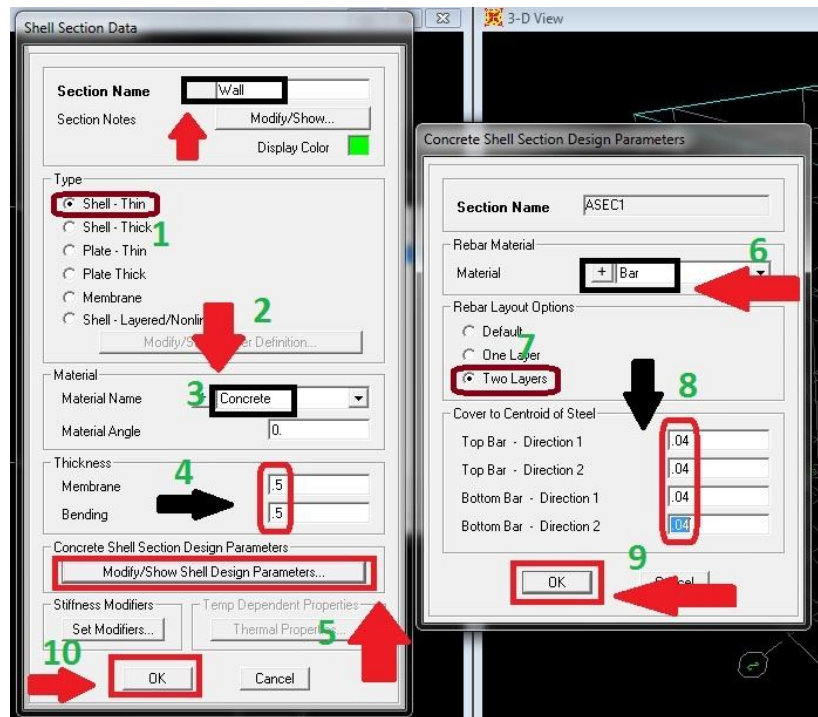
Define /// Section properties /// Area sections



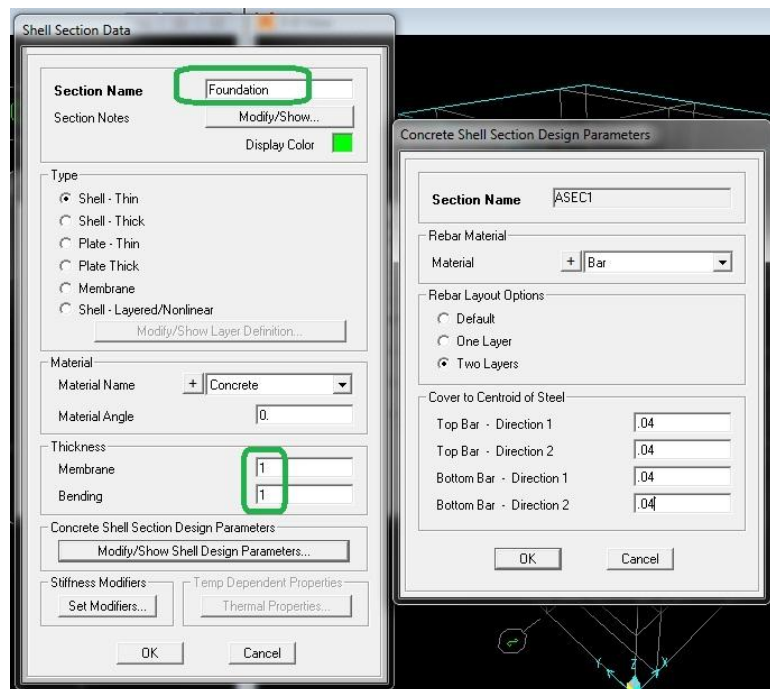
در پنجره باز شده گزینه Add new section را کلیک کنید.



در این مرحله مقطع مورد نظر برای دیوار حائل را تعریف می‌کنیم. ضخامت (نیم متر) و نوع مصالح (Concrete) را وارد می‌کنیم. سپس روی Modify/show shell design properties کلیک می‌کنیم و نوع آرایش آرماتورها و نوع مصالح آرماتور (Bar) و پوشش (۴ سانتی‌متر) رو وارد می‌کنیم.



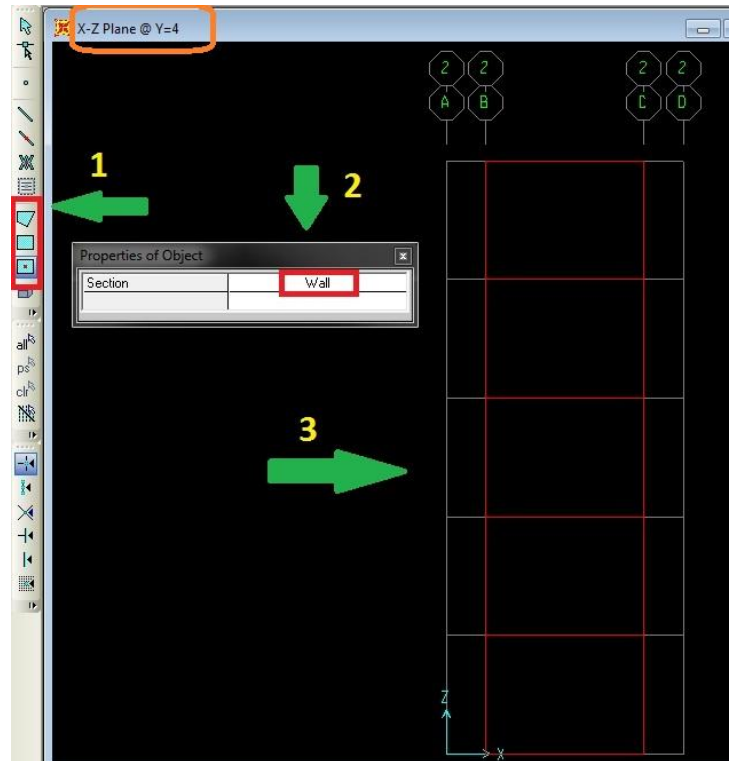
با کلیک بر روی Set Modifiers هم می‌توانید ضرایب ترک خوردگی را برای بتن وارد کنید که ما اینجا از وارد شدن به این بحث صرف نظر کردیم. مرحله قبل را برای تعریف مقطع پی تکرار می‌کنیم.



