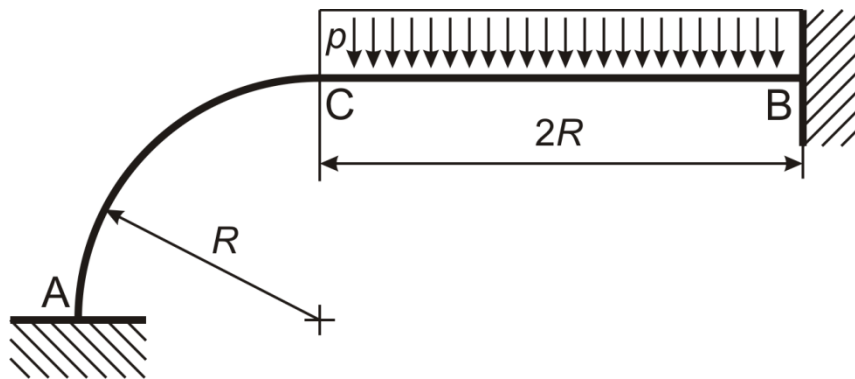


Határozzuk meg az alábbi szerkezet deformációját és a falban ébredő reakciókat. A tartó állandó d átmérőjű kör keresztmetszetű. Szilárdságtani ismeretekkel hosszadalmas lenne a megoldás, mivel háromszorosan statikailag határozatlan a feladat.



$$R = 1 \text{ m}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$E = 200 \text{ Gpa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$p = 3000 \text{ N/m}$$

ANSYS indítása, majd válasszuk munkakönyvtárat és *jobname*-t. A munkakönyvtár legyen pl D:\NEPTUNKOD.

Utility Menu -> File -> Change Directory ...

Utility Menu -> File -> Change Jobname ...

Utility Menu -> File -> Change Title ...

GEOMETRIA MEGADÁSA

A négy *keypoint* legyen a feladatban megadott A, B és C keresztmetszetekhez tartozó koordináták, valamint a körív rajzolásához segítségként a kör középpontja.

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Keypoints -> In Active CS

A felugró ablakban a *keypoint* sorszámát írjuk be és adjuk meg a koordinátáit. A Z-t hagyhatjuk üresen. Ha **Apply**-t nyomunk és nem **OK**-t akkor nem tűnik el az ablak.

A *keypoint*ok koordinátái:

keypoint	X	Y	Z
1	0	0	
2	1	1	
3	3	1	
4	1	0	

Az egyenes gerendaszakaszhoz tartozó egyenes megadása:

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Lines -> Lines -> Straight Line

Rákattinthatunk a vonal kezdőpontjára (2. *keypoint*) majd a végpontjára (3. *keypoint*).

A körív megadásának egy lehetséges módja:

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Lines -> Arcs -> By End KPs & Rad

Kattintsunk rá a körív kezdő és végpontjára (1. és 2. *keypoint*), majd **OK**, majd kattintsunk a körív középpontjára és **OK**. A felugró ablakban a RAD mezőben adjuk meg a körív sugarát (1) majd **OK**.

ANYAGTULAJDONSÁG MEGADÁSA

Main Menu -> Preprocessor -> Material Props -> Material Models / Structural / Linear / Elastic / Isotropic

A felugró ablakban EX jelenti a rugalmassági moduluszt és PRXY a Poisson-tényezőt. Adjuk meg az értéküket: 200E9 és 0.3 majd **OK**.

ELEMTÍPUS MEGADÁSA

Itt most csak egyfajta elemet fogunk használni, mégpedig gerendaelemet. Az új ANSYS-ban csak kétféle gerendaelem közül választhatunk BEAM188 nevű és BEAM189 nevű. Mindegyik 3D esetre is alkalmazható. Előbbi kétcsomópontos elem, míg utóbbi három csomópontos elem. Fontos kihangsúlyozni, hogy ezen elemek a Timoshenko-féle gerendaelméleten alapulnak, nem az Euler-Bernoulli-féle elméleten! BEAM188-t választjuk.

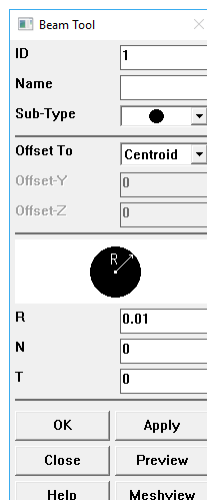
Main Menu -> Preprocessor -> Element Type -> Add/Edit/Delete / Add... / Structural Mass / Beam / 2 node 188

Az elem opciónál állíthatnák még pár dolgot, de fogadjuk el a *default* beállításokat.

