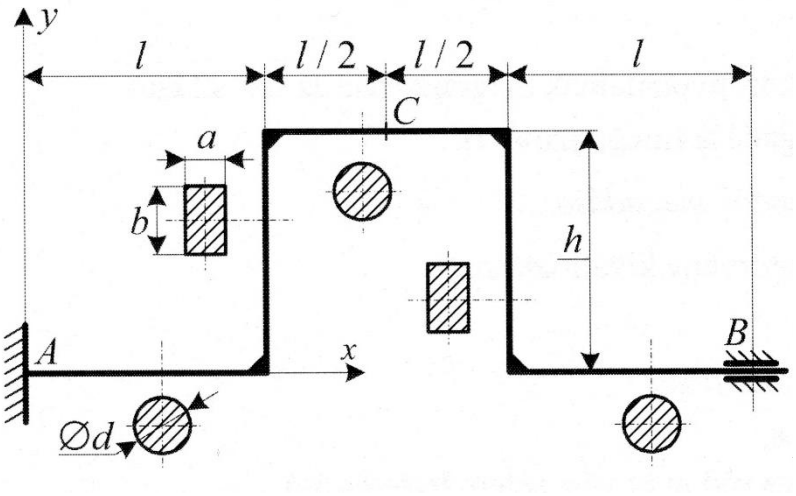
SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

ALKALMAZOTT MECHANIKA TANSZÉK

Végeselem módszer 4. gyakorlat
Síkbeli törtvonlaú tartó térbeli terheléssel



Adott:

A szerkezet geometriai méretei:

$l = 50$ mm

$h = 40$ mm

$a = 10$ mm

$b = 15$ mm

$d = 10$ mm

Anyag: $E = 2 \cdot 10^5$ MPa

$\nu = 0,3$

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

Első terhelési eset:

$$\vec{F}_1 = \left(150\vec{e}_y - 1000\vec{e}_z\right)\text{N}$$

Második terhelési eset:

$$\vec{F}_2 = \left(-900\vec{e}_y\right)\text{N}$$

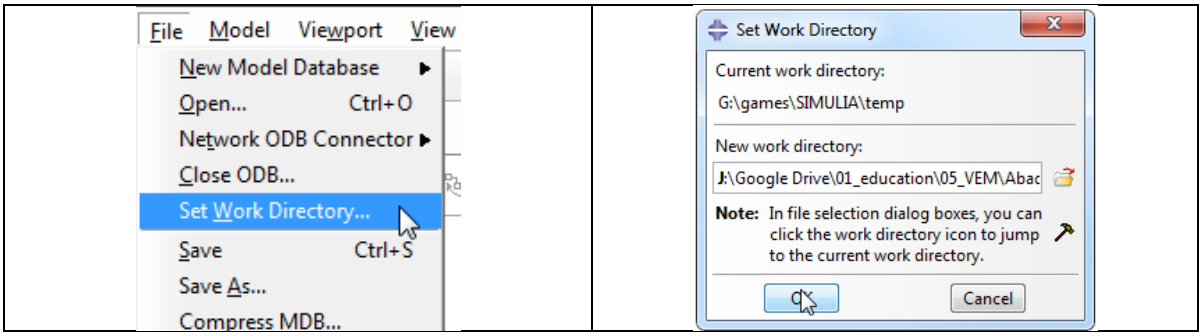
Terhelési esetek: 1. koncentrált erő
2. koncentrált erő

Végeselem modell/háló: húzott-nyomott, hajlított-nyírt elsőrendű rúdelem.
Elemméret 5 mm.

Szemléltetés:

- A szerkezet deformáció utáni alakjának kirajzoltatása.
- A csomóponti elmozdulások értékeinek kiíratása.
- A legnagyobb elmozdulás helyének megkeresése és elmozdulás értékének kiíratása.
- Az igénybevételi ábrák megrajzolása.
- A veszélyes keresztmetszet megkeresése.

Indítsuk el az Abaqus CAE programot. Adjuk meg a munkakönyvtárat a **File ► Set Work Directory…** paranccsal. A megjelenő ablakban a New work directory alá írjuk/másoljuk be a munkakönyvtárunk helyét, vagy válasszuk ki a A select… ikonnal. Ezután OK-zuk le az ablakot.

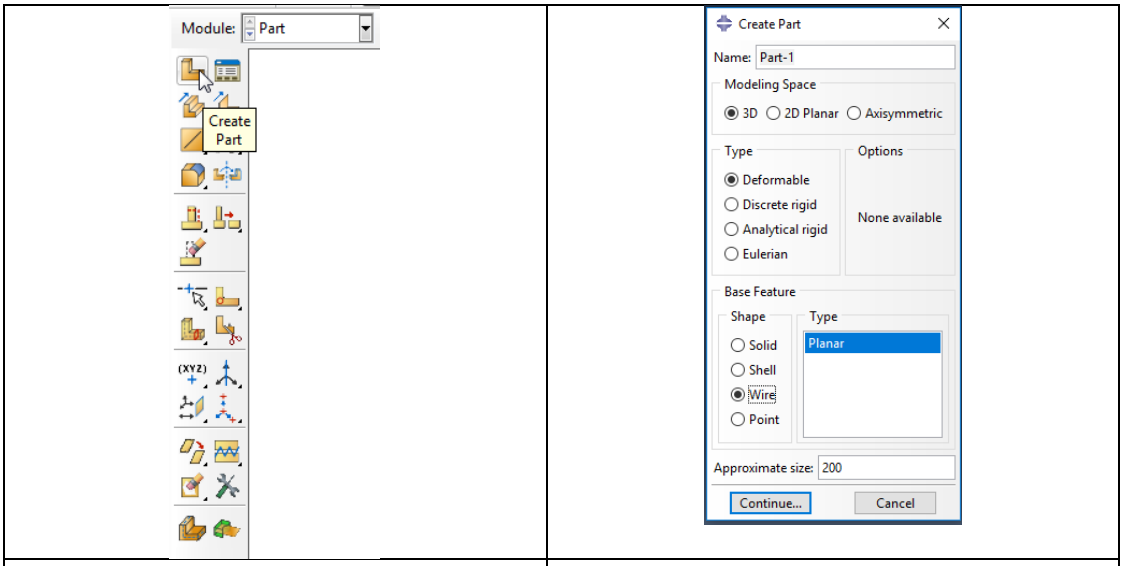


A MODULE | PART geometria megrajzolása

A program megnyitása után alapértelmezésként a Part Modulban vagyunk. Ez a Modul szolgál a geometria létrehozására. Ehhez az alábbi lépéseket kövessük:

1. Az eszköztárból kattintsunk a **Create Part** ikonra. Az ennek hatására megjelenő Create Part ablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
    - A Name után írjuk be az alkatrészünk nevét.
    - A Modeling Space alatt válasszuk ki, hogy síkbeli, azaz **3D** geometriát szeretnénk rajzolni.
    - A Type alatt hagyjuk az alapértelmezett kijelölést a **Deformable** előtt, mivel alakváltozásra képes geometriát szeretnénk.
    - A Base Feature alatt válasszuk a **Wire**-t, mivel a rudakat vonalakkal fogjuk definiálni.
    - Az Approximate size-ot, tehát a modellünk méretét itt is beállíthatnánk, de erre majd később visszatérünk a segédrács beállításánál, most hagyjuk az alapértelmezett 200-on.

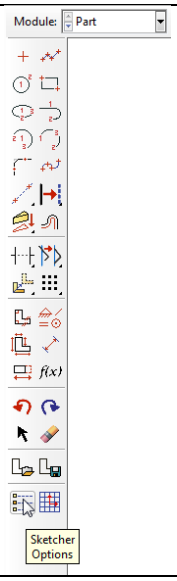
   A fenti beállítások elvégzése után kattintsunk lent a **Continue…** gombra.



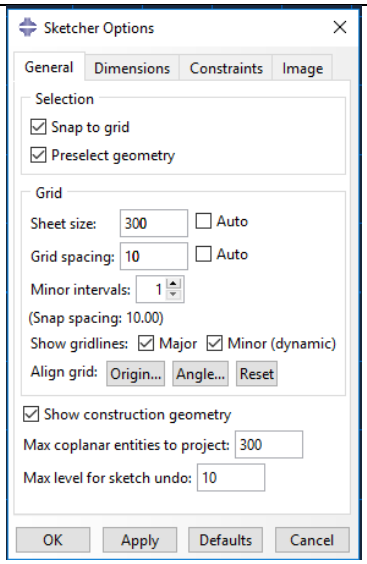
A1.1 A1.2

2. A **Continue…** gombra kattintás után azt tapasztaljuk, hogy a Part modul eszköztára megváltozott, a rajzolást segítő parancsok jelentek meg. Azt is megfigyelhetjük, hogy a program a rajzoláshoz az XY síkot ajánlja fel, és ebben a síkban automatikusan elhelyez egy rajzolást segítő kék segédrácsot (Grid-et). A geometria megrajzolása előtt – különösen egyszerűbb geometriánál – célszerű ezen segédrács méreteit a rajzolandó geometria méreteinek megfelelően beállítani, így egyszerűen meg tudjuk rajzolni a geometriát és megúszhatjuk annak beméretezését is. A segédrács beállításához kattintsunk az eszköztár **Sketcher Options** ikonjára. Az ekkor megjelenő Sketcher Options párbeszédablaknak a General fülének a Grid mezőjében végezzük el az alábbi beállításokat:
    - A munkaterület mérete legyen 300 mm, ehhez a Sheet size sorában az Auto elől vegyük ki a pipát, és írjunk be **300**-et.
    - A rácstávolságot vegyük 10 mm-re. Ehhez a Grid spacing sorában vegyük ki a pipát az Auto elől és írjunk be **10**-at.
    - A geometria megrajzolásához elég felhasználni a rácspontokat, további belső segédpontokra nincs szükségünk, ezért a Minor intervals-t állítsuk **1**-re.

    A fenti beállítások elvégzése után kattintsunk lent az **OK** gombra.



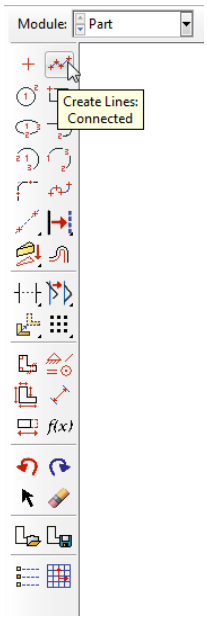
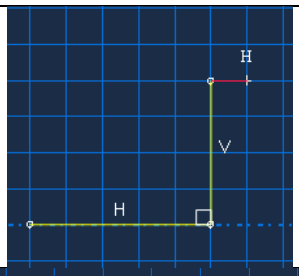
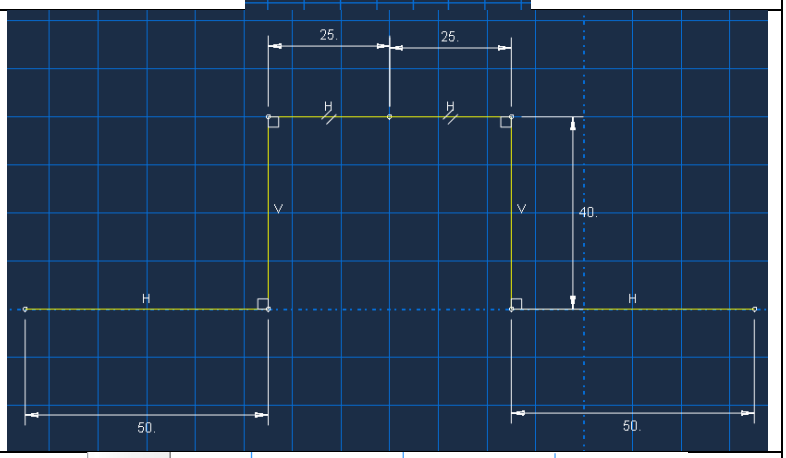
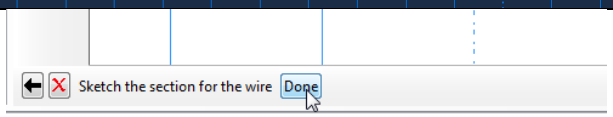
A2.1



A2.2

3. A geometria megrajzolásához válasszuk az eszköztárból a **Create Lines: Connected** parancsot. Ezután a segédrács segítségével rajzoljuk meg a törtvonalú tartót 6 db vonallal.
    - Ha végeztünk a geometria megrajzolásával nyomjuk meg az Esc billentyűt.
    - Ha valaminek nem jó a méret, méretezzük be az Add Dimension paranccsal.

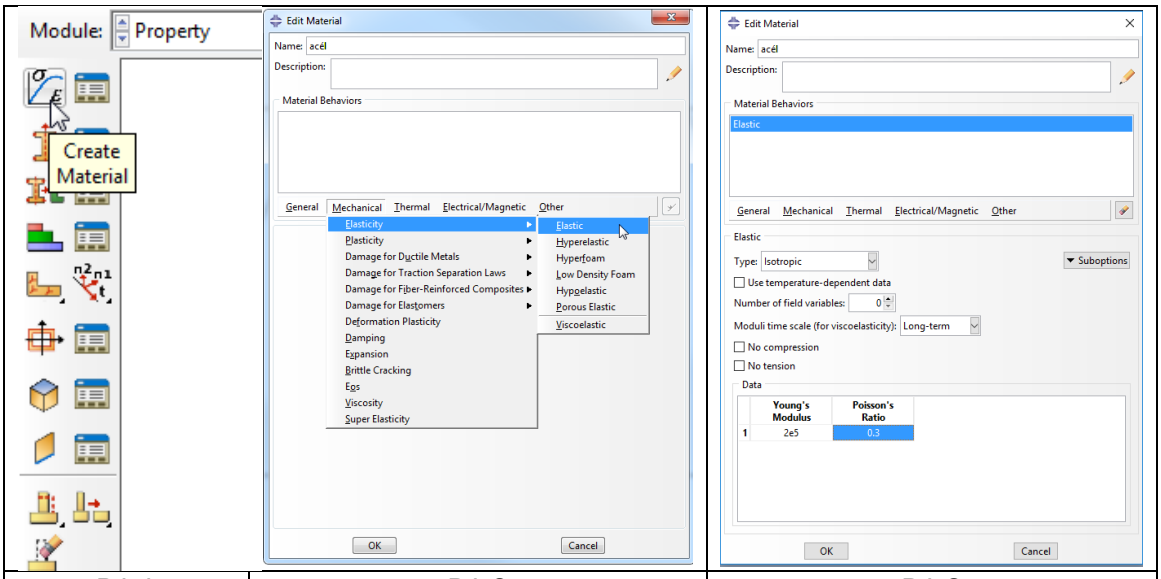
    Ahhoz, hogy a vázlatból vonalakból álló alkatrész legyen, a lenti *beviteli mező*ben kattintsunk a Sketch the section for the wire melletti **Done** gombra (vagy nyomjuk meg a középső egérgombot) Ennek hatására elkészül a Part-unk, és visszaáll a Part Modul alap eszköztára.

<table>
<tr><td rowspan="2"> 
</td><td>A3.2</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>A3.4</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>A3.1</td><td>A3.5</td><td> 
</td></tr>
</table>

B	MODULE | PROPERTY	tulajdonságok megadása

Válasszuk ki fent a Property modult. Itt tudjuk megadni az anyagjellemzőket, illetve rúd esetén a keresztmetszeti jellemzőket. Ehhez az alábbi 3 lépésen kell végmenni:

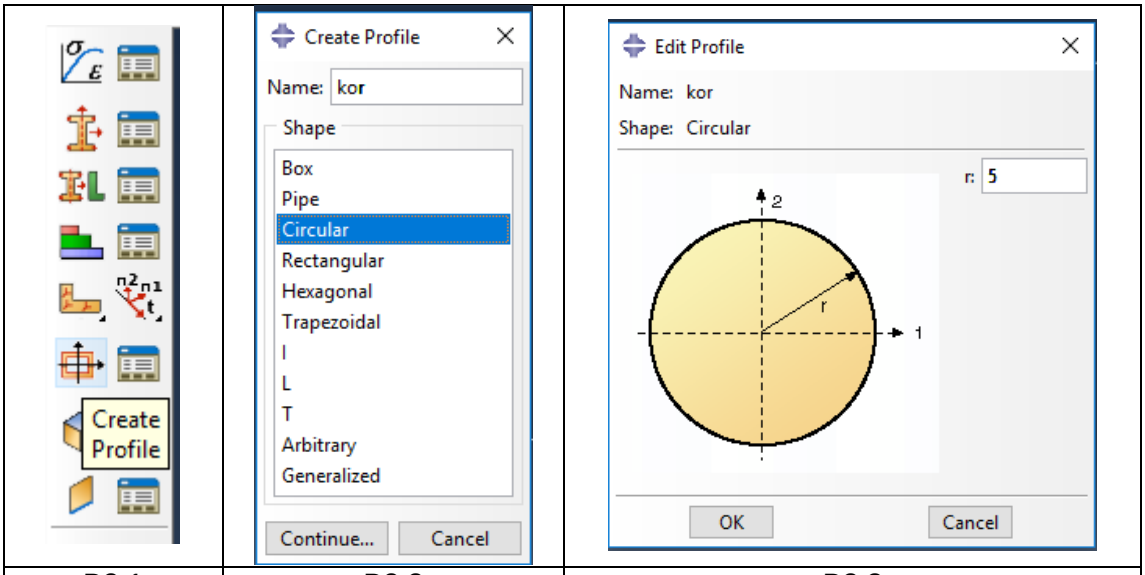
1. <u>Anyag definiálása</u>: Első lépésként egy anyagot kell definiálnunk. Ehhez a Property modul eszköztárából kattintsunk a **Create Material** ikonra. A megjelenő Edit Material ablakban végezzük el a következő beállításokat:
    - Nevezzük el az anyagot: a Name: után írjuk be, hogy acél
    - A lineárisan rugalmas anyagjellemzők megadásához a Material Behaviors mezőben adjuk ki a **Mechanical ► Elasticity ► Elastic** parancsot
    - Az ekkor megjelenő Elastic mezőben az alábbi beállításokat végezzük el:
        - A **Type** mellett hagyjuk az alapértelmezett **Isotropic**-ot (az anyagtulajdonságok irányfüggetlenek)
        - A lenti Data táblázatban a Young's Modulus alá írjuk be a rugalmassági tényezőt, azaz **2e5** (MPa) –t, a Poisson's Ratio alá pedig a Poisson tényezőt, azaz **0.3**-at.



B1.1	B1.2	B1.3

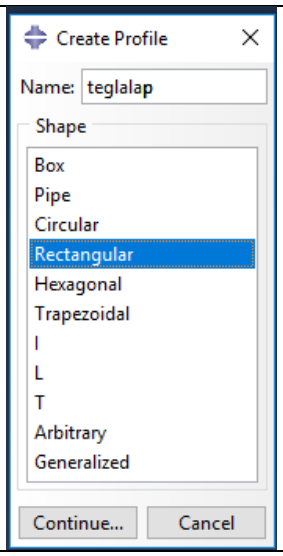
2. <u>Keresztmetszet profiljának definiálása</u>: A Property Modul eszköztárából kattintsunk a **Create Profile** ikonra. Az ekkor megjelenő Create Prolife ablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
   - Nevezzük el a keresztmetszetet: A Name: után írjuk be, hogy **kor** illetve **teglalap**.
   - A Shape alatt válasszuk ki a **Circular** –t illetve a **Recatngular**-t .

   Ezután kattintsunk a **Continue**… gombra. Az ekkor megjelenő Edit Profile ablakban adjuk meg a kör sugarát **5**-öt illetve a tégalalap **a=10, b=15** méreteket. Ezután kattintsunk az **OK** gombra.

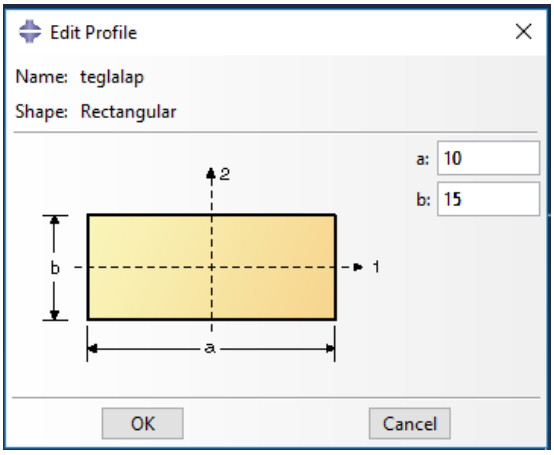


B2.1	B2.2	B2.3

B2.4



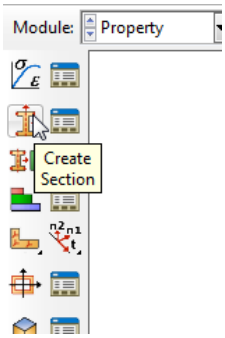
B2.5



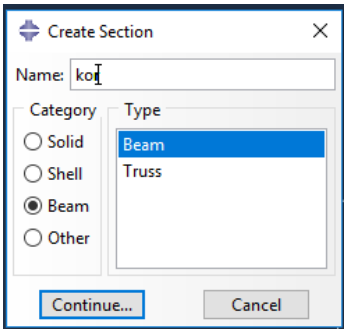
B2.6

3. <u>Keresztmetszet definiálása</u>: A Property Modul eszköztárából kattintsunk a **Create Section** ikonra. Az ekkor megjelenő Create Section ablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
   - A Name-hez írjuk be a Section nevét **kor** illetve **teglalap**.
   - A Category alatt válasszuk ki a **Beam** –t (rúd)
   - A Type alatt válasszuk a **Beam** –t

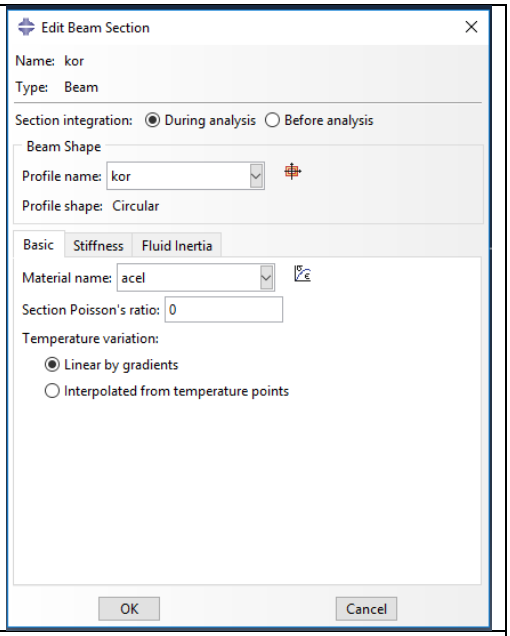
   Ezután kattintsunk a **Continue**… gombra. Az ekkor megjelenő Edit Section ablakban a Material mellett megjelent az előző pontban definiált acél (többféle anyag esetén itt választhatnánk ki a kívánt anyagot), illetve a Profile name mellett pedig a korábban megadott szelvények. Itt válasszuk ki először a **kor** szelvényt majd következő lépésben a **teglalap** szelvényt. Ezután kattintsunk az **OK** gombra.



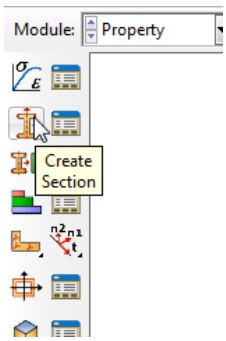
B3.1



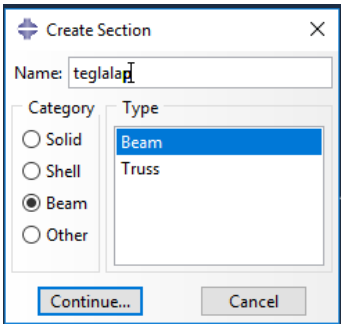
B3.2



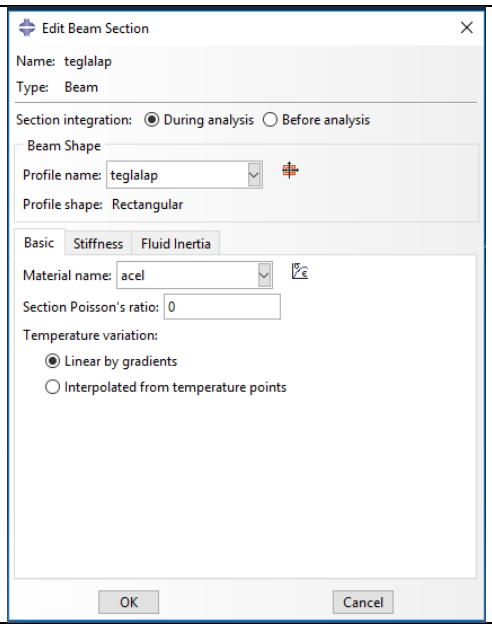
B3.3



B3.4

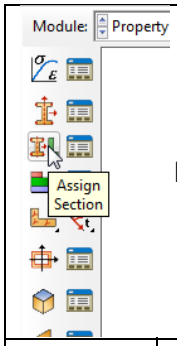


B3.5



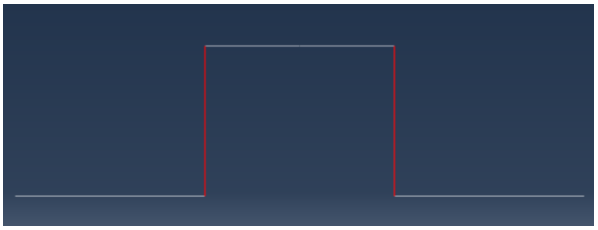
B3.6

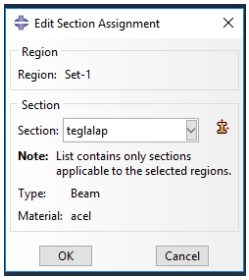
4. <u>Keresztmetszet rudakhoz rendelése</u>: A kersztmetszethez már hozzárendeltük az anyagot, így most már csak az előző pontban definiált keresztmetszeteket kell hozzárendelni a rudakhoz. Ehhez kattintsunk a Property modul eszköztárából az **Assign Section** ikonra. Ezután jelöljük ki a két függőleges rudat, majd a lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done** gombra. Ekkor megjelenik az Edit Section Assignement ablak, ahol válasszuk ki a **teglalap** section-t, majd **OK**. Ezután ugyan ezzel a paranccsal jelöljük ki a három vízszintes rudat és rendeljük hozzá a **kor** section-t.



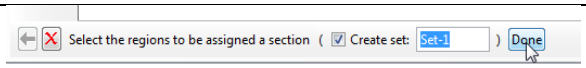
B4.1

B4.2

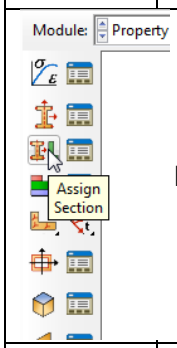




B4.3

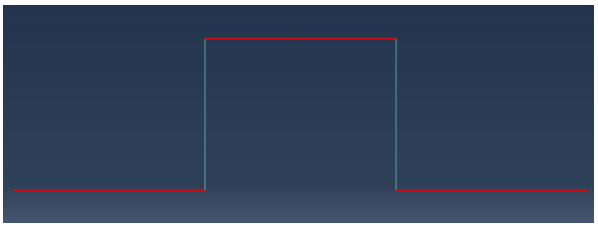


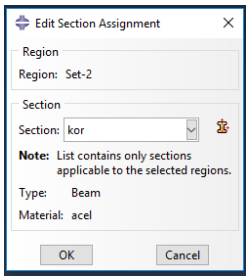
B4.4



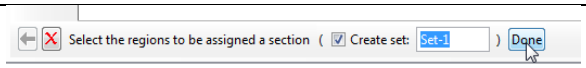
B4.5

B4.6



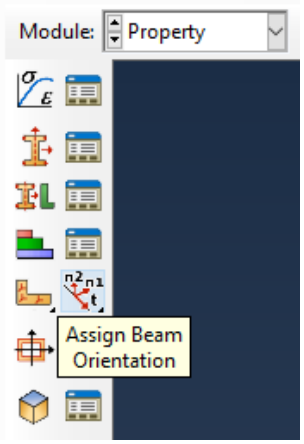
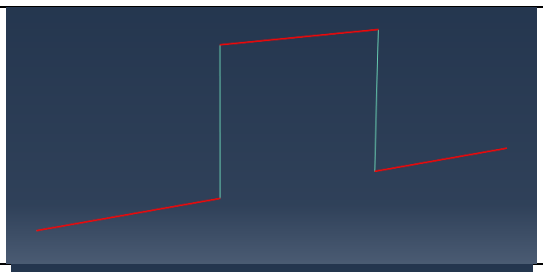
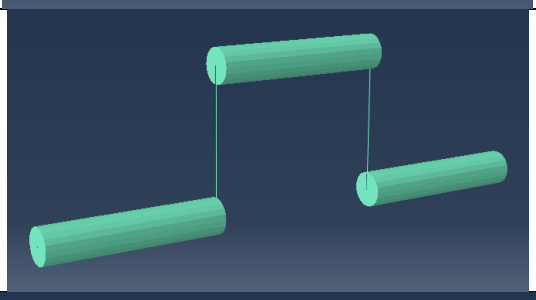
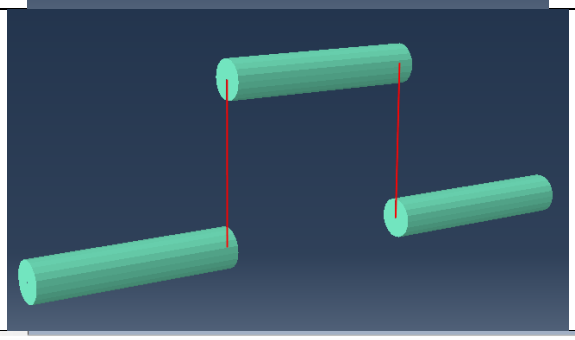
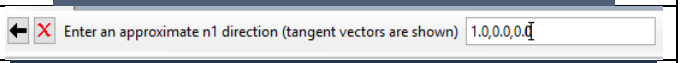
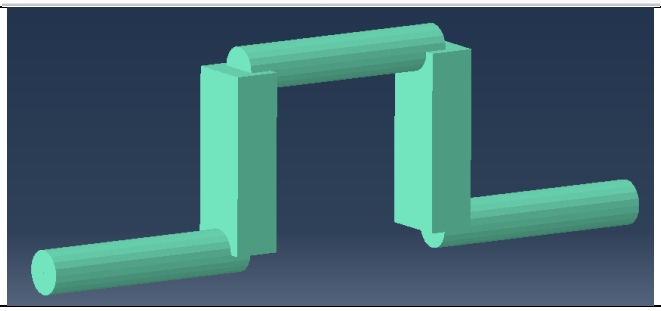


B4.7



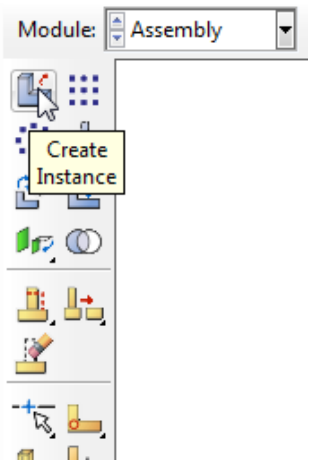
B4.8

5. <u>Keresztmetszet orientációjának megadása</u>: Végül adjuk meg a keresztmetszet profiljának orientációját az **Assign Beam Orientation** paranccsal. Ezután jelöljük ki vízszintes rudakat, majd a lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done** gombra. Ekkor megjelenik az orientációt jelölő nyilak az ábrán látható módon, kattintsunk a középső gombbal. Majd még kétszer fogadjuk el a beviteli mezőben megjelenő adatokat a középső gombbal. Ezután újra kattintsunk a **Assign Beam Orientation** parancsra**,** majd jelöljük ki a két függőleges rudat. Ezután fogadjuk el a kijelölést és a lenti beviteli mezőben adjuk meg a keresztmetszet 1-es irányegység vektorának három koordinátáját **(1,0,0)** értékkel. Ezután kattintsuk kétszer a középső gombbal.
A **View ► Part Display Options…** menüben a **Render Beam Profiles** opciót kapcsoljuk be így látjuk a tartóhoz rendelt I szelvényt.

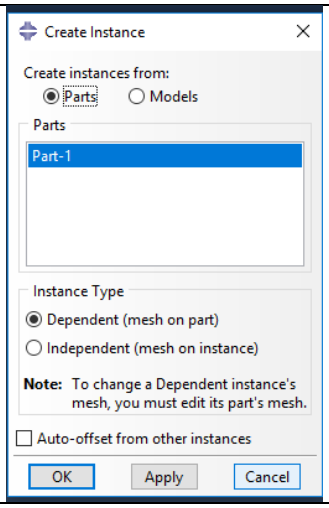
<table>
<tr><td rowspan="3"> 
</td><td>A5.2</td><td>  </td></tr>
<tr><td>A5.3</td><td>  </td></tr>
<tr><td>A5.4</td><td>  </td></tr>
<tr><td>A5.1</td><td>A5.5</td><td> 
</td></tr>
<tr><td></td><td>A5.6</td><td>  </td></tr>
</table>

C MODULE | ASSEMBLY összeállítás

Ennek a lépésnek több alkatrészből álló szerkezetek esetében van igazán jelentősége, mivel itt tudjuk létrehozni az összeállítást. Jelenleg csak egy alkatrészünk van, ennek ellenére nem hagyható ki a lépés, készítenünk kell egy egy alkatrészből álló összeállítást. Ehhez kattintsunk az Assembly modul **Create Instance** ikonjára, majd a megjelenő ablakot **OK**-zuk le.



C1

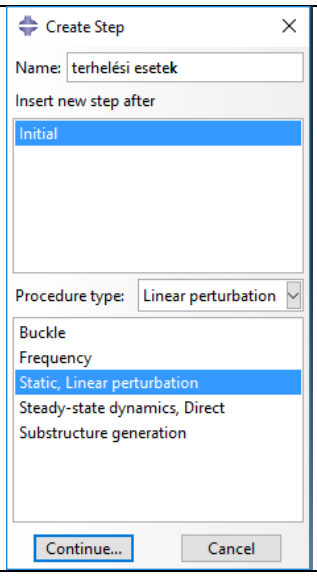


C2

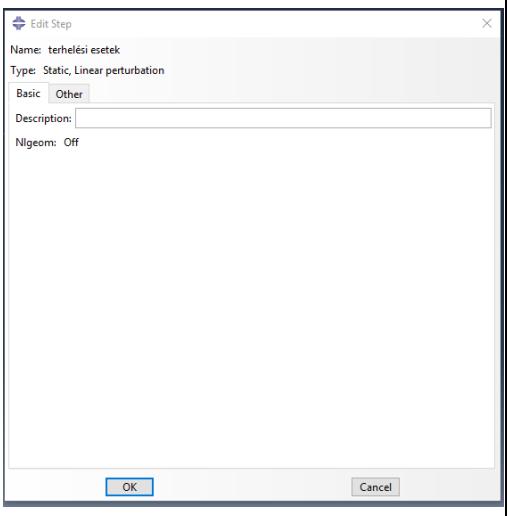
D MODULE | STEP lépések megadása

A Step modulban a végrehajtandó vizsgálat(ok) típusát (pl. statikus, dinamikus, hőtani…), azok részleteit és sorrendjét tudjuk beállítani. Jelenleg 1 db statikus lépést kell definiálnunk. Ehhez kattintsunk a Step modul **Create Step** ikonjára. a megjelenő Create Step ablakban nevezzük el a lépést: a Name: után írjuk be, hogy terhelési esetek. A Procedure type-nál válasszuk a **Linear perturbation**-t. Ezután kattintsunk a **Continue**… gombra, majd a megjelenő Edit Setup ablakban hagyjunk mindent alapértelmezésen, csak **OK**-zuk le.

D1

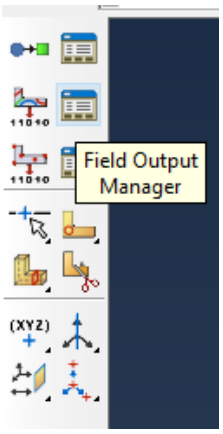


D2

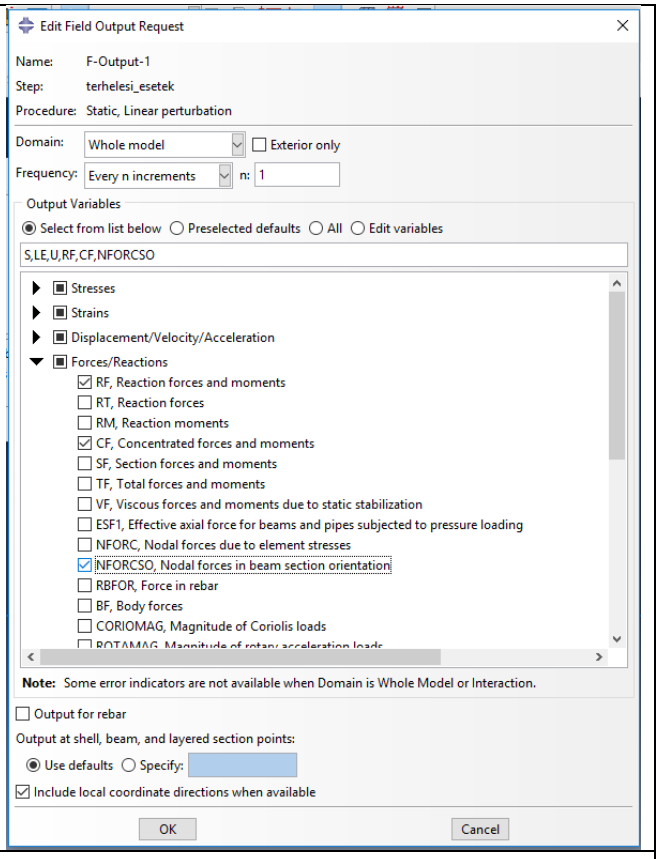


D3

Következő lépésként kattunksunk a **Field Output Manager** ikonjára. a megjelenő Field Output Requests Manager ablakban kattintsunk az **Edit** gombra. Majd a felugró Edit Field Output Request ablakban a **Forces/Reactions** csoportból pipáljuk be az **NFORCSO** sort, majd **OK**. Ezzel a program az számítás során igénybevételeket is meghatározza.



D4



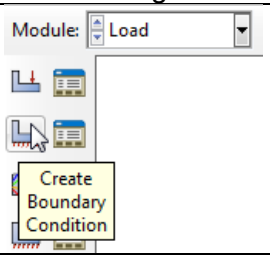
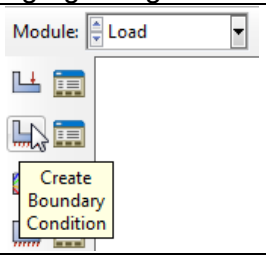
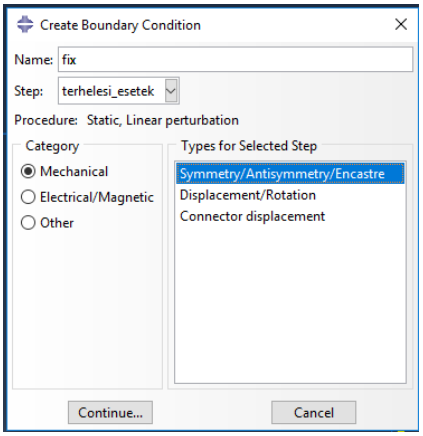
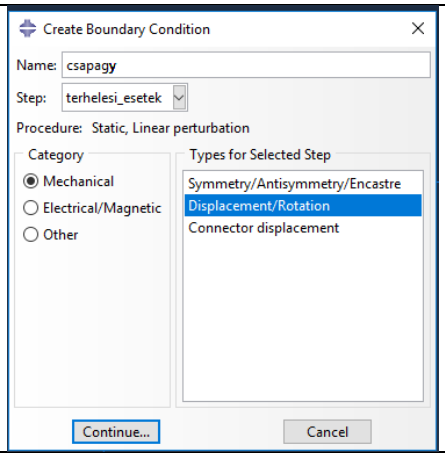
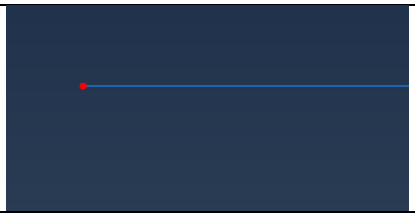
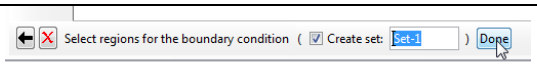
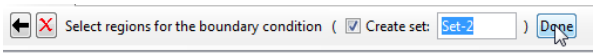
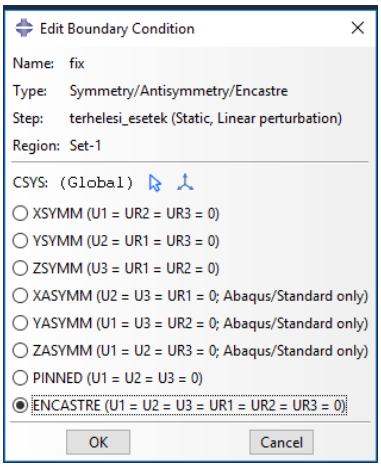
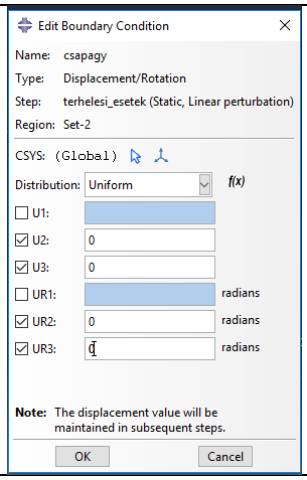
D5

D MODULE | LOAD peremfeltételek megadása

A Load modulban tudjuk megadni a kinematikai peremfeltételeket (megfogásokat) és dinamikai peremfeltételeket (terheléseket). Jelen feladatban 2 megfogást és 2 terhelést kell definiálni.

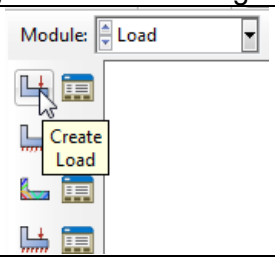
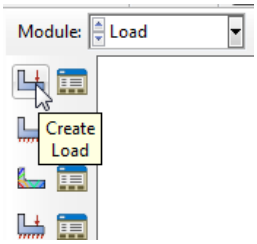
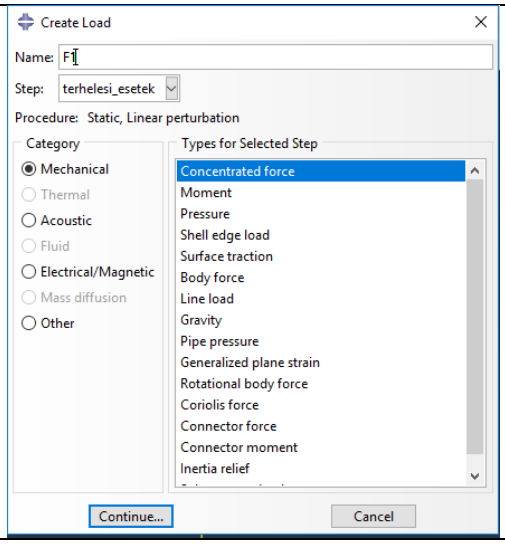
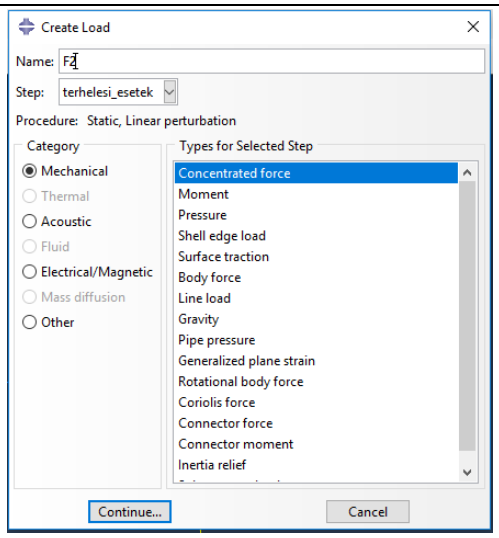
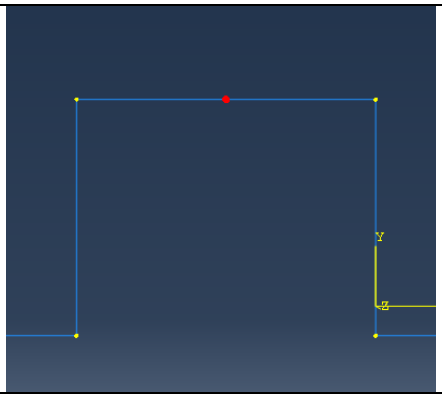
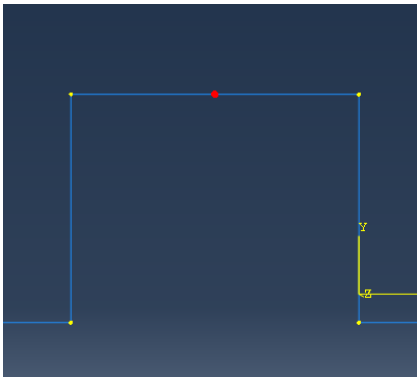
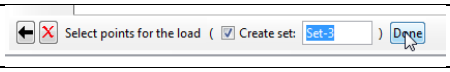
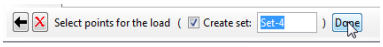
1. <u>megfogások definiálása</u>: (az alábbi lépéseket kétszer kell végcsinálni)
    - Kattintsunk a Load modul **Create Boundary Condition** ikonjára.
    - A megjelenő Create Boundary Condition ablakban nevezzük el a megfogást **fix**-nak, illetve **csapagy**-nak, a Category-t hagyjuk az alapértelmezett Mechanical-on, a Types for Selected Step alatt pedig válasszuk ki **Symmetry/Antisymmetri/Encastre,** illetve a **Displacement/Rotation**-t. Ezután kattintsunk a **Continue…** gombra.
    - Jelöljük ki a rajzon a fix, illetve csapágy helyét (kijelöléskor egy kis piros pont jelenik meg a kijelölés helyén).
    - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done**-re

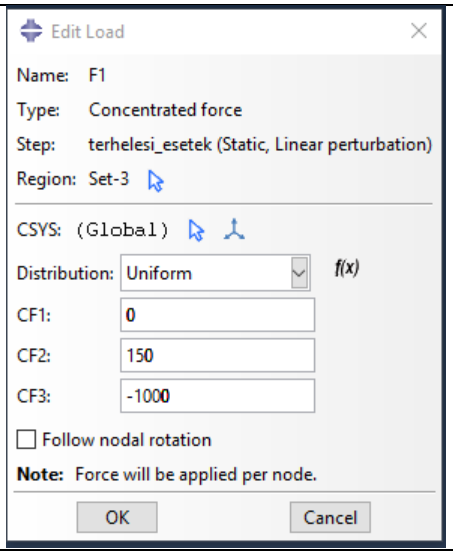
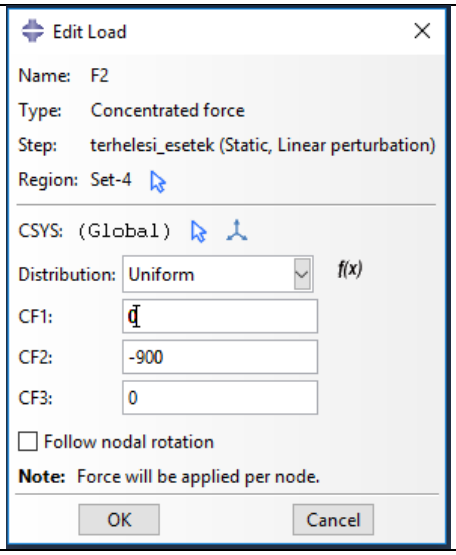
- Az ekkor megjelenő Edit Boundary Condition ablakban fix megfogás esetén válasszuk az **Encastre** opciót, míg csapágy esetén az **U2, U3, UR2, UR3** értékeket állítsuk **0**-ra. **OK**-zuk le az ablakot.

csukló megadása	görgő megadása
	
E1.1	E1.6
	
E1.2	E1.7
	
E1.3	E1.8
	
E1.4	E1.9
	
E1.5	E1.10

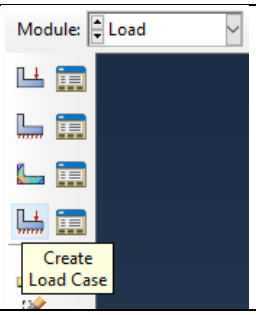
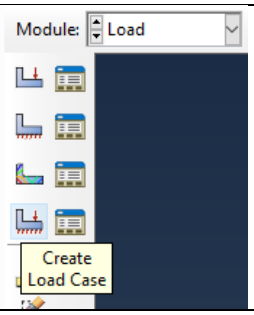
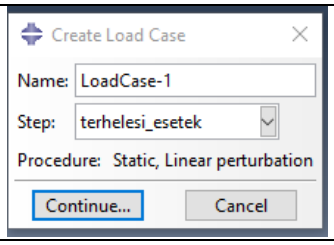
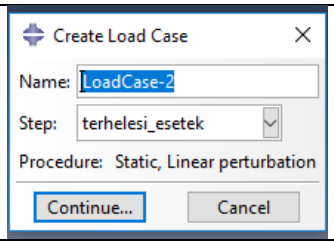
2. <u>terhelések definiálása</u>: (a lenti lépéseket kétszer kell megcsinálni)

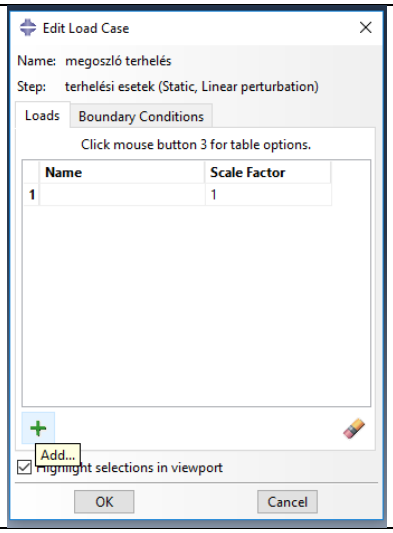
- Kattintsunk a Load modul **Create Load** ikonjára.
- A megjelenő Create Load ablakban nevezzük el a terheléseket. A Category-t hagyjuk az alapértelmezett Mechanical-on, a Types for Selected Step alatt pedig válasszuk ki a **Concentrated force**-t koncentrált erő megadásnál. Ezután kattintsunk a **Continue…** gombra.
- Jelöljük ki a rajzon a koncentrált erők helyét. (kijelöléskor egy kis piros pont illetve piros vonal jelenik meg a kijelölés helyén).
- A lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done**-re
- Az ekkor megjelenő Edit Load ablakban adjuk meg az erőkomponensek nagyságát N-ban: (F1 erő esetén **CF2=150**, **CF3=-1000** és F2 koncentrált erő esetén **CF2=-900**)

Megoszló terhelés megadása	Koncentrált erő megadása
	
E2.1	E2.6
	
E2.2	E2.7
	
E2.3	E2.8
	

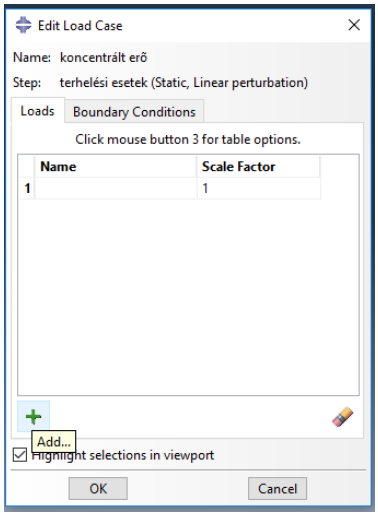
E2.4	E2.9
	
E2.5	E2.10

3. <u>Terhelési esetek megadása</u>:
   - Kattintsunk a Load modul **Create Load Case** ikonjára.
   - A megjelenő Create Load Case ablakban nevezzük el terhelési eseteket. Ezután kattintsunk a **Continue…** gombra.
   - Az Edit Load Case ablakban a Load fülön kattintsunk a **zöld + ikon**ra (Add). Jelöljük ki a listából a terhelési esetnek megfelelő terhelést. Ezután **OK** gombra kattintsunk.
   - Az Edit Load Case ablakban lépjünk át a Boundary Conditions fülöre kattintsunk a **zöld + ikon**ra (Add). Jelöljük ki a listából a terhelési esetnek megfelelő megfogásokat (együtt a fix és csapagy). Ezután **OK** gombra kattintsunk.
   - Majd kattintsunk az **OK**-ra

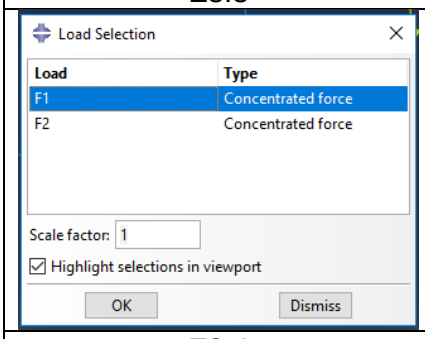
1. terhelési eset	2. terhelési eset
	
E3.1	E3.7
	
E3.2	E3.8



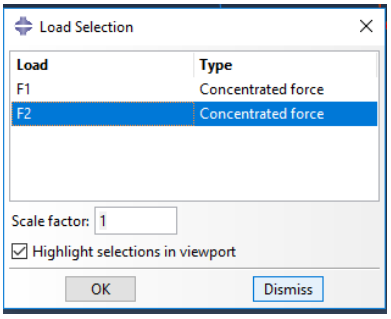
E3.3



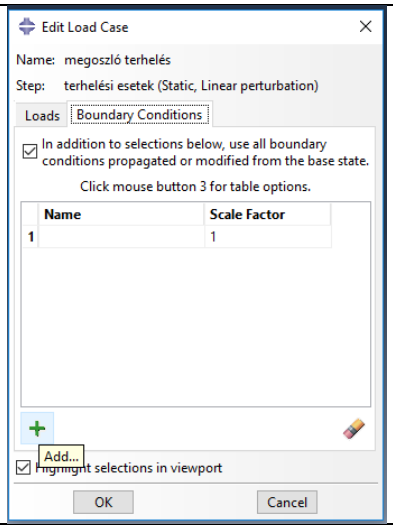
E3.9



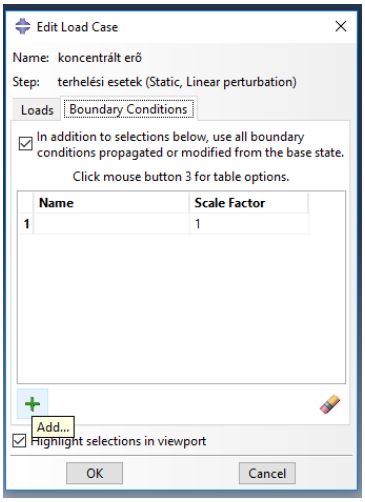
E3.4



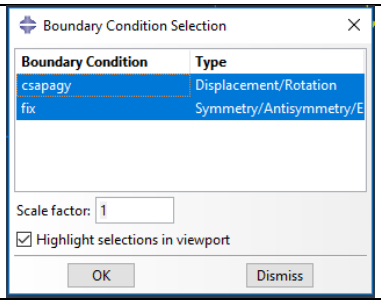
E3.10



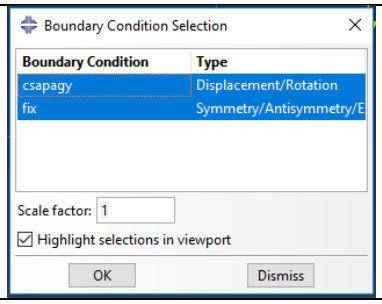
E3.5



E3.11



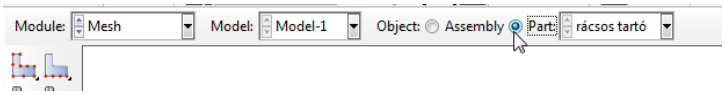
E3.6



E3.12

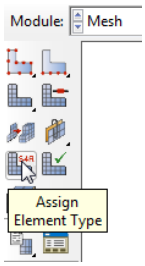
F	MODULE | MESH	háló elkészítése

A végeselem hálót a Mesh modulban tudjuk elkészíteni. Legelőször fent az Object-et állítsuk át Part-ra, aminek hatására a Part mellett megjelenik a rácsos tartó felirat.



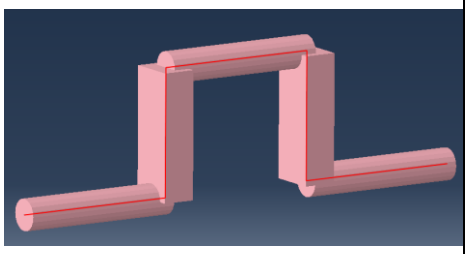
Ezután a hálózást az alábbi lépésekben végezzük el:

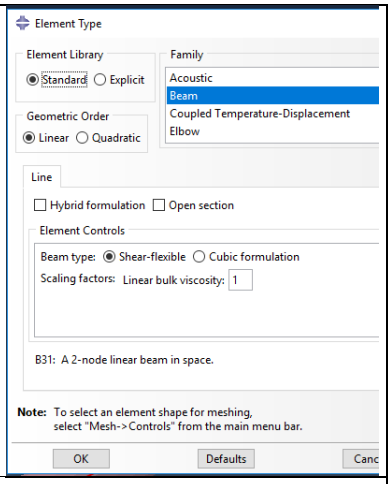
1. <u>Elemtípus megadása</u>:
   - Kattintsunk a Mesh modul **Assign Element Type** ikonjára.
   - Jelöljük ki a teljes tartót, mivel minden rúdhoz ugyanolyan elemtípust szeretnénk rendelni.
   - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done** gombra
   - A megjelenő Element Type ablakban a Family-t állítsuk **Beam**-re, azaz húzott-nyomott-hajlított-nyírt rúdelemre, illetve a Geometric Order-nél válasszuk a **Linear** opciót, majd **OK**-zuk le az ablakot.



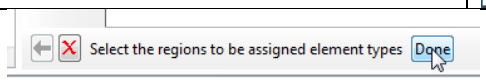
F1.1

F1.2



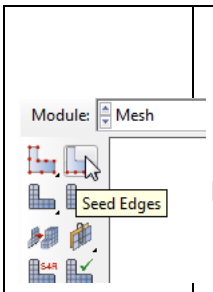


F1.3



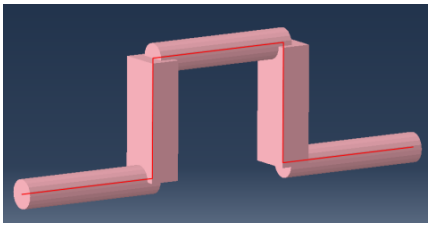
F1.4

2. <u>Elemméret megadása</u>:
   Ehhez az alábbi lépéseket végezzük el:
   - Kattintsunk a Mesh modul **Seed Edges** ikonjára.
   - Jelöljük ki az egész tartót.
   - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done** gombra.
   - A megjelenő Local Seeds ablakban a Basic fülön a Sizing Controls mezőben az Approximate element size-t **5**-ra. Ezután **OK**-zuk le az ablakot.

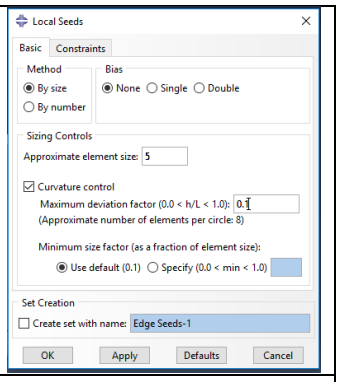


F2.1

F2.2

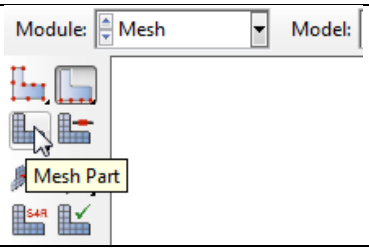


F2.3

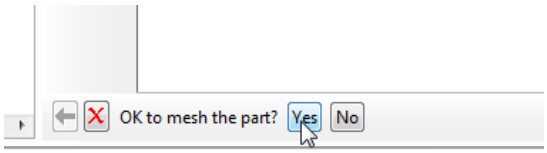


F2.4

3. <u>Végeselem háló elkészítése</u>:
   A végeselem háló elkészítéséhez kattintsunk a Mesh modul eszköztárában a **Mesh Part** ikonra, majd a lenti beviteli mezőben az OK to mesh the part? mellett a **Yes** gombra.

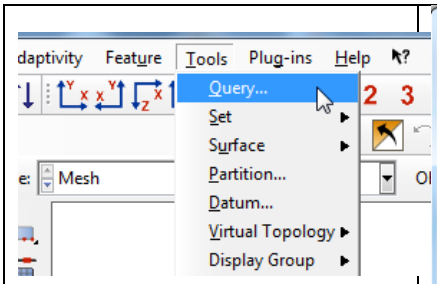


F3.1

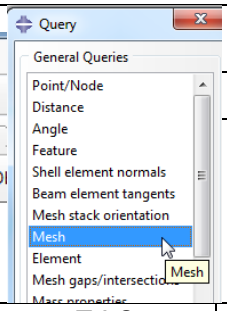


F3.2

4. <u>Hálótulajdonságok lekérdezése</u> (opcionális)
   A csomópontok és végeselemek számának ellenőrzéséhez a **Tools ► Query…** Parancsot használhatjuk. A felugró Query ablakban a General Queries mezőben kattintsunk a Mesh-re, majd a lenti beviteli mezőt a Query entire part-on hagyva a **Done** gombra. Ekkor a lenti párbeszédablakban megjelenik a csomópont szám (Total number of nodes) és az elemszám (Total number of elements). Jelen feladat 14 csomópontot és 25 végeselemet tartalmaz.

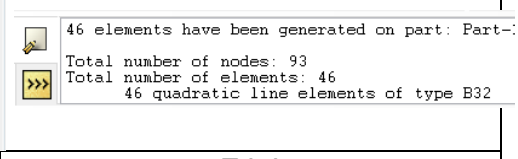


E4.1



E4.2

E4.3



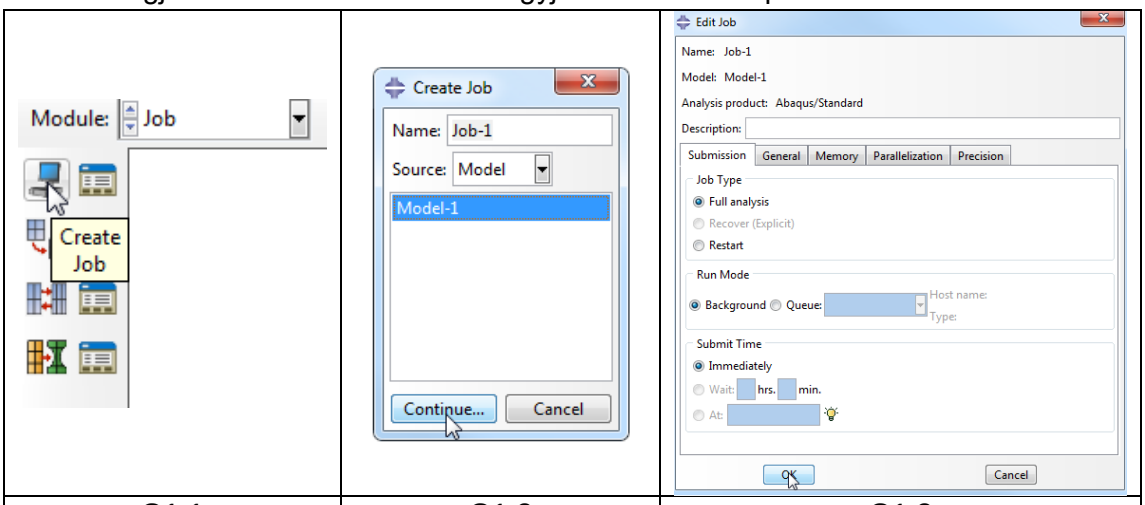
E4.4

G MODULE | JOB feladat megoldása

A feladatot a Job modulba átlépve tudjuk lefuttatni. Az ehhez szükséges lépések:

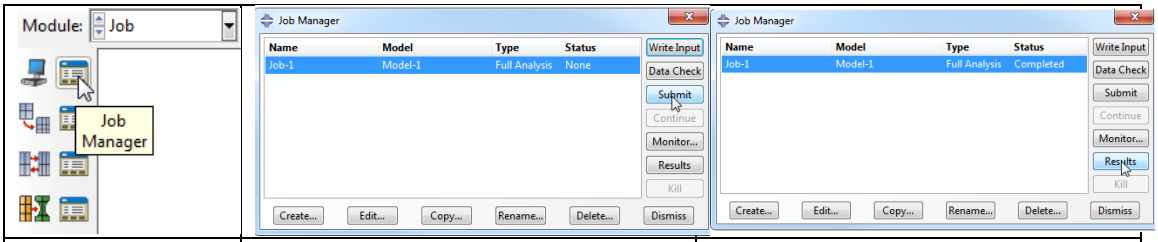
1. <u>Feladat definiálása</u>:
   - A Job modul eszköztárából kattintsunk a **Create Job** ikonra
   - A megjelenő Create Job ablakban kattintsunk a **Continue…** gombra

- A megjelenő Edit Job ablakban hagyjunk mindent alapértelmezésen és **OK**-zuk le



G1.1	G1.2	G1.3

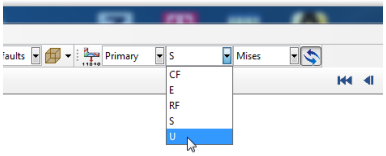
2. <u>Feladat lefuttatása</u>:
   - A Job modul eszköztárából kattintsunk a **Job Manager** ikonra
   - A megjelenő Job manager ablakban alapból ki van választva az előbb definiált 1 db feladat (Job-1). Kattintsunk a **Submit** gombra.
   - Ha a Status alatt megjelenik a Completed felirat, akkor a feladat sikeresen lefutott. Az eredmények megjelenítéséhez kattintsunk a **Results** gombra.



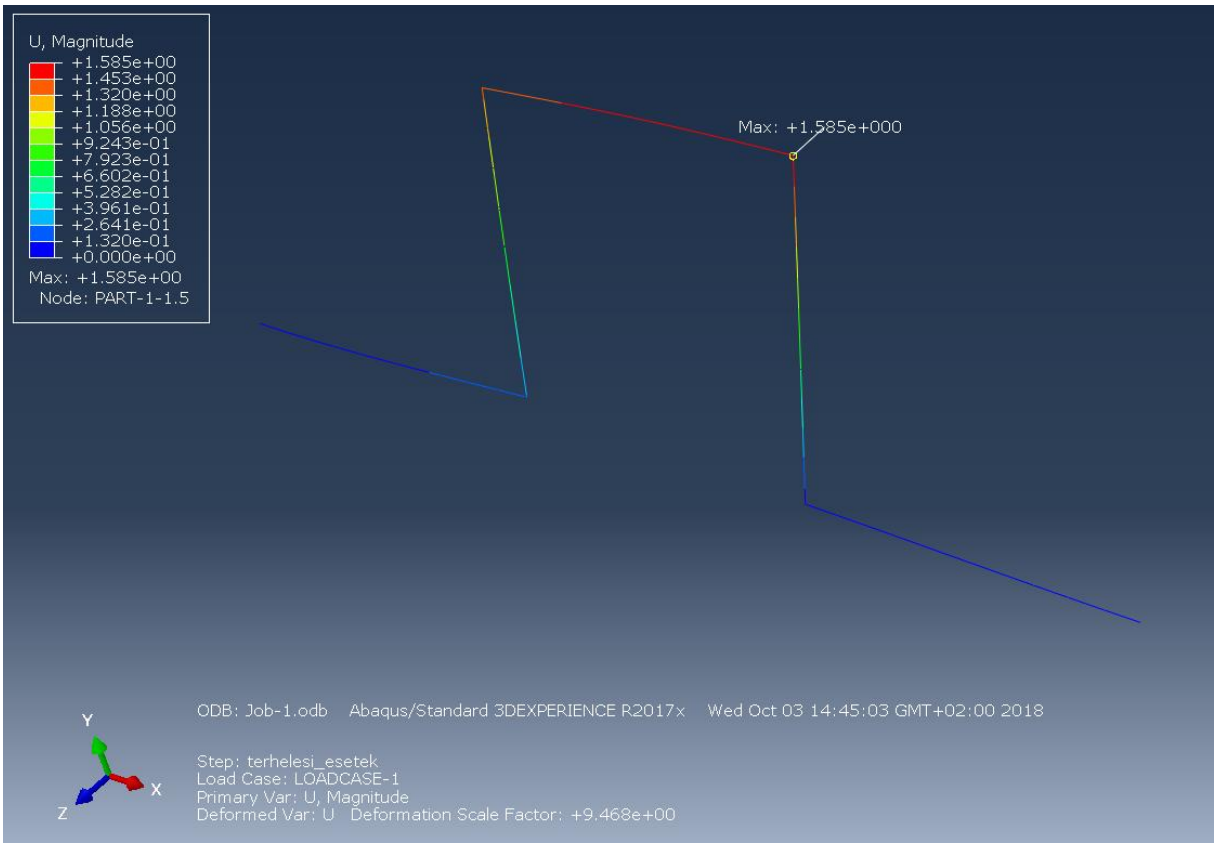
G2.1	G2.2	G2.3

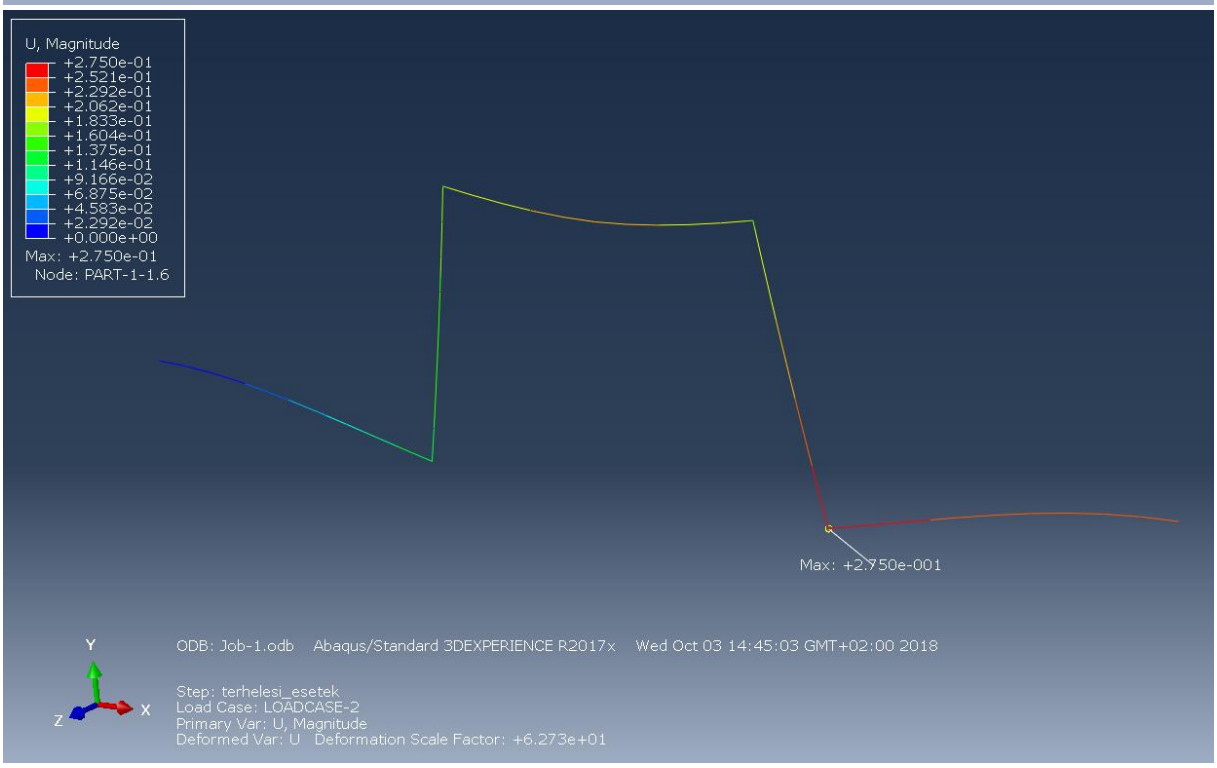
H MODULE | VISUALIZATION eredmények megjelenítése

A **Results** gombra kattintva automatikusan a **Visualisation** modulba kerülünk. Fent válasszuk ki az U-t vagy az S-t annak megfelelően, hogy az elmozdulást, vagy a feszültséget szeretnénk megjeleníteni. Először válasszuk az U-t.



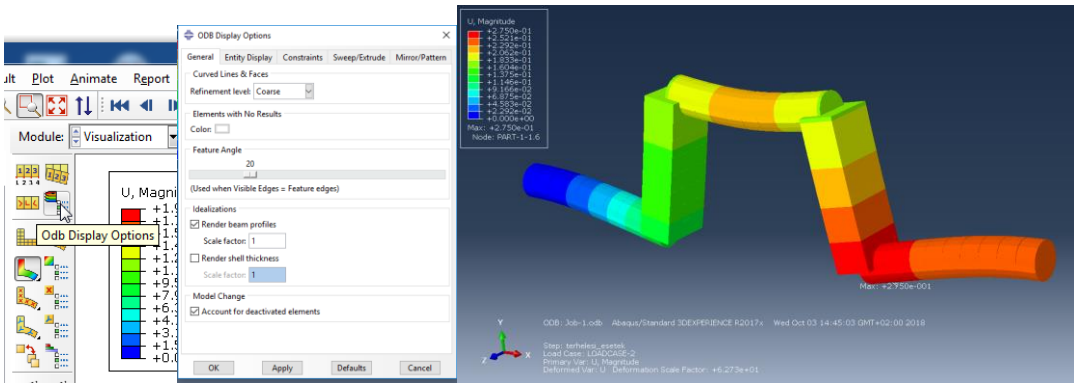
A **Plot Contours on Deformed Shape** ikonra kattintva a deformált alakot láthatjuk.



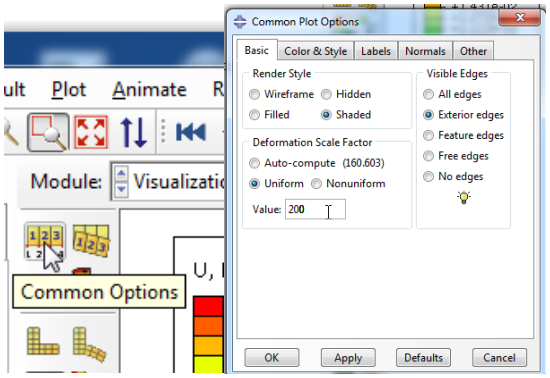


Bal felül látható színskála alapján a maximális elmozdulás 1,585 mm és 0,275 mm, a két terhelési esetben.

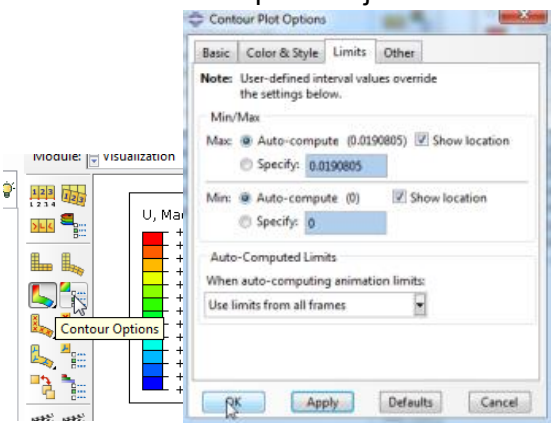
Az **Odb Display Options**-ban megjeleníthetjük a keresztmetszetet tetszőleges mértékben felnagyítva.



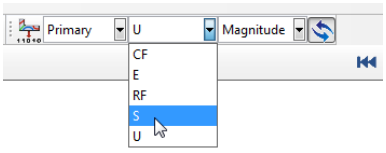
A **Common Plot Options**-ban a **Basic** fülön beállíthatjuk a deformáció felnagyításának mértékét, a **Labels** fülön bekapcsolhatjuk a csomópontok és elemek sorszámának megjelenítését.

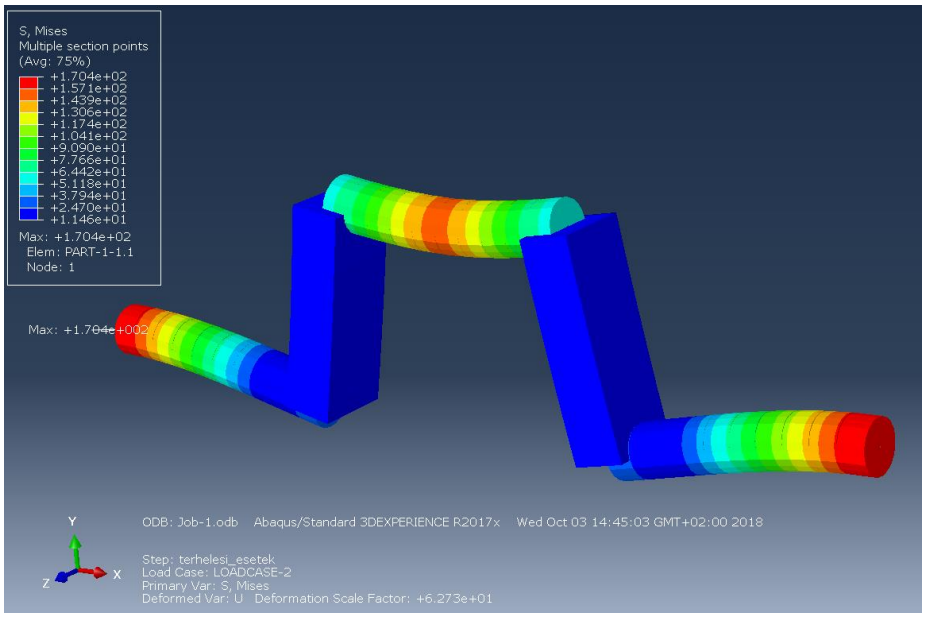


A **Contour Options**-ban a **Limits** fülön bekapcsolhatjuk a max/min helyek megjelenítését.

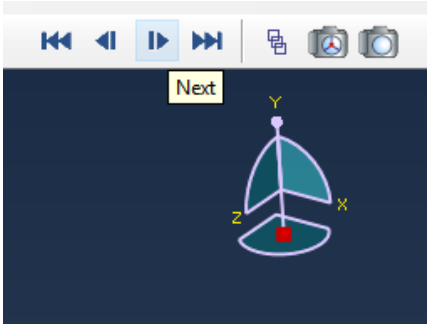


Fent a feszültséget választva a **Contour Plot Options Basic**-re kattintva az alábbi ábrát kapjuk, a koncentrált terhelési esetben.



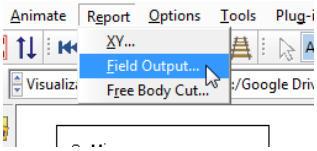


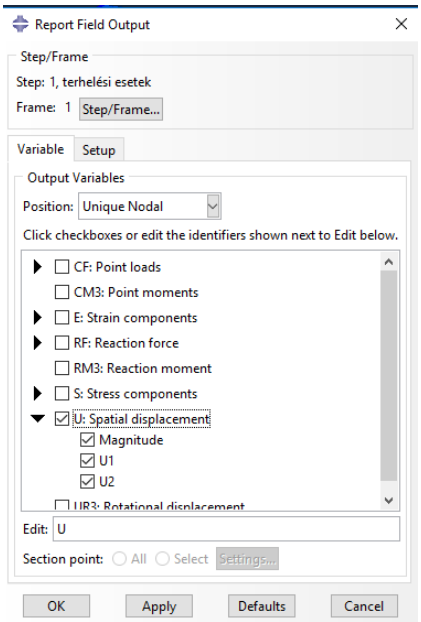
A három terhelési esetre kapott eredmények között a grafikus ablak jobb felső sarkában lévő nyilakkal tudunk váltani.

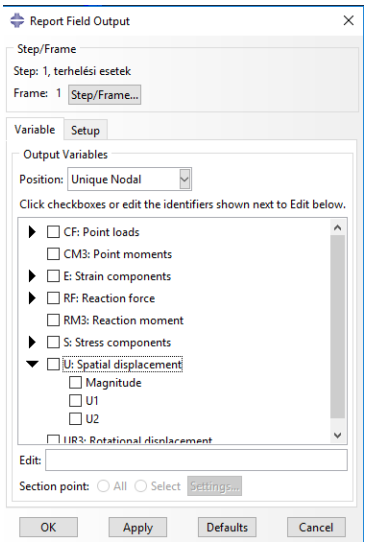


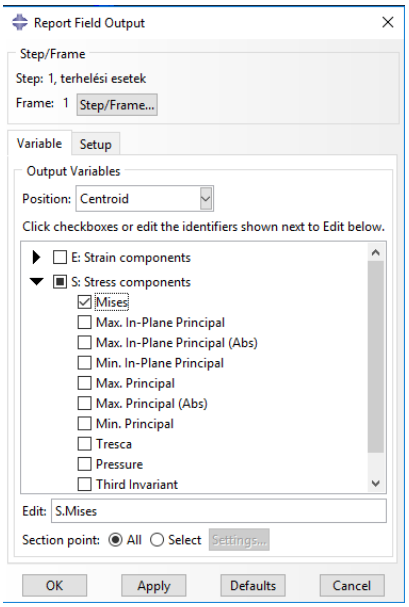
Az adatok táblázatszerű lekéréséhez használjuk a **Report ►Field Output…** parancsot.

- A Position-t Unique Nodal-ra állítva jelöljük ki az U (elmozdulás) alatti négyzeteket. Ezzel az elmozdulások nagyságát, illetve x és y összetevőit tudjuk lekérni csomópontonként.
- Kattintsunk az **Apply** gombra
- Szedjük ki az összes pipát
- A Position mellett válasszuk a Centroid-ot
- Az S (feszültség) alatt válasszuk a Mises-t. Ezzel a HMH szerinti redukált feszültséget tudjuk lekérni elemenként.
- Kattintsunk ismét az **Apply** gombra.









A munkakönyvtárban a fentiek hatására egy abaqus.rpt nevű fájl keletkezett, mely a lekért adatokat tartalmazza.