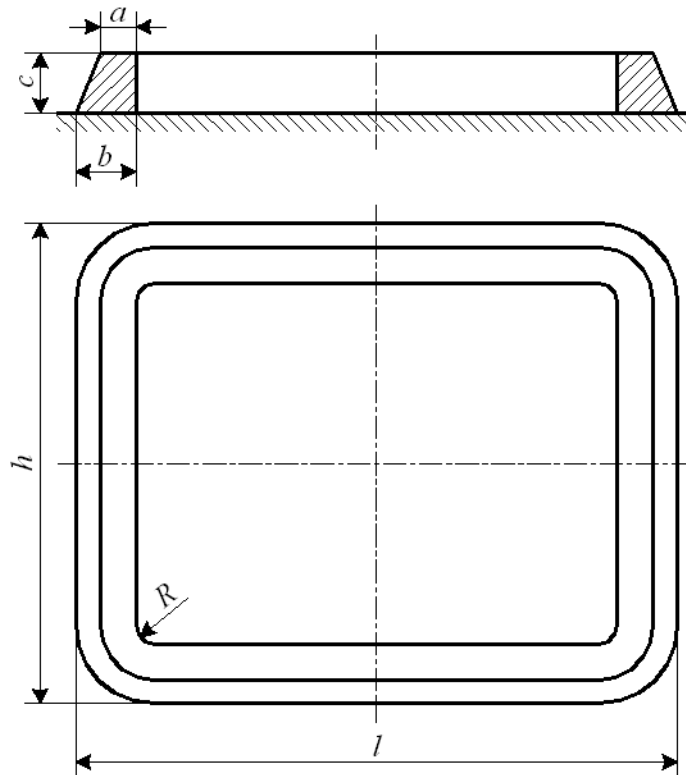


Végeselem analízis 8. gyakorlat
(kidolgozta: Bojtár Gergely, Szüle Veronika)

Feladat: Térbeli (3D) feladat, tározó medence gátja

Adott:

A tározó medence gátjának geometriai méretei:



$$a = 6 \text{ m}$$

$$b = c = 10 \text{ m}$$

$$R = 3 \text{ m}$$

$$l = 100 \text{ m}$$

$$h = 80 \text{ m}$$

A gát anyagjellemzői:

$$E = 3 \cdot 10^4 \text{ MPa}, \nu = 0,2$$

Terhelés:

A medence telítve van iszappal, amelynek sűrűsége $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$.

Két esetet vizsgálunk meg:

1. A gátnak nincs alapja (a gátnak rossz az alapozása), ezért a gát alsó felülete a vízszintes síkban meg tud csúszni.
2. A gátnak van alapja (a gátnak jó az alapozása), ezért a gát alsó felülete a vízszintes síkban nem tud megcsúszni.

Feladat mindkét esetben:

- A gát deformált alakjának kirajzolása, csomóponti elmozdulás értékek leolvasása, maximális elmozdulású csomópont megkeresése.
- Feszültségek szemléltetése ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \sigma_{red}$) szintvonalas, színes ábrákon.
- A maximális redukált feszültség helyének megkeresése, a maximális redukált feszültség leolvasása.

Kidolgozás:

Mechanikai modell

A koordináta-rendszer origóját a medence aljának középpontjába vegyük fel, az xy sík a medence alsó felülete. A feladat térbeli, a gát pontjainak elmozdulását az $\vec{u} = u \cdot \vec{e}_x + v \cdot \vec{e}_y + w \cdot \vec{e}_z$ vektor adja meg.

Az alakváltozási állapot, alakváltozási tenzor:

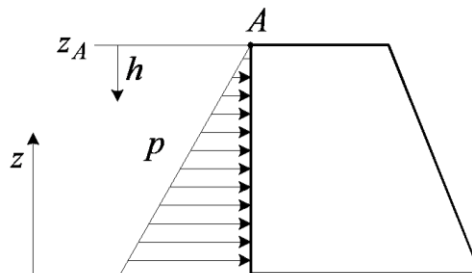
$$[\underline{A}] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{bmatrix}$$

Feszültségi állapot, feszültségi tenzor:

$$[\underline{F}] = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

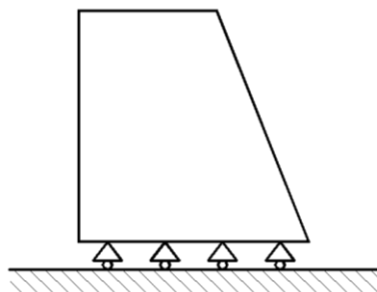
A gátat az iszap súlyából származó hidrosztatikai nyomás terheli:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = \rho \cdot g \cdot (z_A - z)$$

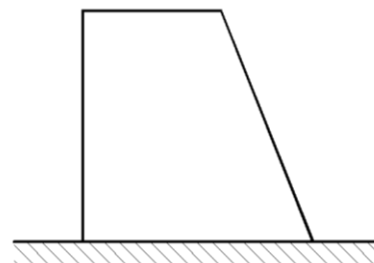


Két megtámasztási esetet vizsgálunk:

1. A gátnak nincs alapja (a gátnak rossz az alapozása), ezért a gát alsó felülete a vízszintes síkban meg tud csúszni.
2. A gátnak van alapja (a gátnak jó az alapozása), ezért a gát alsó felülete a vízszintes síkban nem tud megcsúszni.



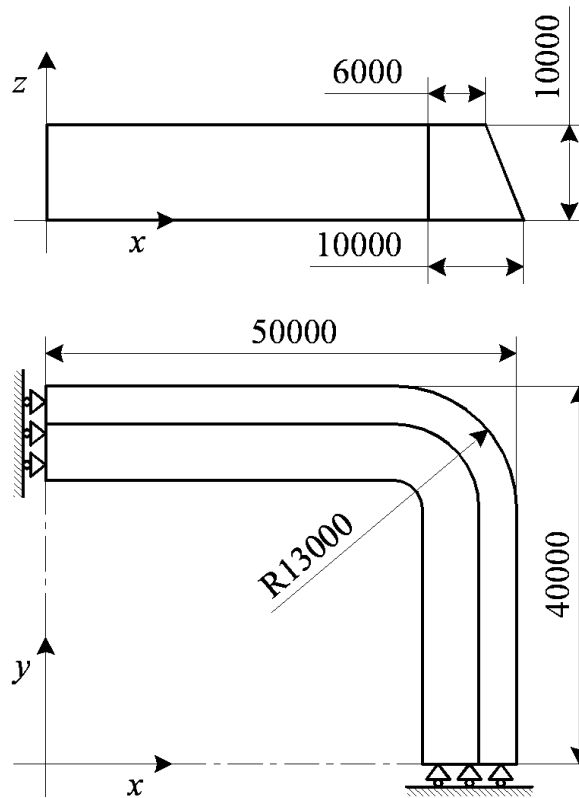
1. eset



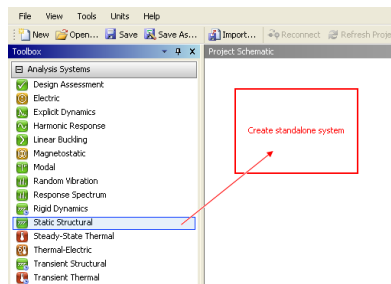
2. eset

Végeselem modell

A gátat osszuk fel másodfokú, 10 csomópontú, tetraéder elemekkel. A hálózásnál alkalmazzunk 800 mm-es átlagos elemméretet. A feladat szimmetriája miatt elegendő a gát negyedét modellezni. A következő ábrán mm-ben látjuk a geometriai méreteket. A szimmetria feltételeket görgős támasszal modellezzük.

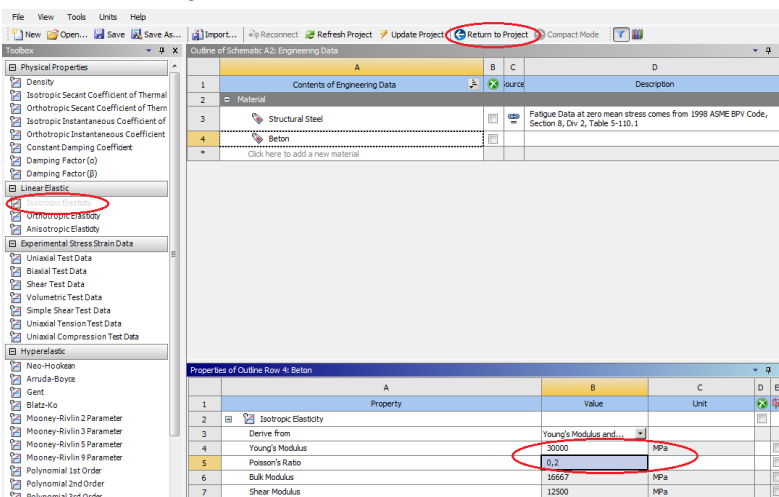


Indítsuk el az **ANSYS Workbench** programot. Húzzuk át az egérrel a **Static Structural** modult a **Project Schematic** ablakba.



