

Végeselem analízis 2. gyakorlat
(kidolgozta: Aczél Ákos egyetemi tanársegéd, Bojtár Gergely egyetemi tanársegéd)

Feladat: Síkbeli törtvonalú tartó térbeli terheléssel

Adott

A szerkezet geometriai méretei:

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$h = 40 \text{ mm}$$

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$b = 15 \text{ mm}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

Az anyag:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,3$$

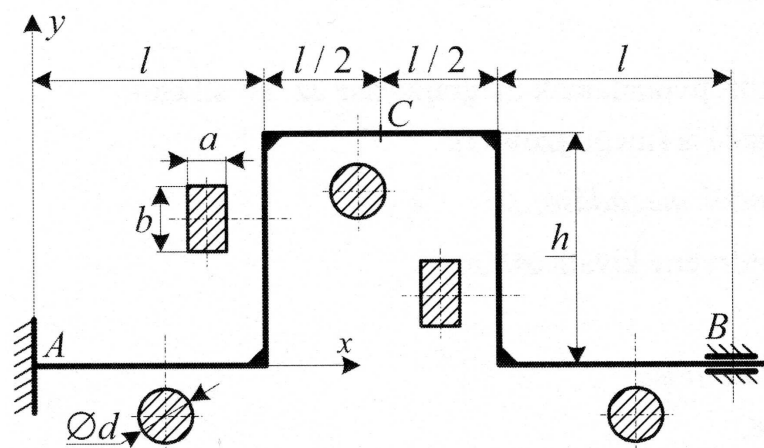
Kettő terhelési esetet definiálunk. Mindkét esetben az erő támadáspontja a C keresztmetszet.

Első terhelési eset:

$$\vec{F}_1 = (1500\vec{e}_y - 10000\vec{e}_z) \text{ N}$$

Második terhelési eset:

$$\vec{F}_2 = (-9000\vec{e}_y) \text{ N}$$



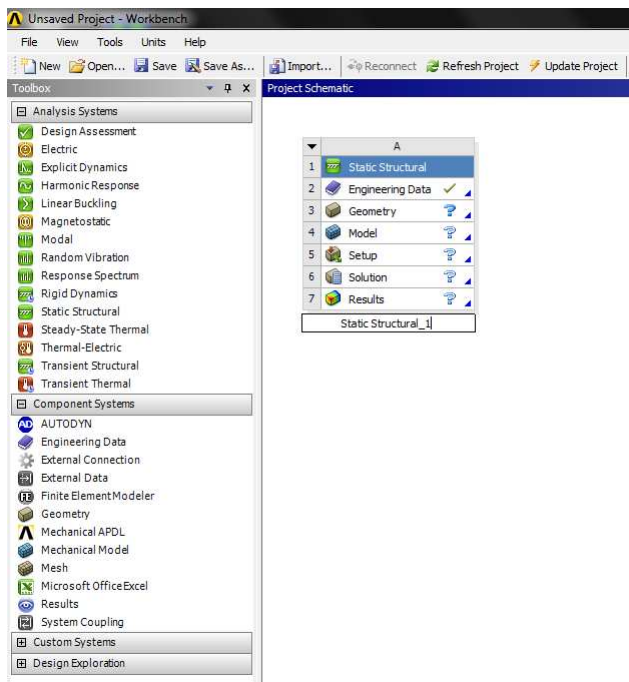
Feladat

- A tartó alakváltozása, a rudak középvezetéseinek elmozdulásai,
- támasztóerők,
- a rudak igénybevételei.

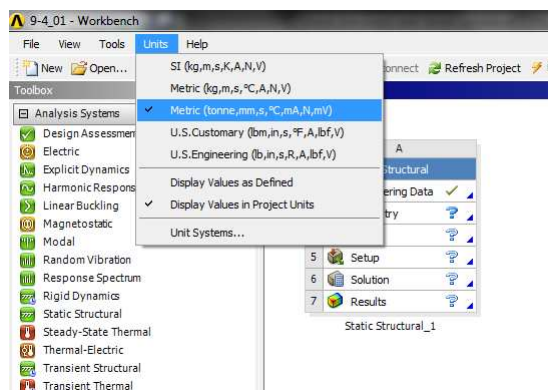
Lépések

Indítsuk el az **ANSYS Workbench 14.0-t**.
Húzzuk át az egérrel a **Static Structural** modult, nevezzük el **Static Structural_1**-nek.
Ez tartozik az 1. terhelési esethez.
Mindkét terhelési esethez ugyanazt a hálózott modellt fogjuk használni, a hálózás után hozzuk majd létre a **Static Structural_2**-t.

Illusztrációk



Állítsuk be a mértékegységet.



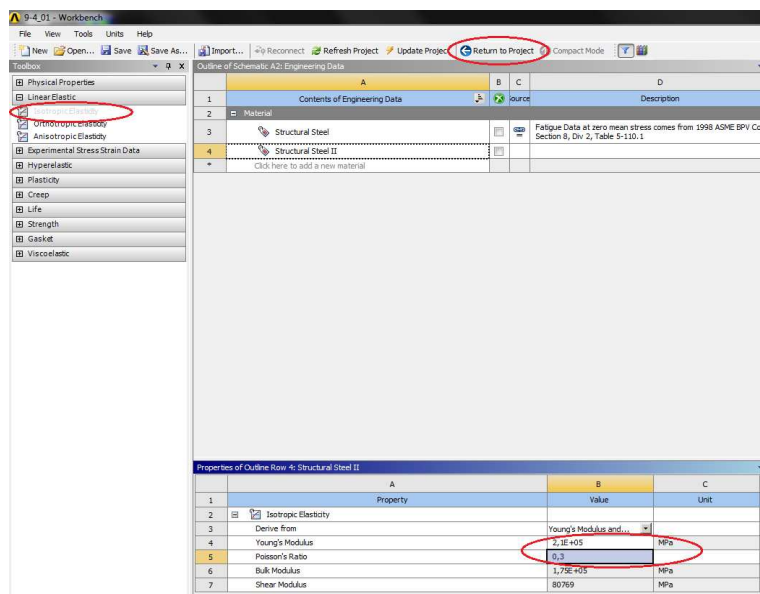
Az **Engineering Data**-re dupla kattintás, majd a **Structural Steel** alatt **Click here too add a new material**. Nevezzük el az új anyagot **Structural Steel II**-nek.

A baloldali listán a **Linear Elastic**-ből az **Isotropic Elasticity** változatot húzzuk rá a **Structural Steel II** névre.

Az alul megjelenő táblázatba írjuk be a rugalmassági modulust és a Poisson-tényezőt.

Figyeljünk a mértékegységekre!

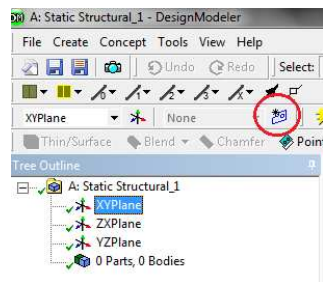
Térjünk vissza a projekt-ablakhoz a **Return to Project** ikonnal fent a toolbar-on.



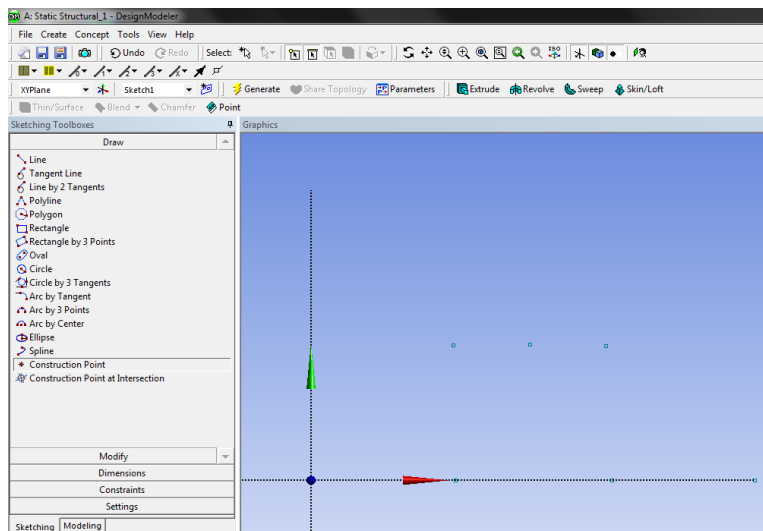
Lépések

Dupla kattintással a **Geometry** opción indítsuk el a **Design Modeler**-t.
A feljövő ablakban válasszuk a millimétert hosszegységnek.
Az xy síkon hozzunk létre egy vázlatot.
Bal egérrel az **XYPlane**-re kattintás, majd **New Sketch**.

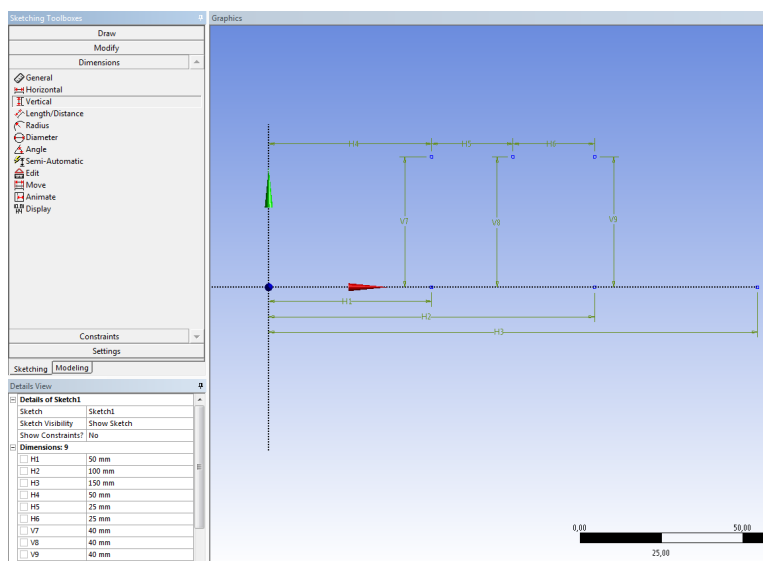
Illusztrációk



A rúdszakaszokat a középvonalukkal adjuk meg. Az egyeneseket a végpontjaikkal definiáljuk. A középső vízszintes vonalat 2 szakaszban rajzoljuk meg, hogy az erők támadáspontja is meg legyen határozva. 7 pontot kell felvennünk a **Sketching** fül alatt a **Draw** eszköztár **Construction Point** paranccsal. 4 pont az x tengelyen van. Ha nem kattintottunk rá a tengelyre, akkor a **Constraints** eszköztárban a **Coincident** paranccsal a pont és az egyenes megjelölésével áthelyezhetők a pontok a tengelyre.



A tényleges geometriai viszonyokat a méretek megadásával állíthatjuk be a **Dimensions** eszköztár **Horizontal** és **Vertical** változatával. A méret beállítása három bal egérekattintásból áll: Az első kettővel megjelöljük kérdéses objektumokat, a harmadik kattintást ott nyomjuk, ahol a méret megjelenítését szeretnénk. A **Move** paranccsal a méretszámra kattintva el lehet tolni a méretvonalat. A méreteket a bal alsó táblázatba írjuk be.

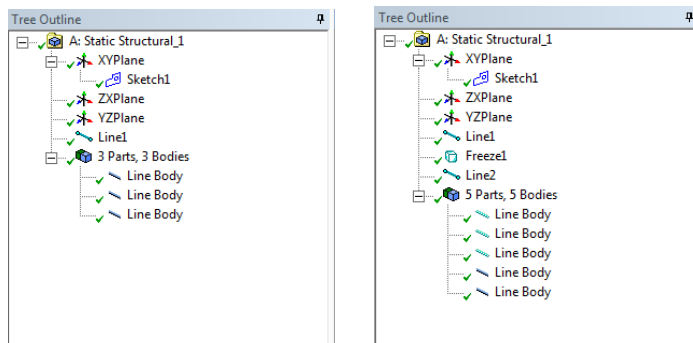


A **Modeling** fülre kattintva látjuk, hogy elkészült a **Sketch1**. Ez még nem egy test, csak egy kiterjedés és anyag nélküli rajz (skicc). **Line Body**-kat fogunk létrehozni.

Lépések

A felső sorban a **Concept** alól legördülő menüből a **Lines from Points**-t választjuk. Külön vonalként kezeljük a vízszintes és a függőleges vonalakat, mert más a keresztmetszetük. Először a vízszintes vonalakat definiáljuk. Kijelöljük a pontpárokat Ctrl segítségével, aztán küldünk egy **Genetate**-et. A projekt fában a **Line1**-et kijelölve a **Tools** menü legfelső parancsával, a **Freeze**-zel ezt a három vonalat lefagyasztjuk. Ha ezt nem tesszük meg, akkor a megszakítás nélküli vonalat egy **Line Body**-nak veszi a program. Ezután foglalkozunk a függőleges vonalakkal. Eredményül 2 vonalat és 5 **Line Body**-t kapunk.