در نهایت تمامی پنجره ها را Ok می کنیم.

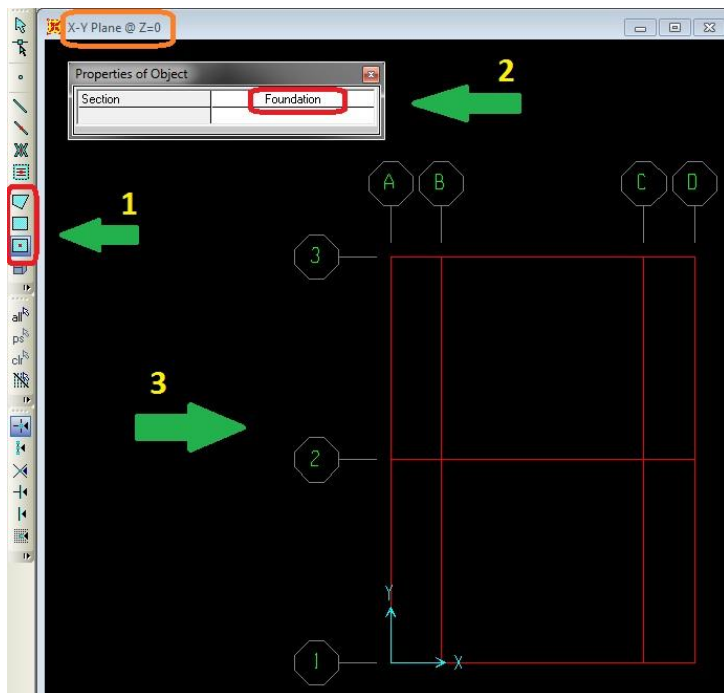
### ✓ ترسیم دیوار و پی:

برای ترسیم دیوار به الیوشن ۲ بروید (xz)، از ابزارهای Draw Area که در منوی Draw و یا نوار ابزار سمت چپ صفحه قرار دارد استفاده کنید. در پنجره باز شده نوع Section را Wall انتخاب کنید. سپس دیوار را در جای مربوط به خود ترسیم کنید.



برای ترسیم پی به جهت (xy) با ارتفاع صفر بروید. مانند مرحله قبل از ابزارهای Draw Area که در منوی Draw و یا نوار ابزار سمت چپ صفحه قرار دارد استفاده کنید. نوع سکشن را هم Foundation بگذارید. که در قسمت‌های قبلی آن را ایجاد کرده بودیم. حالا می‌توانید پی را ترسیم کنید:

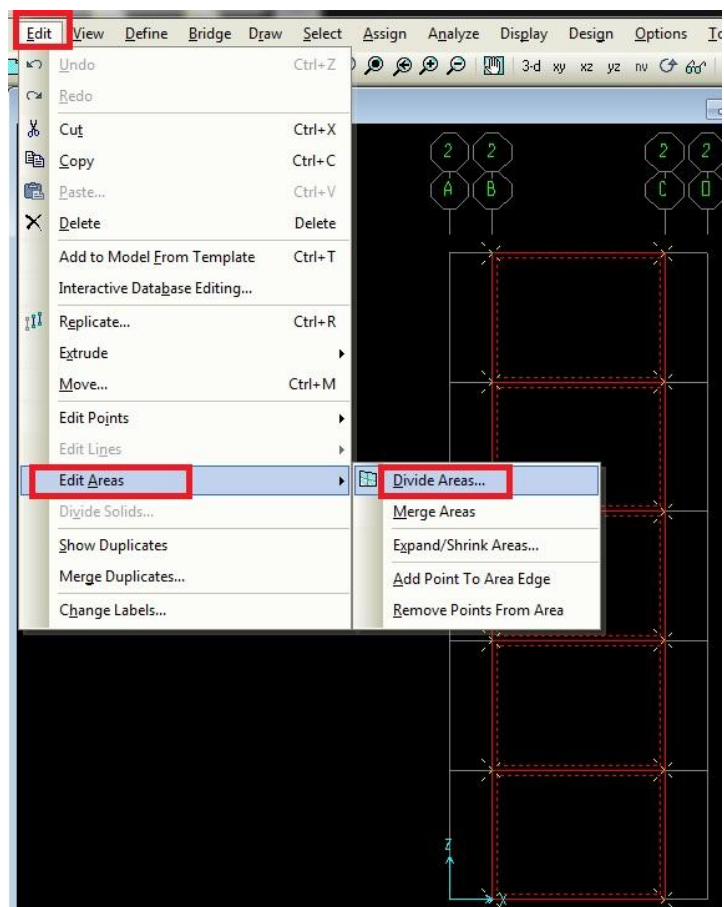




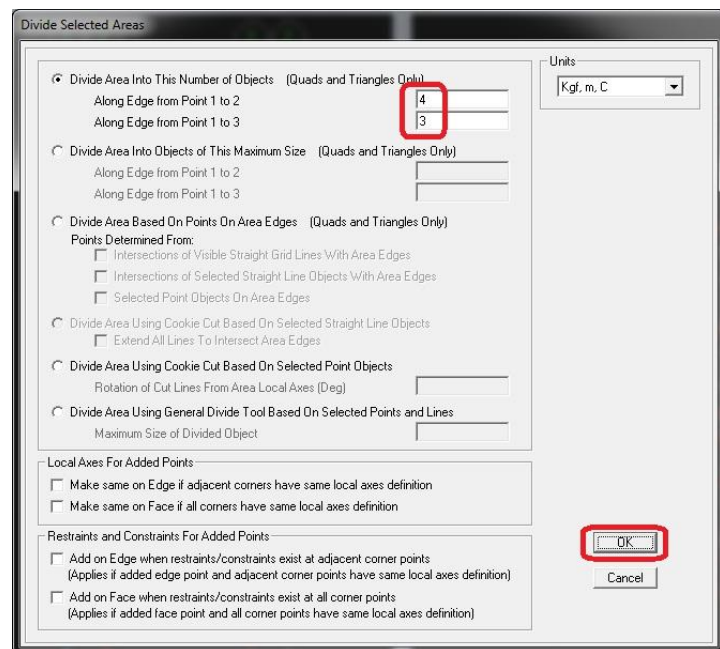
به این ترتیب ترسیم دیوار و پی آن انجام شده است. بعد از این مرحله باید آنها را مش بندی کنیم.

### ✓ مش بندی دیوار و پی آن

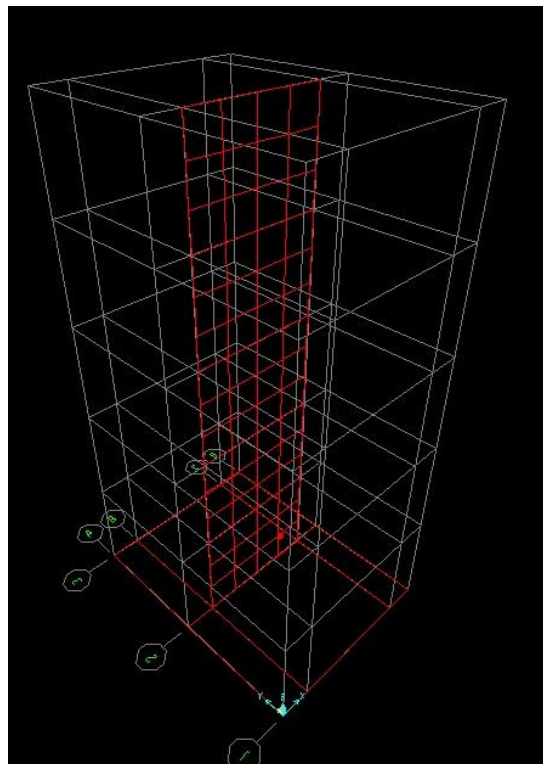
اول دیوار را مش بندی می کنیم. ابتدا دیوار را انتخاب می کنیم. سپس مطابق تصویر زیر به قسمت divide می -  
رویم:



سپس مطابق شکل زیر، مطابق لب‌م‌ش‌بندی مورد نظر خانه‌های خالی رو پر می‌کنیم. البته لازم به ذکر هست که راه‌های مختلفی برای divide کردن وجود دارد. مثلاً از طریق محل تقاطع با اعضای دیگر و یا با گرید لاین‌ها و ... ما اینجا از طریق قسمت کردن هر بخش مش‌بندی را انجام می‌دهیم:



با ok کردن دیوار به این صورت مش بندی خواهد شد:



حال پی رو مش بندی می کنیم. این کار را در دو مرحله بعد از انتخاب کردن پی انجام می دهیم:

Divide Selected Areas

Units: Kgf, m, C

☒ Divide Area Into This Number of Objects (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2: 4

Along Edge from Point 1 to 3: 1

☐ Divide Area Into Objects of This Maximum Size (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2:

Along Edge from Point 1 to 3:

☐ Divide Area Based On Points On Area Edges (Quads and Triangles Only)

Points Determined From:

☐ Intersections of Visible Straight Grid Lines With Area Edges

☐ Intersections of Selected Straight Line Objects With Area Edges

☐ Selected Point Objects On Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Straight Line Objects

☐ Extend All Lines To Intersect Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Point Objects

Rotation of Cut Lines From Area Local Axes (Deg):

☐ Divide Area Using General Divide Tool Based On Selected Points and Lines

Maximum Size of Divided Object:

Local Axes For Added Points

☐ Make same on Edge if adjacent corners have same local axes definition

☐ Make same on Face if all corners have same local axes definition

Restraints and Constraints For Added Points

☐ Add on Edge when restraints/constraints exist at adjacent corner points  
(Applies if added edge point and adjacent corner points have same local axes definition)

☐ Add on Face when restraints/constraints exist at all corner points  
(Applies if added face point and all corner points have same local axes definition)

OK Cancel

Divide Selected Areas

Units: Kgf, m, C

☒ Divide Area Into This Number of Objects (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2: 1

Along Edge from Point 1 to 3: 4

☐ Divide Area Into Objects of This Maximum Size (Quads and Triangles Only)

Along Edge from Point 1 to 2:

Along Edge from Point 1 to 3:

☐ Divide Area Based On Points On Area Edges (Quads and Triangles Only)

Points Determined From:

☐ Intersections of Visible Straight Grid Lines With Area Edges

☐ Intersections of Selected Straight Line Objects With Area Edges

☐ Selected Point Objects On Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Straight Line Objects

☐ Extend All Lines To Intersect Area Edges

☐ Divide Area Using Cookie Cut Based On Selected Point Objects

Rotation of Cut Lines From Area Local Axes (Deg):

☐ Divide Area Using General Divide Tool Based On Selected Points and Lines

Maximum Size of Divided Object:

Local Axes For Added Points

☐ Make same on Edge if adjacent corners have same local axes definition

☐ Make same on Face if all corners have same local axes definition

Restraints and Constraints For Added Points

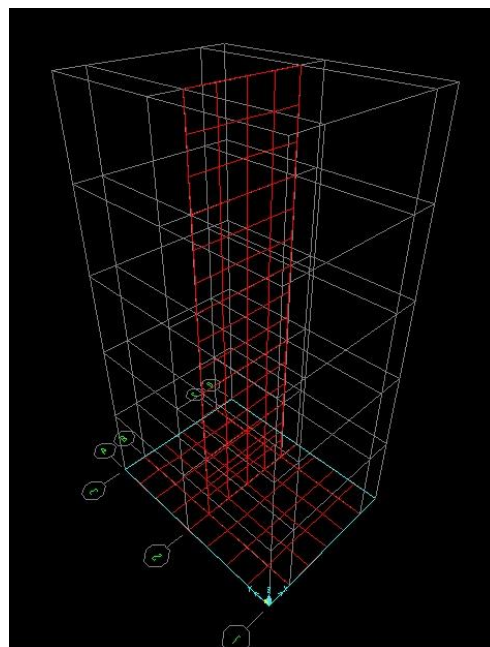
☐ Add on Edge when restraints/constraints exist at adjacent corner points  
(Applies if added edge point and adjacent corner points have same local axes definition)

☐ Add on Face when restraints/constraints exist at all corner points  
(Applies if added face point and all corner points have same local axes definition)

OK Cancel

حالا کل مدل به شکل زیر مش بندی شده اند:

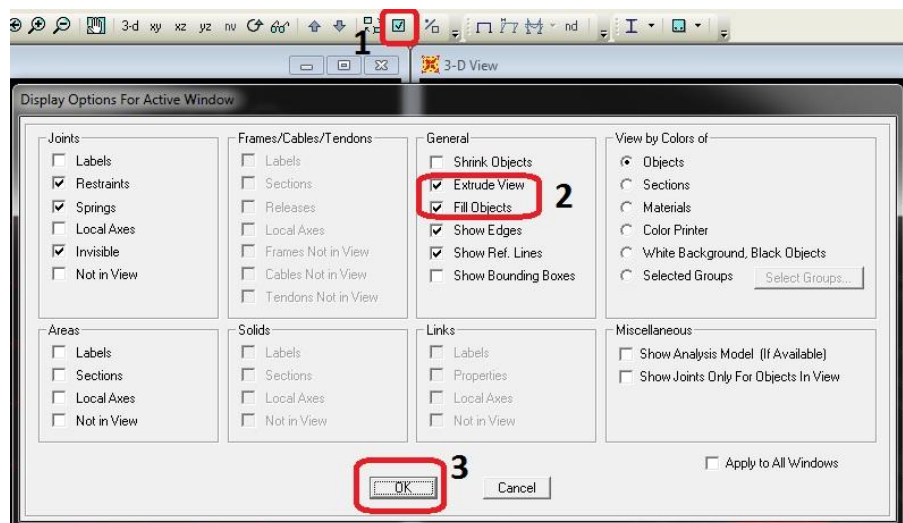




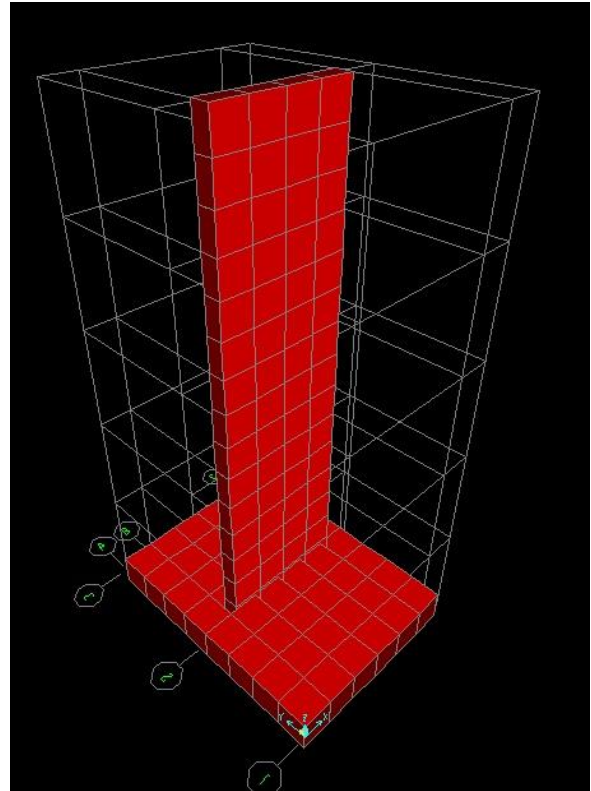
به این ترتیب کار مش بندی نیز به پایان میرسد.

### ✓ نحوه توپر نشان دادن مقاطع

برای اینکه ضخامت دیوار و پی آن را ببینید و مدل را واقعی تر ببینید، میتوانید مطابق شکل زیر عمل کرده و خانه های خالی نشان داده شده را تیک بزنید:

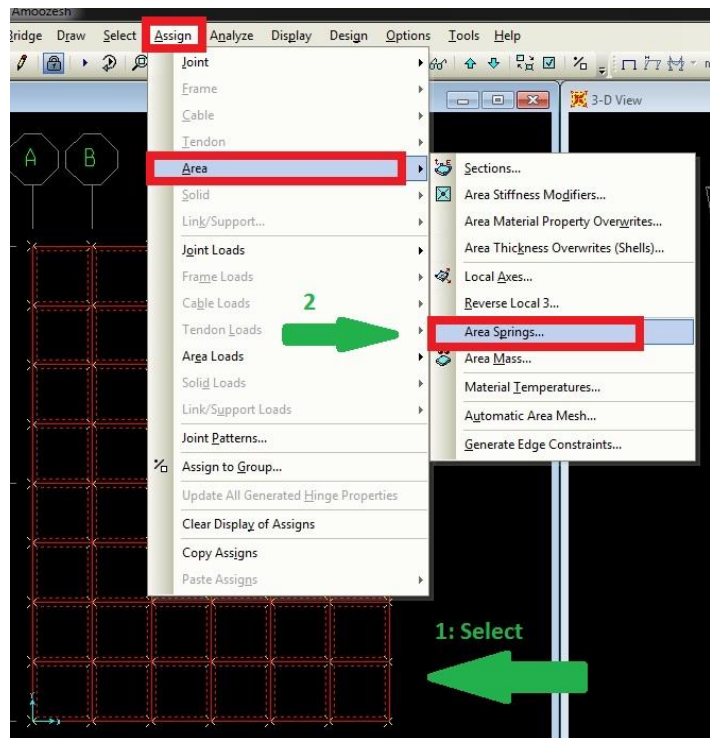


به این ترتیب مدل به صورت زیر نشان داده خواهد شد که بهتر درک می‌شود:

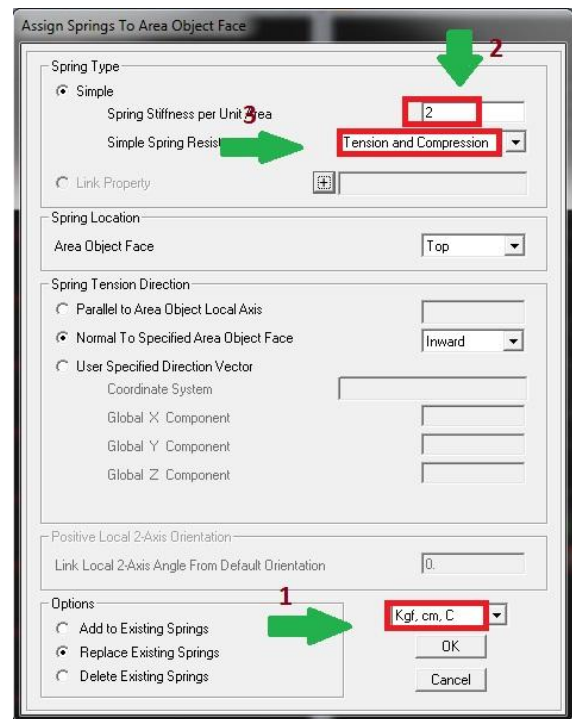


✓ اختصاص خاک روی پی:

در این بخش می‌خواهیم خاک روی پی را به صورت فنر با سختی خاک روی آن مدل کنیم. برای این کار ابتدا سطح پی را انتخاب می‌کنیم. سپس به منوی Assign رفته و Area Spring را انتخاب می‌کنیم.



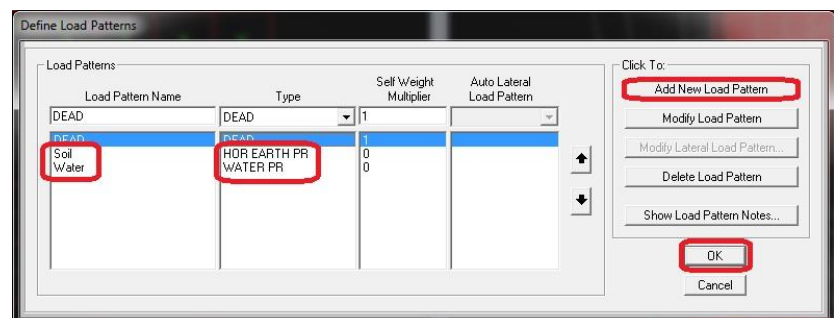
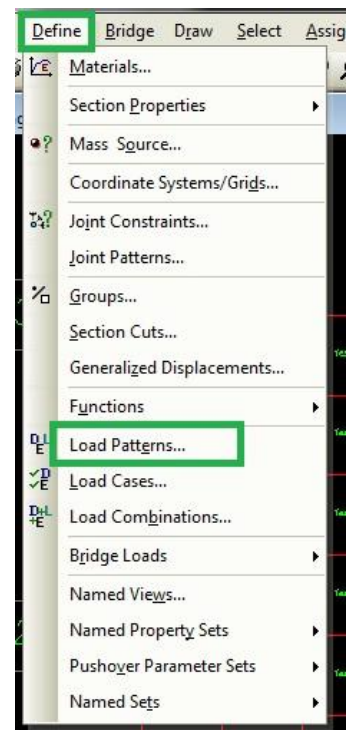
در پنجره باز شده، سختی خاک را وارد می‌کنیم (در اینجا ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بر سانتی‌متر) و بر روی Tension & Compression قرار می‌دهیم. در واقع باید بر روی Compression only قرار داد و تحلیل غلطی کرد. ولی چون اینجا صرفاً هدف آموزش کلی مدلسازی دیوار است، همین را فرض می‌کنیم و ادامه می‌دهیم.



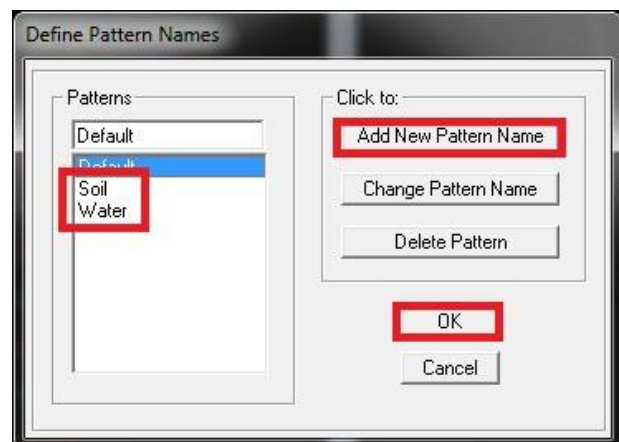
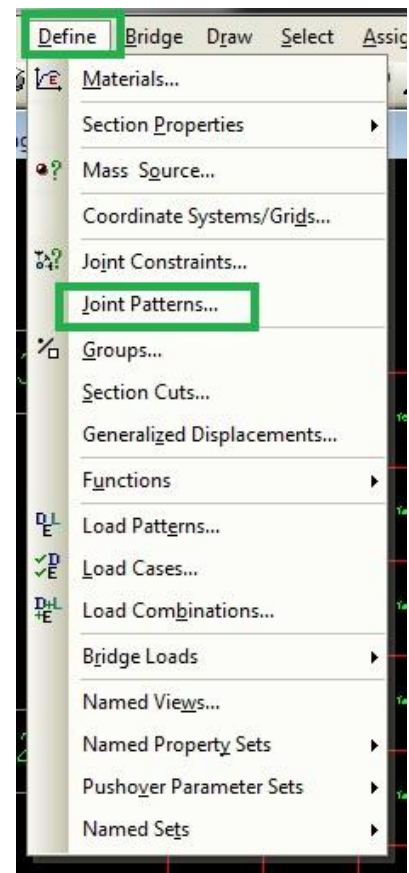
✓ تعریف بار خاک و آب به صورت مثلثی پشت دیوار:

در این قسمت بار خاک و آب ( Soil و Water ) رو که به صورت مثلثی در پشت دیوار به آن وارد می‌شود، تعریف کنیم. و سپس در مرحله بعد آن را به دیوار اعمال می‌کنیم. برای این کار ابتدا در منوی define و در قسمت load pattern این حالت بار را تعریف می‌کنیم.

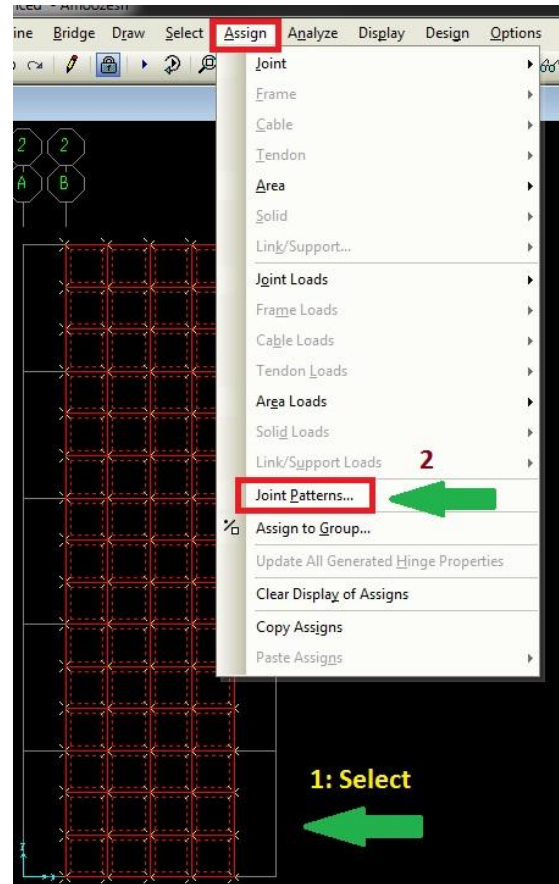




برای تعریف بار مثلثی ابتدا نام آن‌ها را در قسمت Joint Pattern در منوی define تعریف می‌کنیم به صورت زیر. هر بار Add می‌کنیم و در نهایت: Ok



حالا سطح دیوار حائل را انتخاب می کنیم و به منوی Assign ، قسمت Joint pattern می رویم.



در پنجره باز شده معادله مثلثی که طبق آن بار بر دیوار وارد می‌شود را وارد می‌کنیم. همانطور که میدانیم بار وارد شده به پای دیوار گاما در ارتفاع دیوار می‌باشد. که برای خاک این مقدار در ضریب  $K_a$  هم ضرب می‌شود. ابتدا برای فشار آب این معادله را می‌نویسیم:

$$-\gamma z + \gamma h = \gamma(-z + 15)$$

با این حساب مقدار  $C$  را منفی یک و مقدار  $D$  را ۱۵ وارد می‌کنیم. گاما را در قسمت بعدی هنگام اعمال این بار به دیوار وارد خواهیم کرد.

**Pattern Data**

**Pattern Name** 1 → Water

**Pattern Assignment Type**

- ☒ X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)
- ☐ Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

**Pattern Value = Ax + By + Cz + D**

Constant A: 0

Constant B: 0

Constant C: -1 2

Constant D: 15

**Restrictions**

- ☒ Use all values 3
- ☐ Zero Negative values
- ☐ Zero Positive values

**Options**

- ☒ Add to existing values
- ☐ Replace existing values
- ☐ Delete existing values

OK Cancel

این مراحل را برای فشار خاک هم تکرار می‌کنیم. با این تفاوت که معادله بالا در ضریب فشار اکتیو خاک ( $K_a$ ) ضرب می‌شود. این ضریب را به صورت فرض ۰.۵ در نظر گرفته‌ایم.

**Pattern Data**

**Pattern Name** 1 → Soil

**Pattern Assignment Type**

- ☒ X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)
- ☐ Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

**Pattern Value = Ax + By + Cz + D**

Constant A: 0

Constant B: 0

Constant C: -0.5 2

Constant D: 7.5

**Restrictions**

- ☒ Use all values 3
- ☐ Zero Negative values
- ☐ Zero Positive values

**Options**

- ☒ Add to existing values
- ☐ Replace existing values
- ☐ Delete existing values

OK Cancel

با این حساب فشار آب و خاک را به صورت مثلثی تعریف کردیم. حالا در قسمت بعد باید این بار رو به دیوار وارد کنیم.

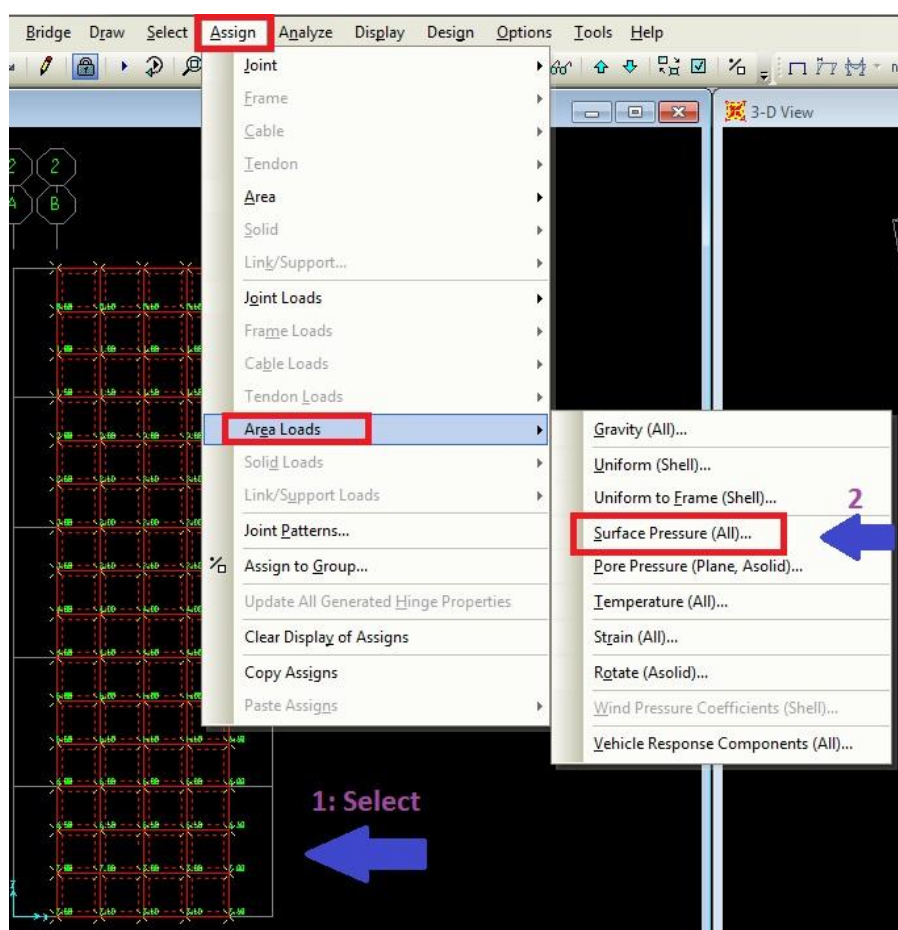
البته توضیحی که لازم است در اینجا داده شود این است که ما در اینجا خاک را دانه‌ای فرض کردیم. به همین



علت بار خاک و آب رو جداگانه وارد کردیم. اگر خاک چسبنده باشه لیا آب به صورت جداگانه وارد نمیشود و با گاما اشباع (saturated) بار را وارد می کنیم.

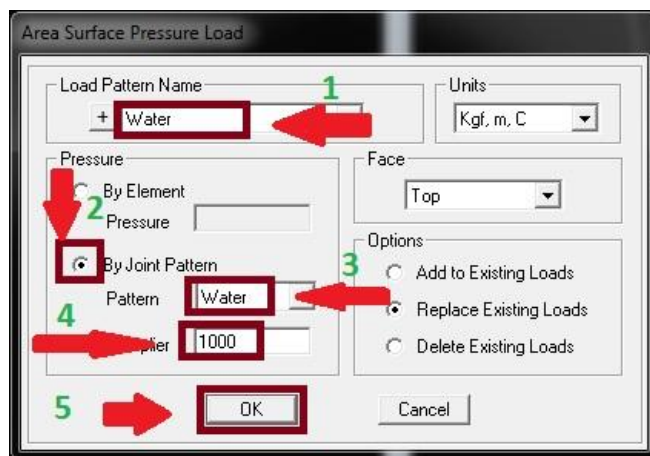
### ✓ نحوه اعمال بارهای مثلثی خاک و آب به دیوار حائل

در این قسمت بارهای آب و خاک را که در مرحله قبل به صورت مثلثی تعریف کردیم، به دیوار اعمال می کنیم. برای این کار ابتدا سطح دیوار را انتخاب می کنیم. سپس به منوی Assign و قسمت Surface Pressure می رویم.

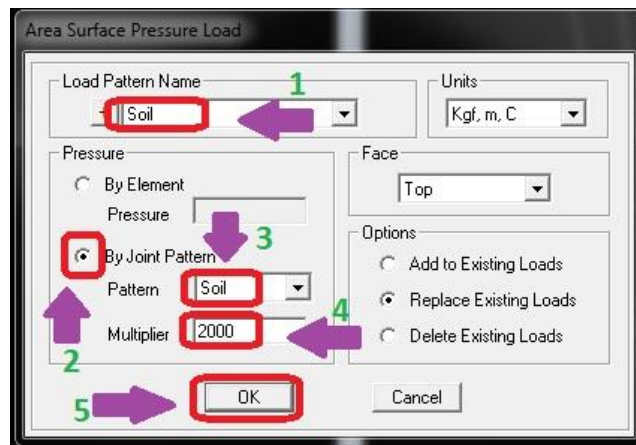


با انجام این کار پنجره جدیدی باز می شود که باید پارامترهای مربوط به بار را در آن وارد کنیم ابتدا بار آب را وارد می کنیم. که برای این کار باید خصوصیات مربوط به آب (Water) را که مرحله به مرحله در مراحل قبل

تعریف کرده‌ایم را انتخاب کنیم. مقدار گامای آب را در این پنجره وارد می‌کنیم (۱۰۰۰). همانطور که در مرحله ایجاد بار مثلی توضیح دادیم، ما از گامای آب فاکتور گرفته بودیم در این مرحله باید آن را وارد کنیم تا به معادله ضرب شود.



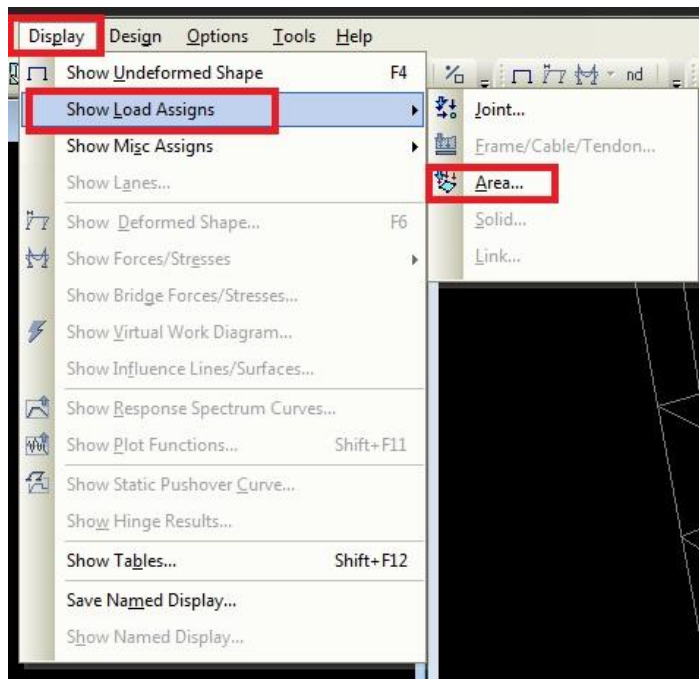
با تکرار مراحل قبل بار خاک را هم به همین ترتیب به دیوار اعمال می‌کنیم. پارامترهای آن را مطابق شکل زیر تنظیم می‌کنیم (با فرض گامای خاک ۲۰۰۰).



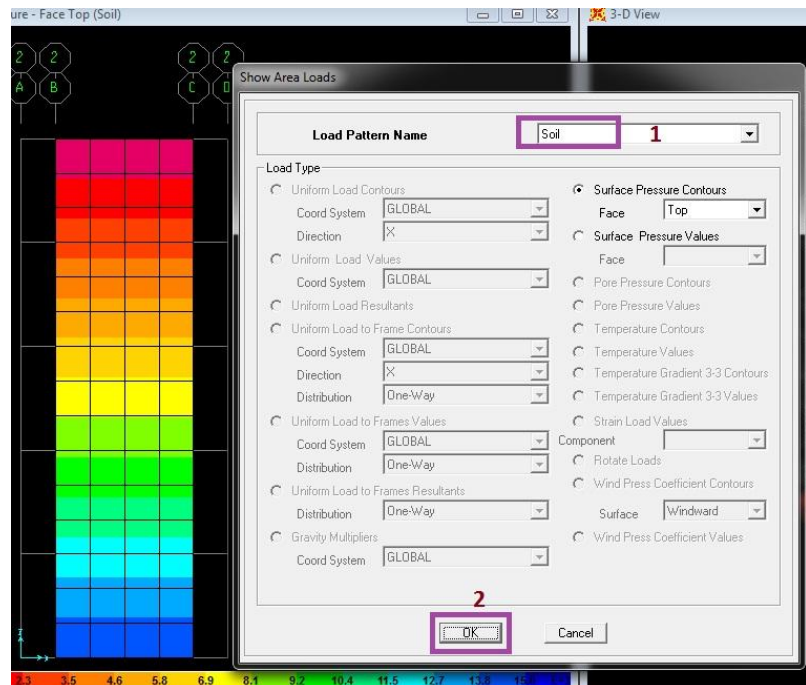
به این ترتیب بار خاک و آب پشت دیوار به آن اعمال شده‌اند.

## ✓ نمایش بار مثلی خاک و آب وارد شده بر دیوار

برای دیدن بار خاک و آب وارد شده بر دیوار حائل می‌توانید از مسیر زیر بروید:



در پنجره باز شده، در قسمت نشان داده شده در شکل زیر، بار خاک (soil) را انتخاب کنید. پس از این کار همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید، بار مثلی وارد شده بر دیوار به صورت کانتوری نمایش داده می‌شود.



برای دیدن بار آب (water) هم مطابق مراحل بالا عمل کرده و در قسمت مربوطه به جای بار خاک (Soil)، بار آب (Water) را انتخاب کنید.

تا به اینجا تقریباً مسائل خاص در رابطه با دیوار حائل به اتمام رسیده است. بقیه مراحل مثل وارد کردن بار زلزله و ترکیب بارها و ... را مانند دیگر پروژه ها انجام دهید و تحلیل کنید.

فقط نکته‌ای رو در پایان در خصوص تعیین نمره آرماتورها و فواصل آن‌ها ذکر می‌کنم:

### ✓ تعیین نمره آرماتور و فواصل آنها

برای تعیین نمره میلگرد و فواصل آن‌ها بعد از تحلیل، به قسمت Show Force/Stresses رفته و Shell را انتخاب نمایید.

در پنجره باز شده، Concrete Design را فعال کنید، بعد ASt1 و ASt2 را به ترتیب (در مراحل جداگانه) انتخاب کنید و ok. با این کار مقدار آرماتور لازم به مترمربع در هر متر (واحد بستگی به واحد انتخاب شده دارد. برای سهولت واحد را بر روی سانتی‌متر قرار دهید تا محاسباتتان راحت‌تر باشد) و یا به سانتی مترمربع در هر سانتی متر، بر روی قسمت‌های مختلف مدل قابل دیدن می‌باشد (موس را روی هر قسمت نگهدارید، یا کلیک کنید تا هر مش را جداگانه مقادیرش را نشان دهد).

مثلاً فرض کنید که واحد بر روی سانتی‌متر است. و برای قسمتی از دیوار مقدار ۰.۱ را خوانده‌اید.

حالا فرض کنید که آرماتور ۱۸ در هر ۲۰ سانتی‌متر را میخواهید استفاده کنید:

مساحت مقطع آرماتور ۱۸، ۲.۵۴ هست. حالا این عدد رو تقسیم بر ۲۰ می‌کنیم. میشه: ۰.۱۲۷.

خوب ۰.۱۲۷ از ۰.۱ بزرگتر است. پس آرماتور ۱۸ به فواصل ۲۰ سانتی‌متر جوابگو هست. حالا بسته به مقدار آرماتور مورد نیاز می‌توانید آرماتور بهینه‌تری رو استفاده کنید برای هر جهت.

البته این برای حالتی است که آرماتور را تعریف کرده‌ایم در قبل و به دیوار اختصاص داده‌ایم. اگر این کار را نکرده باشیم، باید مقدار لنگر و ... را که مورد نیاز است رو برداریم و خودمان جداگانه آرماتور را طراحی کنیم که مسلماً راه اول که ما در این آموزش از آن استفاده کرده‌ایم راحت‌تر خواهد بود.

✓ در پایان امیدوارم که مطالب ساده و خوب بیان شده باشد و مورد توجه شما قرار گرفته باشد

✓ موفق باشید.

✓ فاطمه جمشیدزاده / ارشد سازه