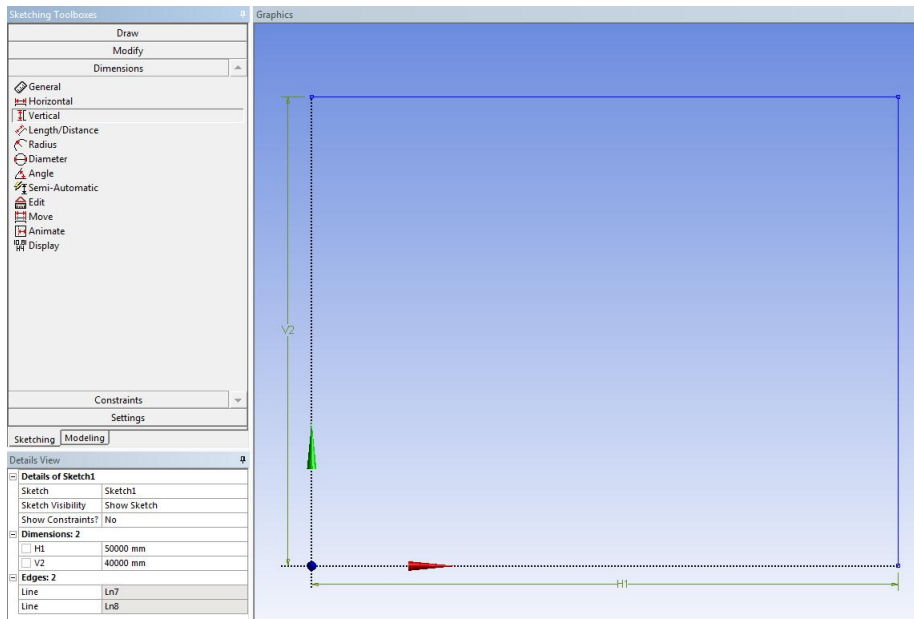
Állítsuk be a mértékegységet: Felső menüsor **Units, Metric (tonne,mm,s,°C,mA,N,mV)**.

A gát anyaga beton. Hozzunk létre egy új anyagot. Kattintsunk kétszer az **Engineering Data**-re. A **Structural Steel** alatt **Click here too add a new material**. Nevezzük el az új anyagot: **Beton**. A baloldali listán a **Linear Elastic**-ből az **Isotropic Elasticity** változatot húzzuk át a **Beton** névre. Az alul megjelenő táblázatba írjuk be a rugalmassági moduluszt és a Poisson-tényezőt. Térjünk vissza a projekt ablakhoz a **Return to Project** ikonnal.

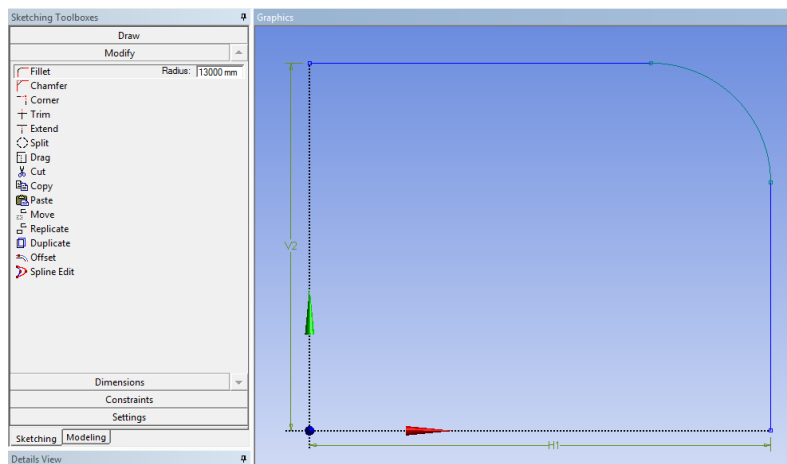


Dupla kattintással a **Geometry** opción indítjuk el a **Design Modeler**-t. A medence geometriáját sörpéssel készítjük el. Megrajzoljuk a gát szelvényét és kihúzzuk azt egy megadott útvonalon.

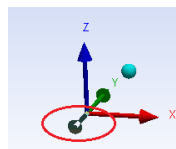
Először rajzoljuk meg a sörpés útvonalát az xy síkra. Jelöljük ki a modellfán az **XYPlane**-t, és **New Sketch**. Rajzoljuk meg a medence körvonalának negyed részét az x és az y tengely pozitív részére. A **Sketching/Draw** fülön lévő **Line** paranccsal húzzunk egy vízszintes és egy függőleges vonalat. A **Dimensions**-ben méretezzük be a függőleges vonal és az y tengely távolságát a **Horizontal**, a vízszintes vonal és az x tengely távolságát a **Vertical** paranccsal. A vonal kijelölésénél a vonal tengelyen lévő végpontjára, vagy a tengelyhez közeli felére kattintsunk. Ha a tengelytől messzebbi felére kattintunk az egyeneseknek, akkor a lekerekítés után ott marad egy geometriai pont a sarokpontban, ami a méretevonalhoz kapcsolódik, és bezavar a sörpés útvonalába. Baloldalt alul állítsuk be a méreteket.



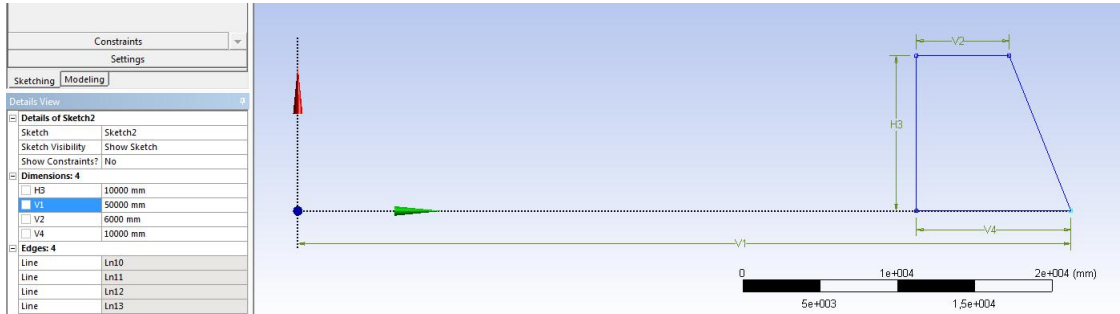
Tegyünk lekerekítést a sarokpontra. A **Modify**-ban a **Fillet** sorában írjuk be, hogy R13000 mm-es lekerekítést szeretnénk, ezután adjuk ki a **Fillet** parancsot, és kattintsunk a függőleges és a vízszintes vonalra. Ezzel elkészítettük a sörpés útvonalát.



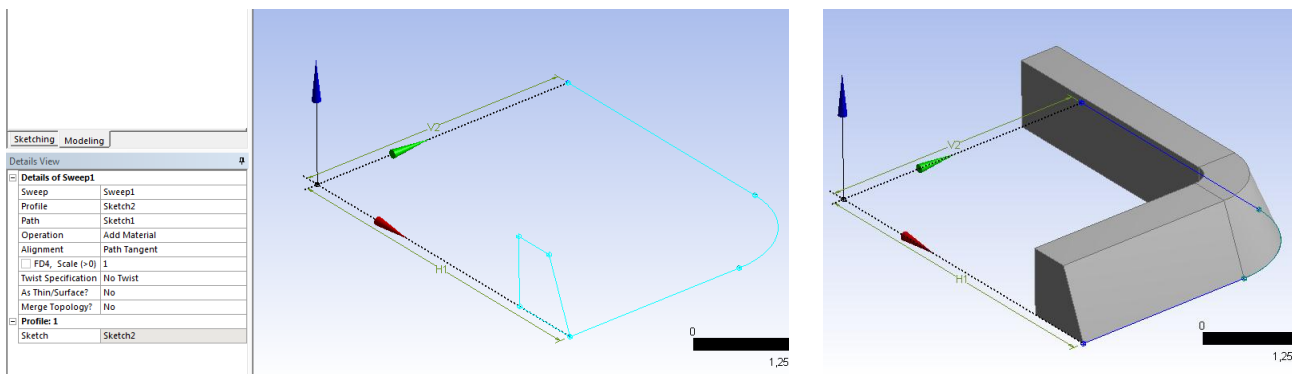
Rajzoljuk meg a medence szelvényét az xz síkra. Váltunk át a **Modeling** fülre. Baloldalt a **Tree Outline** ablakon jelöljük ki az **ZXPlane**-t, majd **New Sketch**. A vázlatot nézzük $-y$ irányból. Jobboldalt alul kattintsunk a kis koordináta-rendszer y tengelyének negatív részére.



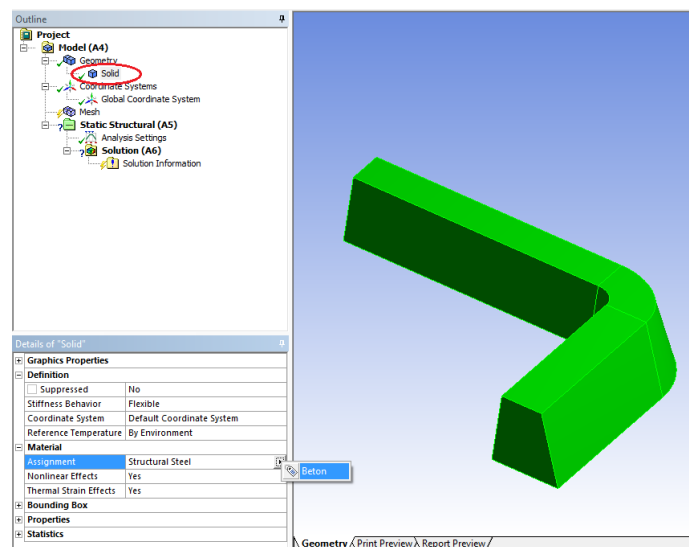
Az alapértelmezett vázlatnézet a +y tengely felől mutatja az xz síkot, és az x tengely a függőleges. Ebben a beállított nézetben az x tengely a vízszintes, emiatt itt a **Horizontal** jelenti a függőlegest, a **Vertical** a vízszintest. A **Sketching/Draw/Polyline** paranccsal rajzoljuk meg a metszetet. Zárt láncot rajzolunk. Az utolsó sarokpont után jobb egér, **Close End**. Ha a gát felső oldala nem párhuzamos az x tengellyel, a bal oldala meg az y tengellyel, akkor ezt állítsuk be a kényszerekben. A **Constraints** fül alatt adjuk ki a **Horizontal**, illetve **Vertical** parancsot, és kattintsunk az adott vonalra. Méretezzük be a **Dimensions**-ben az illusztráció szerint a vázlatot.



Kattintsunk át a **Modeling**-re, forgassuk térbe a geometriát, és adjuk ki a söprés parancsot: **Sweep**. A **Details View**-ban állítsuk be **Profile**-nak a **Sketch2**-t, **Path**-nak a **Sketch1**-et. Térfogatot kapunk, ha az **As Thin/Surface?** kérdésre **No**-t állítunk. A **Generate** után megvan a medence geometriája, zárjuk be a **Design Modeler**-t.

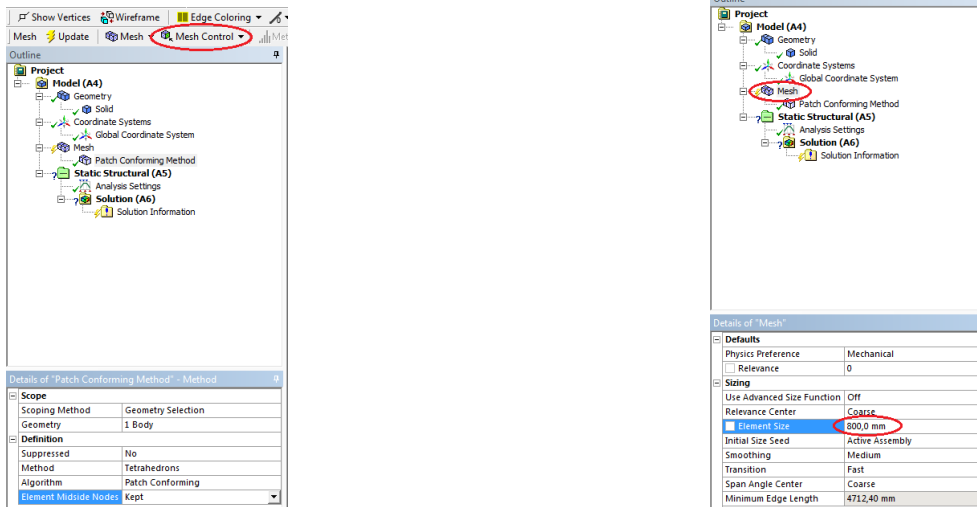


A **Workbench** projektablakon kattintsunk duplán a **Model**-re. A projektfán kattintsunk a **Solid**-ra, és alul a **Material/Assignment** sorban állítsuk át az anyagot **Beton**-ra.

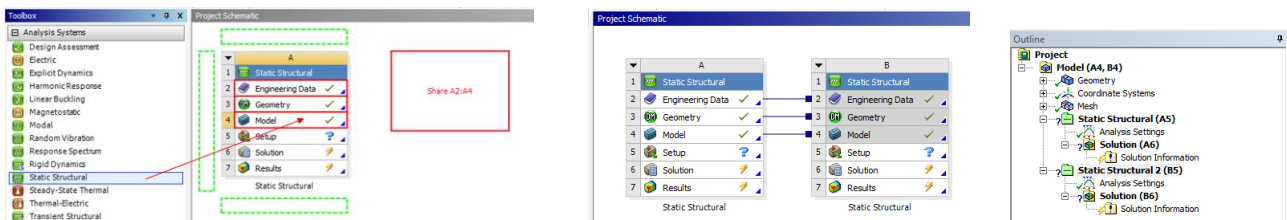


Adjuk meg, hogy 10 csomópontos tetraéder elemekkel hálózson a program. A modellfán a **Mesh**-re kattintva megjelenik a hálózás ikoncsoport. A **Mesh Control**-t lenyitva választjuk a **Method** parancsot. A **Details** ablakban a geometriának adjuk meg a térfogati testet. Felül a **Body** kiválasztás legyen az aktuális. A **Method** legyen **Tetrahedrons**. Az oldalfelező pontokban legyen csomópont:

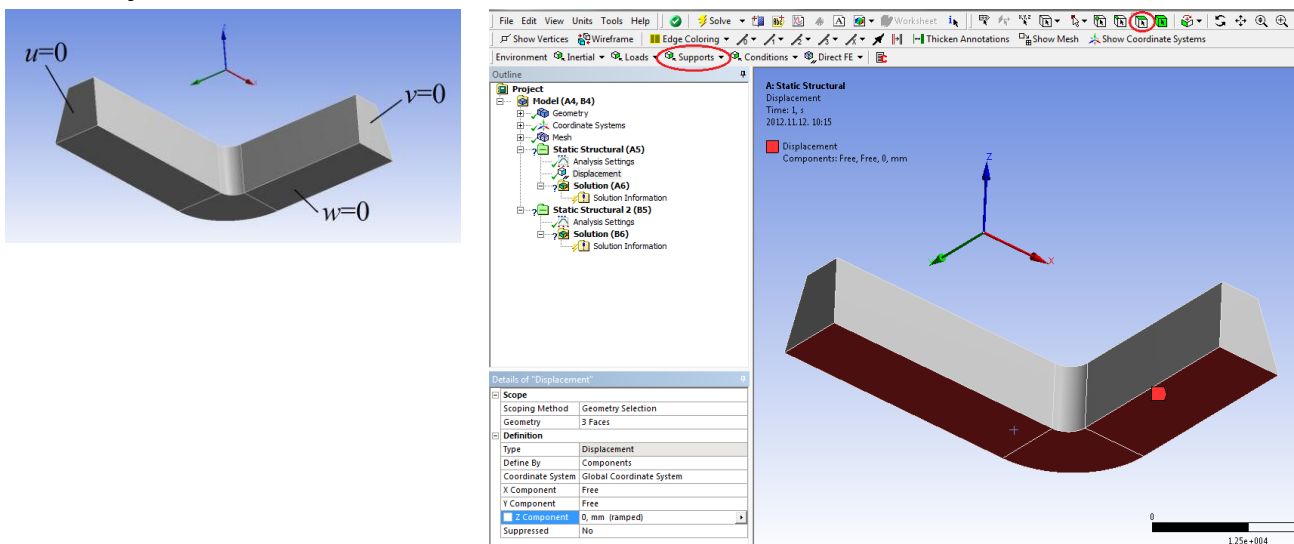
Element Midside Nodes: Kept. Kattintsunk át a modellfán a **Mesh**-re. A **Details** ablak **Sizing/Element Size** sorába írjunk be 800 mm-t. A számítógép elkészíti a hálót, ha kiadjuk a **Mesh/Generate Mesh** parancsot.



Ugyanez a geometria és háló fog tartozni mindkét terhelési esethez. Térjünk át a **Workbench** ablakra, a **Mechanical** modult nem kell bezárni. A **Toolbox**-ból húzzuk át a **Static Structural**-t a már meglévő **A** egység **Model** sorára. A **Mechanical**-ban, a modellfán látjuk, ott van külön az **A** és a **B** esethez a **Static Structural** és a **Solution**.



Az első esetben lévő kinematikai peremfeltételeket mutatja a következő baloldali ábra. A medencét alulról látjuk.



A gátnak rossz az alapozása, a gát alsó felülete a vízszintes síkban meg tud csúszni, x és y irányban szabadon elmozdulhat, csak z irányban van megtámasztva. A **Static Structural (A5)**-öt kijelöljük, és a **Supports** ikon alatt kattintsunk a **Displacement** parancsra. Jelöljük ki geometriának a medence alsó részén lévő 3 db felületet Ctrl+bal egérgombbal, és állítsuk be a jobboldali illusztráció szerint a paramétereiket.

Az egyik szimmetria feltétel, hogy az xz síkon lévő felületet nem mozdulhat el y irányba. Ismét **Displacement**. Válasszuk ki a felületet, és a jobboldali ábra alapján állítsuk be az elmozdulásokat. A másik szimmetria feltétel, hogy az yz síkon lévő felület nem tud elmozdulni x irányba. Ezt mutatja a jobboldali illusztráció.

Details of "Displacement 2"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Displacement
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	Free
Y Component	0, mm (ramped)
Z Component	Free
Suppressed	No

Details of "Displacement 3"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Displacement
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	0, mm (ramped)
Y Component	Free
Z Component	Free
Suppressed	No

A medence belső falát hidrosztatikai nyomás terheli mindkét esetben:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = \rho \cdot g \cdot (z_A - z)$$

Az iszap sűrűsége:

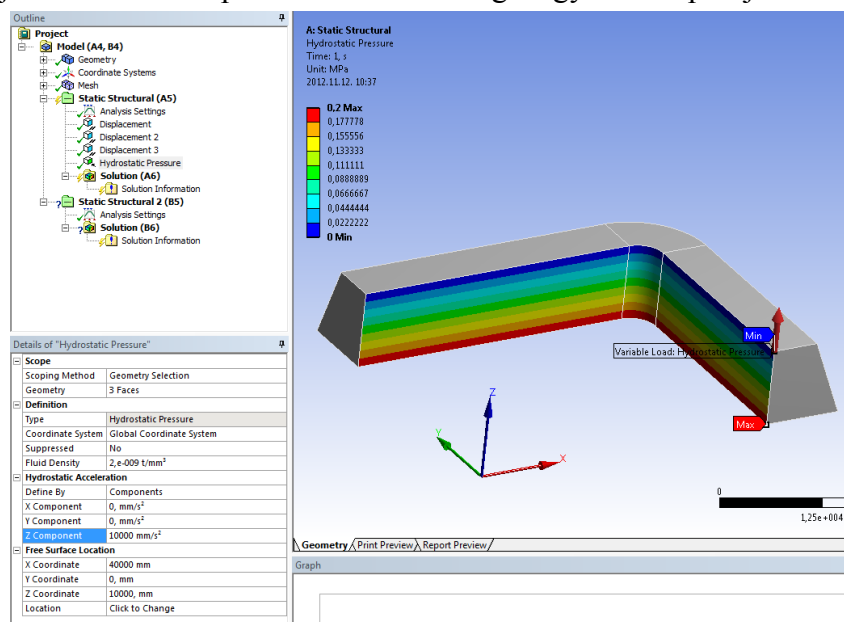
$$\rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{t}}{\text{mm}^3}$$

A hidrosztatikai gyorsulás:

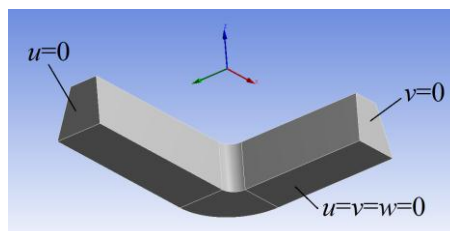
$$g = g_z = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10000 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}$$

Az A pont a gát egyik felső pontja, $z_A = 10000$ mm.

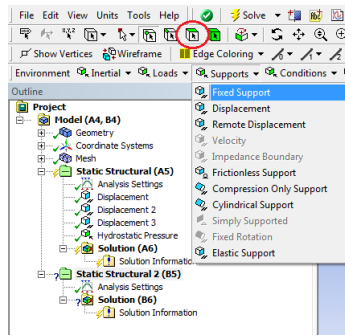
A **Loads** ikont lenyitva válasszuk a **Hydrostatic Pressure**-t. Geometriának állítsuk be baloldalt az alsó ablakban a gát belső 3 felületét. Írjuk be az iszap sűrűségét. A gyorsulást komponensenként adjuk meg. Jelöljük ki 0 szintnek pont kiválasztással a gát egyik felső pontját a **Location** sorban.



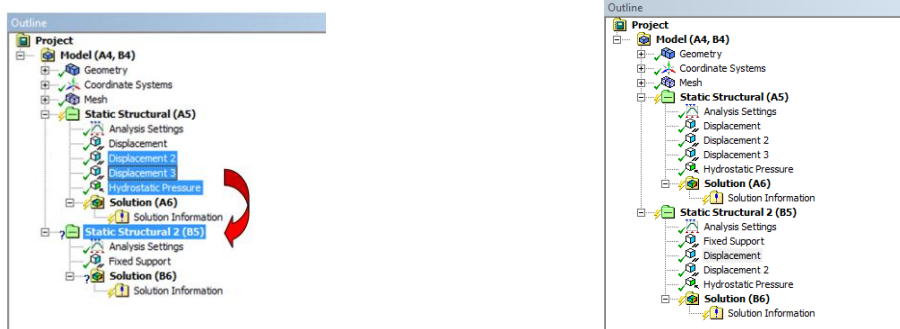
A 2. esetben jó a gát alapozása. A medence alsó felülete fixen meg van fogva – ahogy az ábra mutatja.



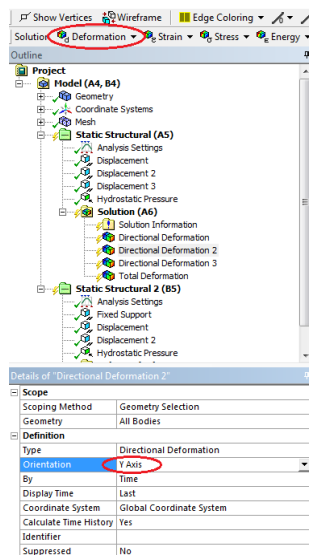
Jelöljük ki a modellfán a **Static Structural 2 (B5)**-öt, és kattintsunk a **Supports** alatt a **Fixed Support** parancsra. Felület kiválasztással jelöljük ki az alsó 3 felületet geometriának a **Details** ablakban.



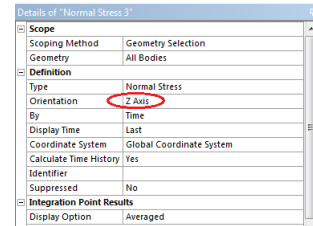
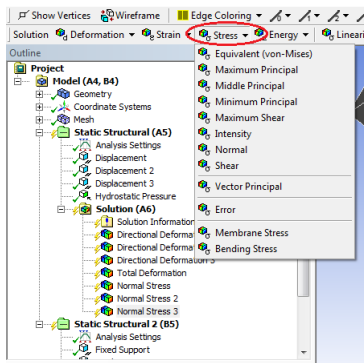
A 2 db szimmetria feltétel és a hidrosztatikai nyomás megegyezik a két esetben. Másoljuk át ezeket a 2. esetre. Jelöljük ki a 3 peremfeltételt a projekt fában, és a bal egérgombot nyomva tartva húzzuk át a **Static Structural 2 (B5)**-re.



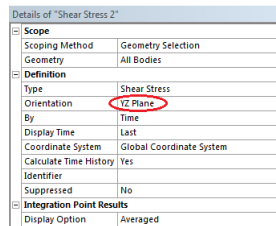
Beállítottuk a kinematikai és dinamikai peremfeltételeket mindkét esetben. Adjuk meg, hogy miket szeretnénk meghatározni. Nézzük az x , y , z irányú elmozdulásmezőt, és az eredőt. Kattintsunk a **Solution (A6)**-ra. A **Deformation** ikonra lenyitva válasszuk 3-szor a **Directional Deformation**-t, és egyszer a **Total Deformation**-t. Az első **Directional Deformation**-nél legyen a **Definition/Orientation X Axis**, a másodiknál **Y**, a harmadiknál **Z**. Az y irányú beállítást mutatja az ábra.



Határozzuk meg a 6 feszültségi koordinátát. A **Stress** ikon alatt válasszuk 3-szor a **Normal**-t (σ_x , σ_y , σ_z). A modellfa alatti ablakban állítsuk be az orientációt. Az illusztráción a σ_z beállítása látható.

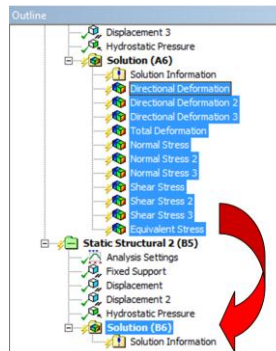


A csúsztatófeszültségeket is számoljuk ki (τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{xz}). A **Stress**-t lenyitva kattintsunk 3-szor a **Shear**-re, és alul állítsuk be az orientációt. A τ_{yz} beállítását mutatja a következő kép.



A Mises-féle redukált feszültséget is határozzuk meg: **Stress/Equivalent (von-Mises)**.

A 2. esetben is ezeket a szeretnénk meghatározni. Nem kell újra beállítani, hanem átmásoljuk hasonlóképpen, mint a peremfeltételeknél. A **Solution (A6)**-ban jelöljük ki a 11 db meghatározandó eredményt, és a bal egérgombot nyomva tartva húzzuk le a **Solution (B6)**-ra.



Külön oldjuk meg a két esetre a feladatot. Jelöljük ki a modelfán a **Static Structural (A5)**-öt, és **Solve**. Miután lefutott a számítás, a **Static Structural 2 (B5)**-öt kijelölve futtassunk.