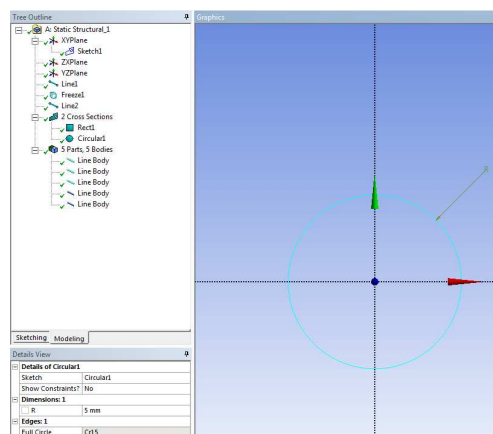
Illusztrációk



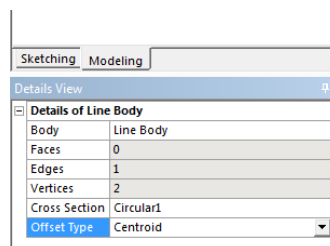
Még nem rendeltünk a szerkezethez anyagot. Ezt csak a hálózásnál tudjuk megtenni. Ha elmulasztjuk, akkor az ANSYS az eredeti szerkezeti acél anyagot feltételezi, és nem fog figyelmeztetni.

Időnként nyomunk egy **Genetate**-et, hogy a változások a program minden részében aktualizálódjanak.

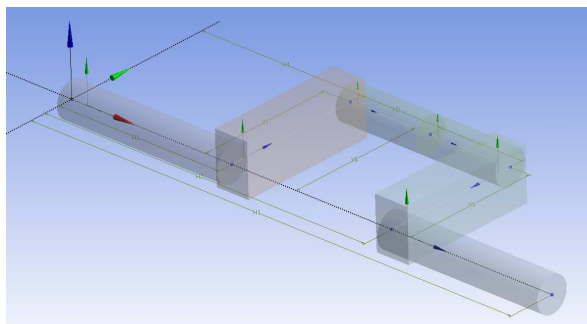
A tartó két keresztmetszetét definiálnunk kell. Ezt a **Concept** fül alól legördülő menü **Cross Section** ablakában lévő **Rectangular**, illetve **Circular** utasítással tehetjük meg. A méretek átírása után elkészül a téglalap (**Rect1**) és a kör (**Circular1**) keresztmetszet. Az adattáblában a kör sugarát kell megadni, és nem az átmérőjét ($R=5$ mm)!



A rudakhoz a keresztmetszetet hozzá kell rendelni. Válasszuk ki a modellfán a 3 vízszintes vonalat a Shift segítségével, és rendeljük hozzá baloldalt alul a **Circular1**-et. A keresztmetszet a középpont szerint helyezük el (**Centroid**). Ezt egyszerre csak egy **Line Body**-n tudjuk elvégezni.



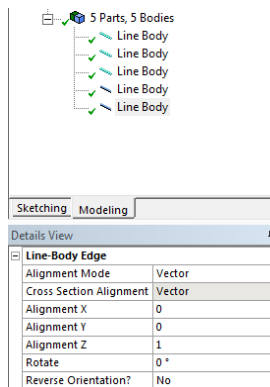
A **View** menüben kapcsoljuk be a **Cross Section Solids**-ot, hogy lássuk a rudak keresztmetszetét, illetve azok helyzetét. A függőleges vonalakhoz a **Rectangle1** keresztmetszet adjuk hozzá. Itt is úgy állítuk be, hogy a keresztmetszet középpontja legyen rajta a vonalon. A **Generate** után láthatjuk a keresztmetszet helyzetét.



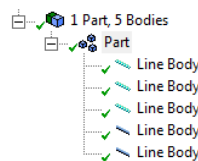
Lépések

A projektfában a két utolsó **Line Body** előtt sárga pipa jelzi, hogy a keresztmetszet irányításáról még nem nyilatkoztunk. Az egyes rudakra kattintva a modellen beállíthatjuk a keresztmetszet helyzetét. A modellfa alatt az **Alignment Mode**-ot **Vector**-ra állítjuk, és beírjuk az irányítást koordinátánként. Ebben az esetben nem kell változtatni, de előfordulhat, hogy az x és a z koordináta felcserélésével jutunk a megfelelő irányításhoz.

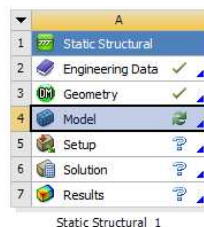
Illusztrációk



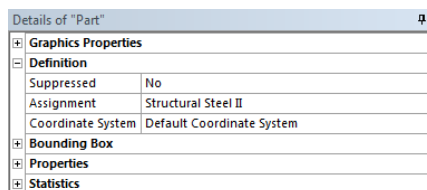
Az 5 **Line Body**-t össze kell kapcsolni. Ehhez kijelöljük valamennyi testet a projektfán, és jobbklikk után megjelenik egy menü, melyben a **Form New Part**-ot választjuk. A projektfán egy alkatrész lesz, ami 5 testből áll.



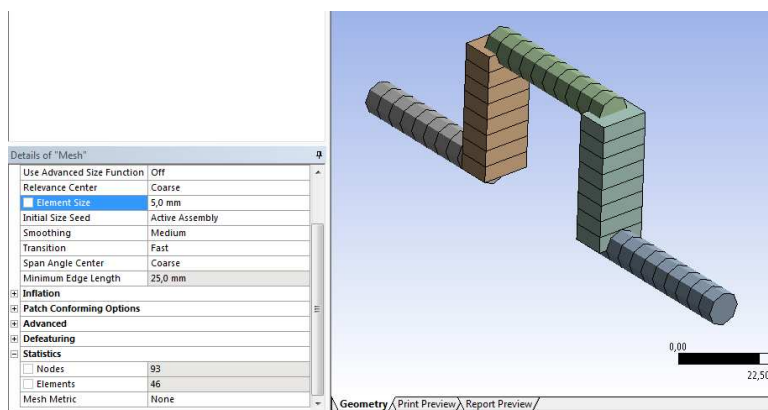
Generate és **mentés** után bezárjuk a **Design Modeler**-t, visszatérünk a projektablakhoz. Áttérünk a modellkészítésre: duplakattintás a **Model**-re.



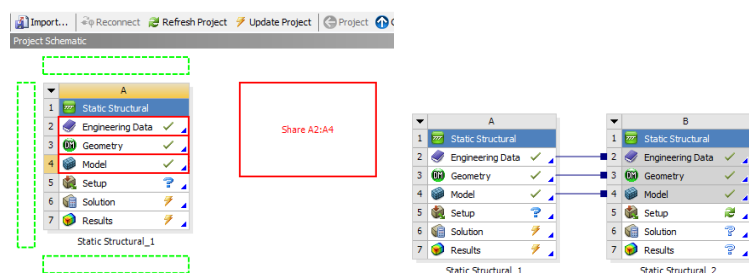
A modellhez anyagot rendelünk: A projektfán belül a **Geometry, Part**-ra kattintva alul megjelenik a **Details** ablak, ahol a **Definition/Assignment**-nél tudjuk a **Structural II**-t hozzárendelni.

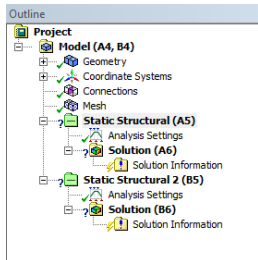
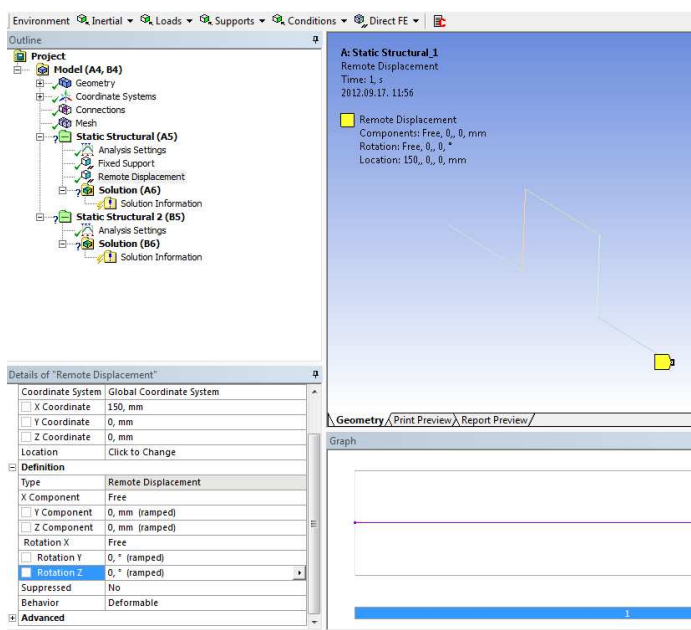
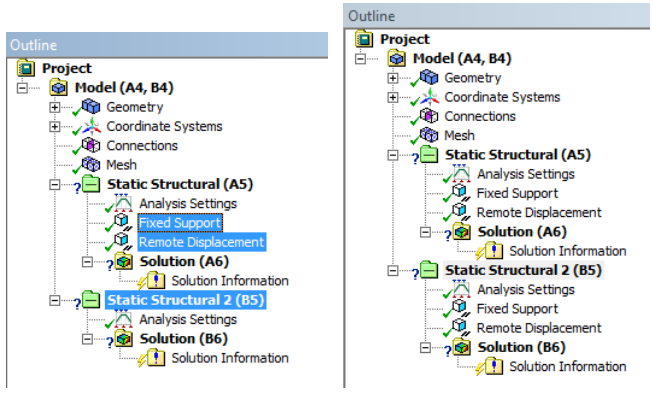


A modellfán kattintsunk a **Mesh**-re. Alul a **Sizing**-ot lenyitva állítsuk be az **Element Size**-ot 5 mm-re. 3 csomópontos rúdelemekkel hálózunk. Kiadjuk a **Mesh, Generate Mesh** parancsot. A bal alsó táblázatban a **Statics**-ot lenyitva látjuk, hogy 46 elem és 93 csomópontunk van. Mentjük el és zárjuk be a modellezés ablakot.



A 2. terhelési esethez is ez a hálózott modell tartozzon. Baloldaltól a **Static Structural**-t bal egérrel húzzuk rá a meglévő **Model** sorra. Bekeretezi az első 2., 3., 4. sort, és kiírja, hogy **Share A2:A4**. Engedjük el az egérgombot, és létrejön egy **B** egység. Alul nevezzük el **Static Structural_2**-nek. A 2., 3., 4. sorok össze lesznek kötve.

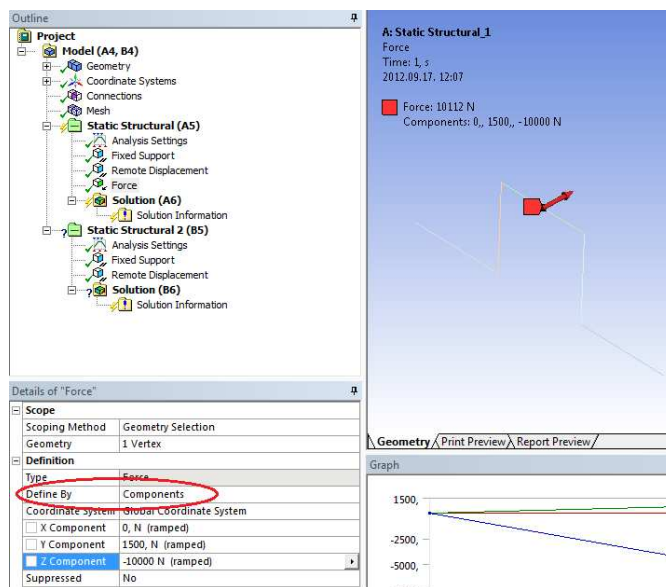


Lépések	Illusztrációk
<p>Kattintsunk az A5 Setup sorra kétszer. A projektfán látjuk, hogy a Model (A4)-hez és a Model (B4)-hez is hozzátartozik a meglévő geometria és a háló, valamint a Static Structural (A5) és (B5).</p>	
<p>A kinematikai és dinamikai peremfeltételek megadását a modellfa Static Structural-jében tehetjük meg.</p> <p>A megfogás mindkét terhelési esetben ugyanaz. Definiáljuk a Static Structural (A5)-höz a megfogásokat. A tartó baloldala teljesen meg van fogva, be van falazva. Az (A5) sort jelöljük ki, majd jobb egérgomb, Insert/Fixed Support. Adjuk hozzá a bal végpontot, majd Apply alul.</p> <p>A tartó jobboldali vége csúszkában van. Ezt a Remote Displacement-tel tudjuk beállítani. Az x irányú elmozdulás és az x tengelyű elfordulás marad szabad, a többi 0. Ez látható az illusztráción.</p>	
<p>Jelöljük ki a megfogásokat, és a bal egérgombot nyomva tartva húzzuk a Static Structural (B5) sorra. Így hozzárendeltük a 2. terhelési esethez is ezeket.</p>	

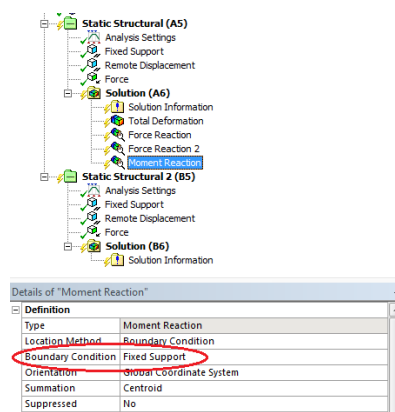
Lépések

A terheléseket külön kell mindkét esetben definiálni a **Force** paranccsal. Geometriai pontnak a felső vízszintes vonal közepét jelöljük ki. Alul állítsuk be, hogy komponensenként adjuk meg az erőt (**Define By Components**), és írjuk be a skaláris koordinátákat. Az első terhelési eset beállítását látjuk jobboldalon. A második terhelési esethez tartozó erőt a **Static Structural 2 (B5)**-höz kapcsoljuk.

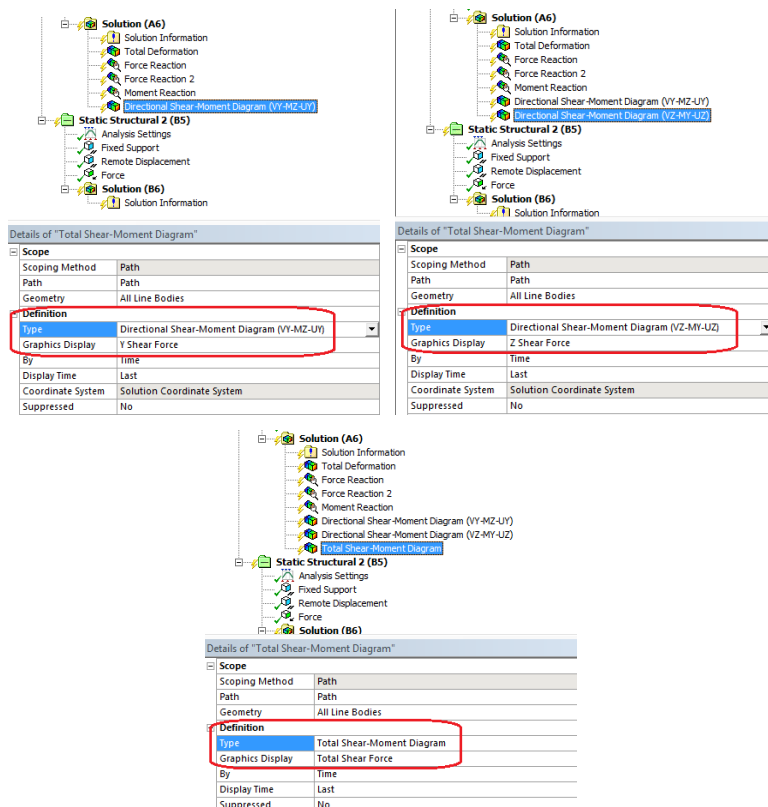
Illusztrációk

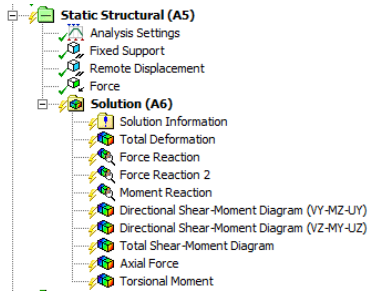
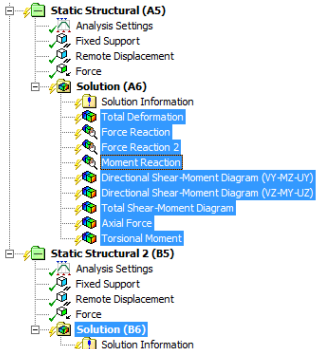
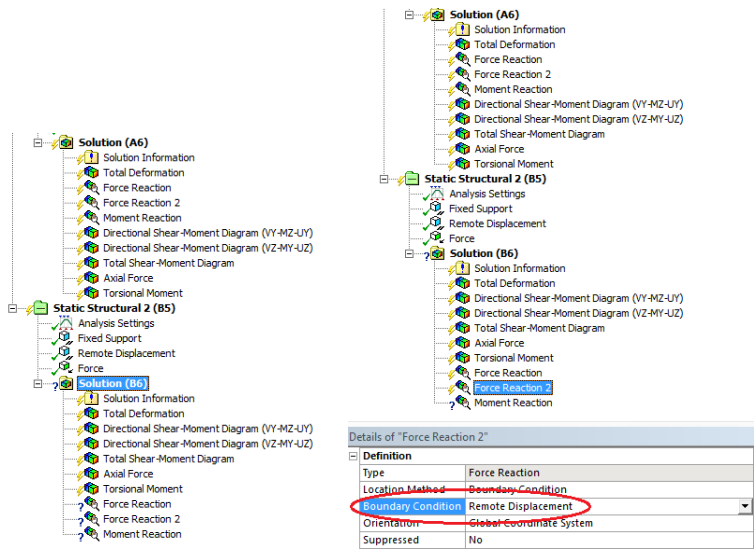


A kiszámítandó feladatokat a **Solution (A6)** sorban adjuk meg, majd azokat lemásoljuk a **(B6)** sorba. A **Solution (A6)**-ot kiválasztva jobb egér, és illesszük be **Total deformation**-t. A **Probe**-on belül a **Force Reaction**-t kétszer kell betenni. Az egyiknél a baloldali befalazást (**Fixed Support**), a másiknál a jobboldali (**Remote Displacement**)-et kell hozzárendelni a **Boundary Condition** sorában alul. A **Moment Reaction** csak a befalazásnál lesz. Ennek a beállítását láthatjuk az illusztráción.



Nyíróerő és hajlítónyomatéki ábrát úgy rajzoltatunk, hogy először kijelöljük a rudakat a Ctrl segítségével, majd beszurunk egy **Beam Result/Shear-Moment Diagram**-ot. Nézzük meg az y és a z irányú diagramokat, és az eredőt is. Ezt alul a **Type** és a **Graphics Display** mellett tudjuk beállítani. Törtvonalú tartónál a diagramokat kiterítve rajzolja meg a rúd középvonala mentén.



Lépések	Illusztrációk														
<p>A normálerő és a csavarónyomaték nagyságát színes ábrán tudjuk megnézni a modell elemein. A Solution (A6) sorába beillesztjük az Axial Force-ot és Torsional Moment-et.</p>															
<p>Ugyanezeket szeretnénk kiszámolni a 2. terhelési esetben. A Solution (A6) alatt lévő feladatokat jelöljük ki, és a bal egérgombot nyomvatartva húzzuk le a Solution (B6)-ba.</p>															
<p>Látjuk, hogy a 2. terhelési eseténél kérdőjelek jelennek meg a reakcióerőknél és a reakciónyomatéknál. Itt is be kell állítani alul az adott peremfeltételeket (Boundary Condition).</p>	 <table border="1" data-bbox="1085 1332 1500 1467"> <thead> <tr> <th colspan="2">Details of "Force Reaction 2"</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Definition</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type</td> <td>Force Reaction</td> </tr> <tr> <td>Location Method</td> <td>Boundary Condition</td> </tr> <tr> <td>Boundary Condition</td> <td>Remote Displacement</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>Global Coordinate System</td> </tr> <tr> <td>Suppressed</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Details of "Force Reaction 2"		Definition		Type	Force Reaction	Location Method	Boundary Condition	Boundary Condition	Remote Displacement	Orientation	Global Coordinate System	Suppressed	No
Details of "Force Reaction 2"															
Definition															
Type	Force Reaction														
Location Method	Boundary Condition														
Boundary Condition	Remote Displacement														
Orientation	Global Coordinate System														
Suppressed	No														
<p>Külön oldjuk meg a feladatot a 2 terhelési eseténél. Jelöljük ki a modellfán először a Static Structural (A5)-öt, majd adjuk ki a Solve parancsot. Miután lefutott a számítás, tegyük meg ezt a Static Structural 2 (B5)-nél is.</p>															