Meg kell adni a gerenda keresztmetszetének geometriáját:

Main Menu -> Sections / Beam / Common Sections

A felugró ablakban a Sub-Type legördülő menüből választjuk ki a kör keresztmetszetet, majd az R értékénél adjuk meg a sugarat: 0.01. **OK**.



Rajzolhatnánk egyedi keresztmetszetet is ha szükséges (Custom Sections).

A keresztmetszet geometriáját és a fontosabb jellemzőit kirajzoltathatjuk:

Main Menu -> Sections / Beam / Plot Section

A felugró ablakban választjuk ki a legördülő menüből, hogy melyik keresztmetszet típust akarjuk kirajzoltatni majd **OK**. Most csak egy van definiálva.

Rajzoltassuk ki újra a *line*-okat:

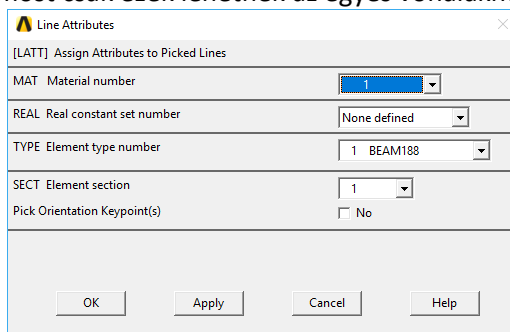
Utility Menu -> Plot / Lines

HÁLÓZÁS

Ennél a feladatnál a körív mentén és az egyenes mentén is azonos elemszámot fogunk használni az egyszerűség kedvéért.

Main Menu -> Preprocessor -> Meshing -> MeshTool

Elsőként a hálózáshoz használt elemhez hozzá kell rendelni az attribútumait: A felugró ablakban az *Element Attributes*: alatti legördülő menüből válasszuk ki a *Lines*-t majd nyomjunk a mellette lévő **Set** gombra. Az új felugró ablak segítségével rendelhetjük hozzá az egyes *Line*-okhoz a korábban megadott *Section*-t és elemtípusokat, anyagtulajdonságokat. Nyomjunk **Pick All**-t. Mivel ennél a példánál csak egy anyagtípust, egy section-t és egy elemtípust definiáltunk, így most csak ezek lehetnek az egyes vonalakhoz rendelt értékek. Nyomjunk **OK**-t.

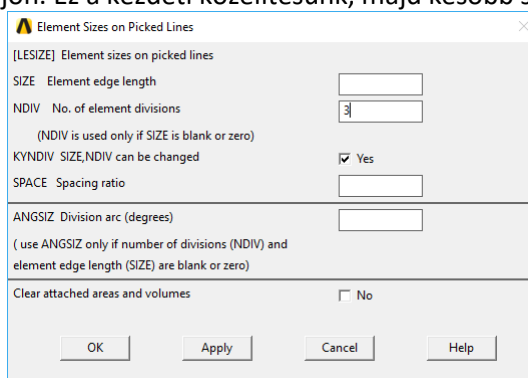


The dialog box titled "Line Attributes" contains the following fields and options:

- MAT Material number: 1
- REAL Real constant set number: None defined
- TYPE Element type number: 1 BEAM188
- SECT Element section: 1
- Pick Orientation Keypoint(s): No

Buttons: OK, Apply, Cancel, Help

Elemméret megadása: A MeshTool ablakban a *Size Controls*: alatt a *Lines* mellett nyomjunk a **Set**-re majd a felugró ablakban *Pick All*. Az új ablakban az *NDIV* mezőbe írjunk 3-at és **OK**. Vagyis ezzel adtuk meg, hogy minden vonal mentén majd csak 3 elemet használjon. Ez a kezdeti közelítésünk, majd később sűrítjük a hálót.



The dialog box titled "Element Sizes on Picked Lines" contains the following fields and options:

- SIZE Element edge length: [empty text box]
- NDIV No. of element divisions: 3
- (NDIV is used only if SIZE is blank or zero)
- KYNDIV SIZE,NDIV can be changed: Yes
- SPACE Spacing ratio: [empty text box]
- ANGSIZ Division arc (degrees): [empty text box]
- (use ANGSIZ only if number of divisions (NDIV) and element edge length (SIZE) are blank or zero)
- Clear attached areas and volumes: No

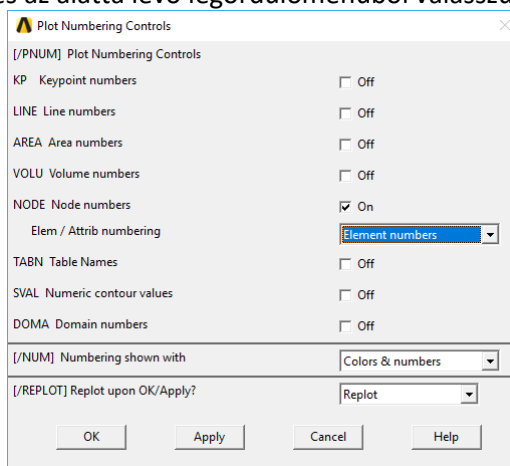
Buttons: OK, Apply, Cancel, Help

Hálózás: A MeshTool ablakban kattintsunk a **Mesh** gombra majd a *Pick All*-ra. Ezzel kész a hálózás. Megváltozott a Graphics Window.

Ha szükséges, akkor megjeleníthetjük a csomópontok és az elemek sorszámát:

Utility Menu -> PlotCtrls -> Numbering ...

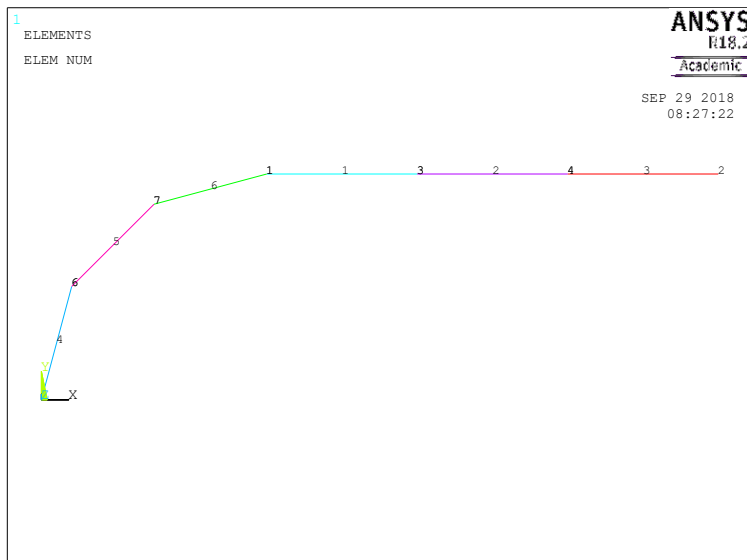
Pipáljuk be a **NODE** jelölőnégyzetet és az alatta lévő legördülőmenüből válasszuk ki az *Element Numbers*-t.



The dialog box titled "Plot Numbering Controls" contains the following fields and options:

- KP Keypoint numbers: Off
- LINE Line numbers: Off
- AREA Area numbers: Off
- VOLU Volume numbers: Off
- NODE Node numbers: On
- Elem / Attrib numbering: Element numbers
- TABN Table Names: Off
- SVAL Numeric contour values: Off
- DOMA Domain numbers: Off
- [/NUM] Numbering shown with: Colors & numbers
- [/REPLOTT] Replot upon OK/Apply?: Replot

Buttons: OK, Apply, Cancel, Help



A koordinátarendszer origójánál nem látszik a node sorszáma. Ezt könnyen listázhatjuk:

Utility Menu -> List -> Picked Entities +

Kattintsunk az origóban lévő csomópontra majd **OK**. A felugró ablakban láthatjuk a sorszámát és koordinátáit.

KINEMATIKAI PEREMFELTÉTELEK MEGADÁSA

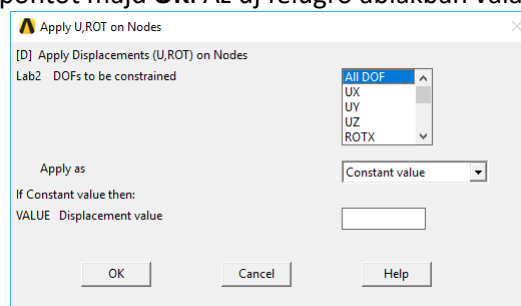
Rajzoltassuk ki újra csak a *node*-okat:

Utility Menu -> Plot / Nodes

A két végpont teljesen meg van fogva.

Main Menu -> Solution -> Define Loads -> Apply -> Structural -> Displacement -> On Nodes

Válasszuk ki egérrel a két végcsomópontot majd **OK**. Az új felugró ablakban válasszuk az All DOF-t és **OK**.



TERHELÉSEK MEGADÁSA

Rajzoltassuk ki újra a *Element*-eket:

Utility Menu -> Plot / Elements

Main Menu -> Solution -> Define Loads -> Apply -> Structural -> Pressure -> On Beams

Válasszuk ki a 3 vízszintes elemet majd **OK**.

A felugró ablakban a VALI és VALJ mezők jelentik a megoszló terhelés intenzitását az elem **lokális** kezdő és végpontjában. Ha csak a VALI-hez írunk, akkor állandó intenzitású megoszló erőrendszert alkalmaz, amilyen a vizsgált példa is. VALI értékére adjuk meg a 3000-t. Az, hogy a megoszló terhelés milyen irányban hasson azt az LKEY értékével tudjuk megadni. Ha LKEY-nek 2-t írunk be akkor a $-y$ irányban rakjuk rá a terhelést, ahol az y a lokális koordináta-rendszert jelenti! Írjunk be LKEY értékének 2-t, majd **OK**.

(Command menu-ben a „help beam188” paranccsal előhívhatjuk a BEAM188 elem leírását az irányok áttekintéséhez)

BEAM188 Input Summary

Nodes

I, J, K (K, the orientation node, is optional but recommended)

Degrees of Freedom

UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ if KEYOPT(1) = 0

UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ, WARP if KEYOPT(1) = 1

Section Controls

TXZ, TXY, ADDMAS (See [SECCONTROLS](#))

(TXZ and TXY default to $A*GXZ$ and $A*GXY$, respectively, where A = cross-sectional area)

Material Properties

EX, (PRXY, or NUXY), GXY, GXZ

ALPX, (or CTEX, or THSX)

DENS, ALPD, BETD

Surface Loads

Pressure --

face 1 (I-J) (-z normal direction)

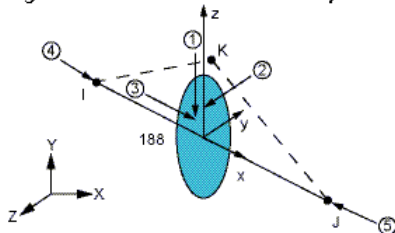
face 2 (I-J) (-y normal direction)

face 3 (I-J) (+x tangential direction)

face 4 (I) (+x axial direction)

face 5 (J) (-x axial direction)

Figure 188.1 BEAM188 Geometry



MEGOLDÁS

Main Menu -> Solution -> Solve -> Current LS

Felugró ablakban **OK**.

Ha kész akkor az értesítés ablak jelenik meg, hogy „Solution is done!”. **Close**.

A /STATUS ablakot is bezárhatjuk.

EREDMÉNYEK MEGJELENÍTÉSE

Deformált alak kirajzoltatása:

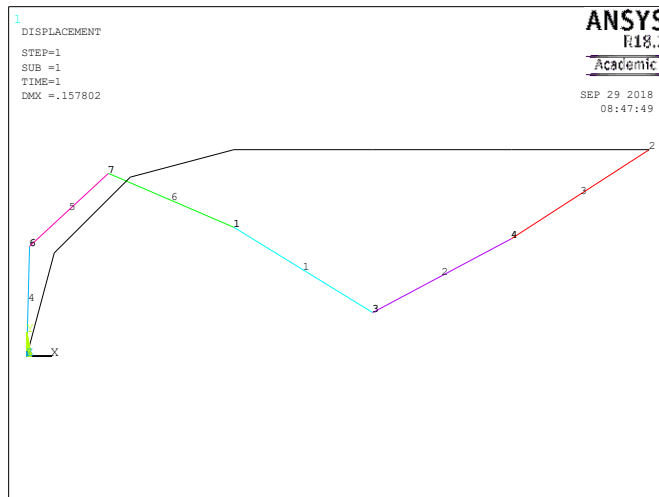
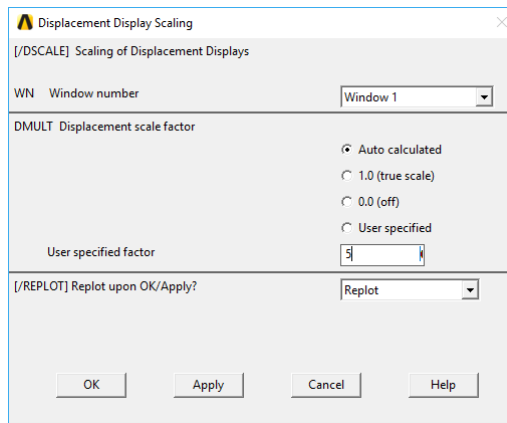
Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Deformed Shape

A felugró ablakban válasszuk ki a „Def + undeformed” opciót. **OK**.

A deformáció nagyítását (*scale factor*) állíthatjuk:

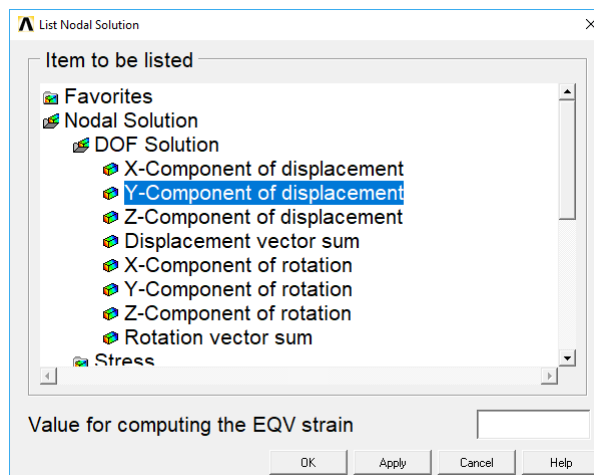
Utility Menu -> PlotCtrls -> Style -> Displacement Scaling

A felugró ablakban a DMULT mezőben válasszuk ki a „User specified” opciót és írjunk be 5-t. **OK**.



A csomóponti Y-irányú elmozdulásokat ki is listázhatjuk:

Utility Menu -> List -> Results -> Nodal solution ... / Nodal Solution / DOF Solution / Y-Component of displacement



```

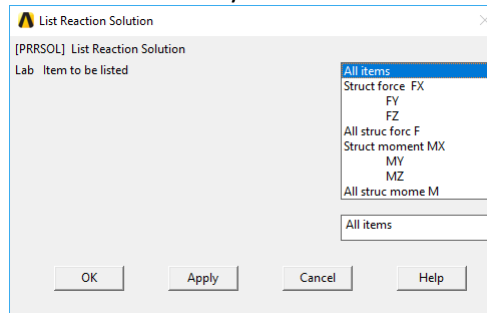
PRNSOL Command
File
PRINT U      NODAL SOLUTION PER NODE
***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM
      NODE      UV
      1      -0.25277E-001
      2      0.00000
      3      -0.15780
      4      -0.86173E-001
      5      0.00000
      6      0.52809E-002
      7      0.37440E-002
MAXIMUM ABSOLUTE VALUES
NODE      3
VALUE     -0.15780

```

A későbbiekben vizsgálni fogjuk, hogy különböző elemszámok esetén hogyan változik ez az érték.
 Reakciók listázása:

Utility Menu -> List -> Results -> Reaction Solution ... / All items

Megkapjuk a két végponton működő reakció erőket és nyomatékokat.



```

PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM
      NODE      FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
      2      -3119.6      3738.6      0.0000      0.41963E-015      0.72496E-014      -1462.4
      5      3119.6      2261.4      0.0000      -0.32129E-014      0.47575E-015      -872.99
TOTAL VALUES
VALUE     -0.59481E-009      6000.0      0.0000      -0.27933E-014      0.77254E-014      -2335.4

```

Érdekességképpen írjuk fel az A keresztmetszetben ébredő reakciókat és vizsgáljuk meg miképpen változik értékük az elemszám sűrítésével. A dokumentum végén látható táblázat tartalmazza.

Lehetőség van az elemhez kötött mennyiségek (feszültségek, nyomatékok, stb.) lekérdezésére is. Ennek kinyeréséhez szükséges az eredményfile-ből kiolvasni az értékeket és készíteni belőle egy táblázatot (*Element Table*).

Elsőként nézzük meg a hajlítónyomaték változását.

Main Menu -> General Postproc -> Element Table -> Define Table / Add ...

A felugró ablakban a Lab mezőben nevet adhatunk a készítendő táblázatnak, legyen pl „nyom1”. