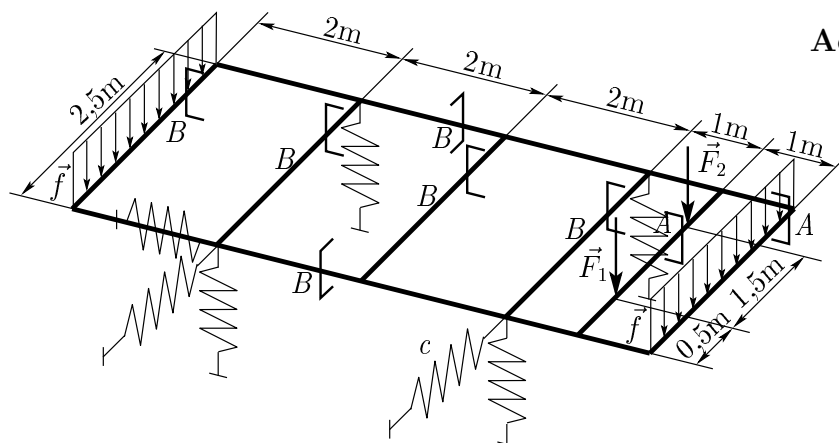


GÉPÉSZETI ALKALMAZOTT SZÁMÍTÁSTECHNIKA  
főiskolai mérnökhallgatók számára

A 3. gyakorlat anyaga

Feladat: Járműalváz térbeli terhelésű rúdmodellje



Adott: Anyag:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\nu = 0,3$$

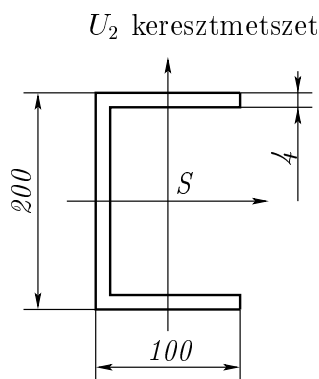
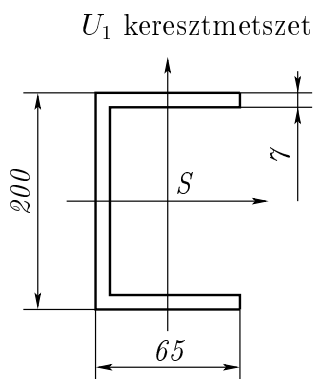
Terhelés:

$$f = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_1 = 600 \text{ N}$$

$$F_2 = 1500 \text{ N}$$

A rudak keresztmetszetei

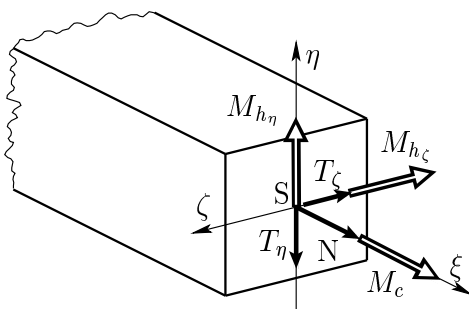


Mechanikai állapotok: (A rudak egymáshoz mereven kapcsolódnak)

$$\vec{u} = u(x, y, z)\vec{e}_x + v(x, y, z)\vec{e}_y + w(x, y, z)\vec{e}_z$$

$$\vec{F}_S = N\vec{e}_\xi - T_\eta\vec{e}_\eta - T_\zeta\vec{e}_\zeta$$

$$\vec{M}_S = M_c\vec{e}_\xi + M_{h_\eta}\vec{e}_\eta - M_{h_\zeta}\vec{e}_\zeta$$



- Terhelési esetek:**
1. megoszló terhelés ( $\vec{f}$ )
  2. koncentrált erő ( $\vec{F}_1$ )
  3. koncentrált erő ( $\vec{F}_2$ )
  4. megoszló terhelés + koncentrált erők
- Végeselem modell:** húzott-nyomott, hajlított-nyírt rúdelem
- Végeselem felosztás:** rudanként 4-6 végeselemet felvenni, ügyelve arra, hogy a koncentrált erő csomópontra essen!
- Szemléltetés:**
- A szerkezet deformáció utáni alakjának kirajzoltatása,
  - A csomóponti elmozdulások értékeinek kiírása,
  - A legnagyobb elmozdulás helyének megkeresése és az elmozdulás értékének kiírása,
  - Az elmozdulások szemléltetése a deformálatlan alakon vektorokkal,
  - Az igénybevételi ábrák megrajzolása,
  - A veszélyes keresztmetszet megkeresése,
  - A feszültség eloszlások szemléltetése a veszélyes keresztmetszeten.

**Megoldás:**

**Model file name:** alvaz1

**Application:** Simulation

**Task:** Master modeler

**OK**

Menü: **Option** → **Units** → **mm(newton)**

**Option** → **Prefrences** → **Selector** → **Auto shift** (*kijelölni*)

*Az alváz geometriai modelljének megrajzolása*

**MASTER MODELLER**

**B(2,3)** *A munkaterület nagyságnak megadása*  
**Workplane Appearance**

-5000	-5000
5000	5000

**OK**

**C(2,1)** *A munkaterület méretének illesztése a képernyő méretéhez*  
**Zoom all**

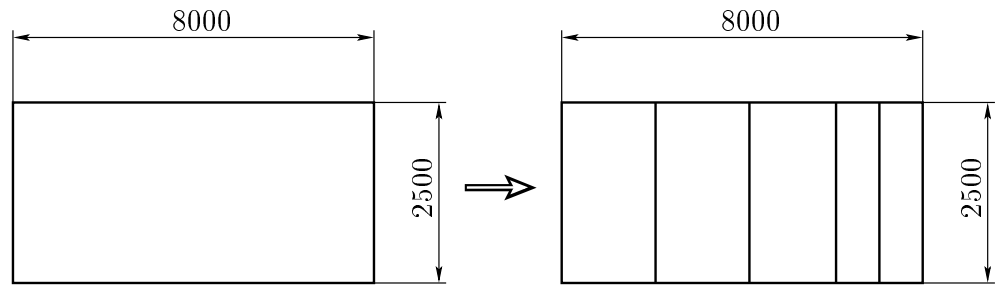
**A(2,1)** *A rudak megrajzolása*  
**Rectangle by 2 corners**

**B(2,1)** *A méretek megadása*  
**Modify Entity**

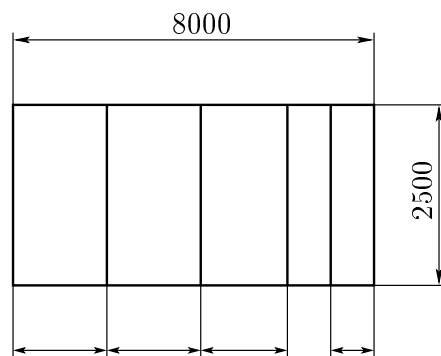
A méretszámra kell kattintani, és beírni az új értéket.

**OK**

**A(2,1)** *Rajzolás folytatása*  
**Lines**



**A(4,1)** *Méretvonal rajzolása*  
**Dimension**



**B(2,1)** *Méretetek megadása*  
**Modify Entity**

A méreetszámra kell kattintani, és beírni az új értéket.

**OK**

**B(4,2)** *Az alváz vonalas modelljének adunk egy nevet*  
**Name parts**

Pick part name → *egy vonalra kattintunk*

Name (alvaz) **OK**

*Meg kell adni azokat a pontokat, ahova a rugókat rögzíteni fogjuk. Ezt több lépésben tudjuk elvégezni. Először a koordináta-rendszert helyezzük át a rugó helyére.*

**A(1,2) Coordinate system**

*Jelöljük ki az aktuális koordináta-rendszert, vagy ha nem látható, akkor a rajz síkját (szaggatott vonal)*

**Done**

Origin ← *rákattintani*

*Jelöljük ki a szerkezeten azt a pontot, ahol három rugó csatlakozik*

**Done**

*Áthelyezzük a rajzolás síkját az új koordináta-rendszer xy síkjára*

**A(1,1) Sketch is place**

*Rákattintással kijelöljük az új koordináta-rendszert xy síkját*

*Átváltunk axonometrikus nézetbe*

**C(3,2) Isometric view**

*Megrajzoljuk az első három pontot*

**A(2,3) 3D points**

*megnyomjuk az egér jobb gombját → Key In*

*(-500,0,0) <ENTER>*

*(0,-500,0) <ENTER>*

*(0,0,-500) <ENTER>*

**Done**

*Megrajzoljuk a negyedik és ötödik pontot.*

**A(1,2) Coordinate system**

*Jelöljük ki az aktuális koordináta-rendszert, vagy ha nem látható, akkor a rajz síkját (szaggatott vonal)*

**Done**

Origin ← *rákattintani*

*Jelöljük ki a szerkezeten azt a pontot, ahol három rugó csatlakozik*

**Done**

- A(1,1)** *Áthelyezzük a rajzolás síkját az új koordinátarendszer xy síkjára*  
**Sketch is place**  
*Rákattintással kijelöljük az új koordináta rendszert xy síkját*
- A(2,3)** *Megrajzoljuk a pontokat*  
**3D points**  
*megnyomjuk az egér jobb gombját → Key In*  
 (0,-500,0) <ENTER>  
 (0,0,-500) <ENTER>
- Done**
- A(1,2)** *Megrajzoljuk a hatodik pontot.*  
**Coordinate system**  
*Jelöljük ki az aktuális koordináta rendszert, vagy ha nem látható, akkor a rajz síkját (szaggatott vonal)*
- Done**
- Origin ← rákattintani*
- Jelöljük ki a szerkezeten azt a pontot, ahol három rugó csatlakozik*
- Done**
- A(1,1)** *Áthelyezzük a rajzolás síkját az új koordinátarendszer xy síkjára*  
**Sketch is place**  
*Rákattintással kijelöljük az új koordináta rendszert xy síkját*
- A(2,3)** *Megrajzoljuk a pontot*  
**3D points**  
*megnyomjuk az egér jobb gombját → Key In*  
 (0,0,-500) <ENTER>
- Done**

**A(1,2)** *Megrajzoljuk a hetedik pontot.*  
**Coordinate system**  
*Jelöljük ki az aktuális koordináta rendszert, vagy ha nem látható, akkor a rajz síkját (szaggatott vonal)*

**Done**

Origin  $\leftarrow$  rákattintani

*Jelöljük ki a szerkezeten azt a pontot, ahol három rugó csatlakozik*

**Done**

**A(1,1)** *Áthelyezzük a rajzolás síkját az új koordináta-rendszer xy síkjára*  
**Sketch is place**

*Rákattintással kijelöljük az új koordináta rendszert xy síkját*

**A(2,3)** *Megrajzoljuk a pontot*  
**3D points**

*megnyomjuk az egér jobb gombját  $\rightarrow$  Key In*

*(0,0,-500) <ENTER>*

**Done**

*Az  $U_1$  keresztmetszet megrajzolása*  
4mm **BEAM SECTION**

**A(1,1)** *Az „U” szelvény megadása*  
**Channel beam**

Dimensions

Enter depth (200) <ENTER>

Enter flange width (65) <ENTER>

Enter flange thickness (7) <ENTER>

Enter web thickness (7) <ENTER>

Enter fillet radius (2) <ENTER>

Enter corner radius (2) <ENTER>

Enter inner flange slope angle (0) <ENTER>

**YES**

**A(5,2)** *Eltároljuk a keresztmetszetet „U1-SZELVENY” néven*  
**Store section**

(U1-SZELVENY) <ENTER>

*Az U<sub>2</sub> keresztmetszet megrajzolása*  
4mm **BEAM SECTION**

**A(1,1)** *Az „U” szelvény megadása*  
**Channel beam**

Dimensions

Enter depth (200) <ENTER>

Enter flange width (100) <ENTER>

Enter flange thickness (4) <ENTER>

Enter web thickness (4) <ENTER>

Enter fillet radius (2) <ENTER>

Enter corner radius (2) <ENTER>

Enter inner flange slope angle (0) <ENTER>

**YES**

**A(5,2)** *Eltároljuk a keresztmetszetet „U2-SZELVENY” néven*  
**Store section**

(U1-SZELVENY) <ENTER>

*A geometria készen van, a következő lépés a végelem háló elkészítése*

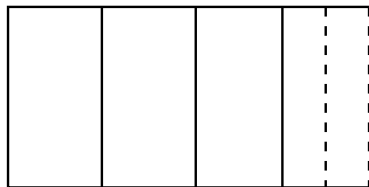
**MESHING**

A(1,1)

*A hálót húzott-nyomott hajlított-nyírt rúdelemekből építjük fel*

**Define beam mesh**

*Kijelöljük azokat az elemeket, amelyek az „U1-SZELVENY” keresztmetszetű rudakból vannak felépítve.*



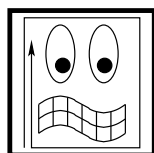
*folytonos vonallal  
jelölt részekre kat-  
tintani*

**Done**

Element length: (8000)

Element family: (BEAM)

Beam options: Beam cross section (U1-SZELVEMY)



← rákattintani, majd →

A(5,3)

*Ha szükséges módosítjuk a keresztmetszet térbeli elhelyezkedését*

**Modify**

Orientation

*kijelöljük azokat az elemeket, amelyeken rossz irányban áll a keresztmetszet*

**Done**

Orientation angle

*Beírjuk az elforgatás szögét. Mivel a szög előjele függ attól, hogy hogyan rajzoltuk meg a vonalat, lehet hogy egyes rudaknál 90°-ot másoknál -90°-ot kell magadni. Ha így történne, akkor a keresztmetszetek elforgatását több lépésben, az A(5,3) ikon többszöri meghívásával érhetjük el. A szög mindig a kiindulási állapotra vonatkozik. (-90) <ENTER>*

*jobb egérgomb → Deselect All*



A(1,1)

*Elkészítjük a hálót a maradék két vonalra*

**Define beam mesh**

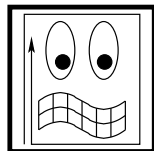
*vonalak kijelölése*

**Done**

Element length (2500)

Element family (BEAM)

Beam options: Beam cross section (U2-SZELVEMY)



← rákattintani, majd →

A(5,3)

*Ha szükséges módosítjuk a keresztmetszet térbeli elhelyezkedését*

**Modify**

Orientation

*kijelöljük azokat az elemeket, amelyeken rossz irányban áll a keresztmetszet*

**Done**

Orientation angle

(90) <ENTER>

*jobb egérgomb* → Deselect All

*Felosztjuk több részre a rudakat úgy, hogy két csatlakozási pont között csak egy végeelem legyen*

A(5,3)

**Subdivide beams**

*A két szélső, 8m hosszú elemet kijelöljük*

**Done**

Number of sub elements

(4) <ENTER>

**A(5,3)** *Tovább osztjuk a elemeket...*  
**Subdivide beams**  
*A két szélső, am hosszú elemet kijelöljük*

**Done**

Number of sub elements

(2) <ENTER>

**YES**

**A(5,3)** *Felosztjuk az összes így kapott elemet elemenként 6 részre*  
**Subdivide beams**  
*nyomjuk meg a jobb egérgombot → All done*

Number of sub elements

(6) <ENTER>

**YES**

*Meg kell vizsgálni, hogy vannak-e egymással fedésben lévő, nem „összekapcsolt” csomópontok. Ha vannak, és nem kapcsoljuk össze őket, a merevségi mátrix szinguláris lesz.*

**A(2,2)** **Coincident nodes**  
*nyomjuk meg a jobboldali egérgombot → All done*

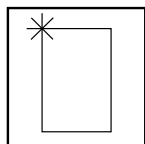
(0,01) <ENTER>

Lower label ← *rákattintani* **YES** Ok to merge... **YES** Ok to delete... **YES**

A(5,2)

*Megadjuk a rugalmas ágyazáshoz használt rugók rúgóállandóját*

**Physical property**



← *rákattintani*

☐ Name: `rugol`

Element:  $\diamond$  Other

Element family: Spring

**OK**

$\diamond$  Uniaxial (node-node only)

**Translational**

Translational stiffness (1e3) **OK**

**OK**

A(4,1)


*Létrehozzuk a csomópontokat, amikhez a rugókat hozzákapcsoljuk.*

**Node**

Visible

*Jobb egérgomb* → Filter...

Pickable: Point

*csak ez legyen kiválasztható, a többi kijelöljük az egérrel, és a  ikon-  
nal átvisszük a bal oldalra* **OK**

*Jelöljük ki az összes pontot (sárga kereszt a jele, P-vel kezdődik a neve,  
ha ráhúzzuk az egeret)*

**Done**

**A(4,2)** *Rakjuk be a rugókat az első oldalon látható ábrán megadott helyekre.*  
**Element**

◇ Other

Element family:

Element type:  Physical property (rugo1)

*Válasszuk ki a rugó két végpontjánál lévő csomópontokat. A program beteszi a rugókat a kiválasztott két csomópont közé.*

**Done**

*megfogások és terhelések megadása*

**BOUNDARY CONDITIONS**

*Megfogások megadása*  
**A(4,2)** **Displacement restraint**

*Jelöljük ki a rugók szabad végpontjainál lévő csomópontokat*

**Done**

Clamp ← kijelölni

*Terhelések megadása: öt terhelési esetet fogunk definiálni. Négyet négy különféle terheléshez kötünk, az ötödiket pedig ezek kombinációjaként állítjuk elő. Az első terhelési eset a vonal mentén megoszló terhelés lesz.*

**A(2,2)** **Distributed beam load**

Ok to create „LOAD SET 1”?

*kijelölni azokat az elemeket az alváz hátsó részén, amelyeken megoszló terhelés van*

**Done**

Elemental

Constant

Enter distributed axial force (0) <ENTER>

Enter distributed Y shear force (-1.5) <ENTER>

*a többi terhelésnél nullát írunk és <ENTER>-t nyomunk*

Enter color name... <ENTER>

**A(6,2)** *A második terhelési eset létrehozása*  
**Sets...**

◇ Load ← *kijelölni*

Set: (LOAD SET 2) ← *beírni*

Create ← *rákattintani*

Make current ← *rákattintani*

DISMISS

**A(2,2)** *A második terhelési eset megadása*  
**Distributed beam load**

*kijelöljük az alváz elején lévő vonal mentén megoszló terheléssel terhelt elemeket*

**Done**

Elemental

Constant

Enter distributed axial force (0) <ENTER>

Enter distributed Y shear force (-1.5) <ENTER>

*a többi terhelésnél nullát írunk és <ENTER>-t nyomunk*

Enter color name... <ENTER>

**A(2,1)** *Harmadik terhelési eset: koncentrált erő ( $\vec{F}_1$ )*  
**Force**

*kijelöljük az erő támadáspontjánál lévő csomópontot*

**Done**

Load set: (LOAD SET 3) ← *beírni*

Z Force (-1500)  OK

**A(2,1)** *Negyedik terhelési eset: koncentrált erő ( $\vec{F}_2$ )*  
**Force**  
*kijelöljük az erő támadáspontjánál lévő csomópontot*

**Done**

Load set: (LOAD SET 4)  $\leftarrow$  beírni

Z Force (-600) **OK**

**A(6,2)** *Létrehozzuk az ötödik terhelési esetet az előző négy kombinációjaként*  
**Sets...**

$\diamond$  Load  $\leftarrow$  kijelölni

**Combine...**  $\leftarrow$  rákattintani

*Jelöljük ki a Load set 1-et, nyomjuk le a SHIFT-et, majd jelöljük ki a Load set 4-et.*

**OK**

**DISMISS**

**A(6,1)** *Rendeljük hozzá a megadott megfogásokhoz a terhelési eseteket*  
**Boundary conditions**

$\square$  Restraint set  $\leftarrow$  kijelölni

Load sets:

*Jelöljük ki a Load set 1-et, nyomjuk le a SHIFT-et, majd jelöljük ki a Load set 5-öt.*

**OK**

*A végeelem számítás elvégzése*

**MODEL SOLUTION**

**A(1,2)** *A megoldandó feladat kitűzése és a kiszámítandó mennyiségek megadása.*  
**Solution set**

**Create...**

*A belső erők (rúderők, nyíróerők és nyomatékok) elmentése*




**output selection**  $\rightarrow$  element forces  $\leftarrow$  kijelölni

**Store/List**  $\rightarrow$  Store **OK** **OK** **DISMISS**

**A(2,1)** *A számítás elvégzése*  
**Solve**  
*„No warnings or errors encountered in last run” – üzenetnek kell megjelenni.  
 Ha nem így történt, akkor valami hibásan lett megadva.*

*Eredmények szemléltetése*

POST PROCESSING

**A(1,1)** *Elmozdulásmező szemléltetése*  
**Results**  
 Display results: Displacement\_5, load\_set\_5 ← *kiválasztjuk, majd a -al tároljuk*  
 Deformation results: Displacement\_5, load\_set\_5 ← *kiválasztjuk, majd a -al tároljuk *


**A(2,1)** *Kirajzolás*  
**Display**

**Done**

**A(2,3)** *Csomóponti elmozdulás értékek kiírása*  
**Probe**

*Kattintsunk a csomópontokra a deformált alakon*

**A(3,3)** *Maximális elmozdulás helyének megkeresése*  
**Options**

Output similar to: 


☐ Raw data ← *kijelölést megszüntetni*


 ← *rákattintani*

**Done**

*lista a bal alsó ablakban*

**A(1,2)** *Elmozdulások szemléltetése nyilakkal*  
**Display template**


◇  ← *kijelölni*

☐  ← *kijelölést megszüntetni*



**A(2,1)** *Kirajzolás*  
**Display**

**Done**

A(1,1)	<p><i>Igénybevételek és feszültségek szemléltetése</i></p> <p><b>Results</b></p> <p>Display results: Element_force_25, load_set_5</p> <p><i>kijelölni, majd a -al tárolni</i></p> <p>Component: <input type="text" value="Magnitude"/></p> <p><input type="button" value="OK"/></p>
A(1,2)	<p><i>A megjelenítések beállítása</i></p> <p><b>Display template</b></p> <p>◇ Element <i>kijelölni</i></p> <p><input type="checkbox"/> Deformed model <i>a kijelölést megszüntetni</i></p> <p><input type="button" value="OK"/></p>
A(2,1)	<p><i>Kirajzolás</i></p> <p><b>Display</b></p> <p><b>Done</b></p>
A(5,1)	<p><i>Igénybevételi ábrák rajzolása</i></p> <p><b>Beam post processing</b></p> <p><i>Nyíróerő ábra:</i></p> <p>Force &amp; Stress → Data component → Force → Shear force in Y</p> <p>Execute</p> <p><i>kiiratjuk az igénybevételi ábrán a csomópontoknál felvett értékeket</i></p> <p>Annotation → On</p> <p>Execute</p> <p><i>Hajlító nyomaték szemléltetése:</i></p> <p>Data component → Force → Moment about Z</p> <p>Execute</p> <p><i>Csavaró nyomaték szemléltetése:</i></p> <p>Data component → Force → Torque</p> <p>Execute</p>



**A(5,1)**

*A feszültségeloszlás szemléltetése a keresztmetszet mentén*

**Beam post processing**

Line on X section

Select beam

*Válasszuk ki a veszélyes keresztmetszetet tartalmazó végelelemet*

Position along beam → Max loc stress

*Normálfeszültségek szemléltetése*

Data component → Axial normal

Execute

*Csúsztató feszültségek szemléltetése*

Data component → Shear Y

Execute

*Huber-Mises-Hencky féle redukált feszültségek szemléltetése*

Data component → Von Mises

Execute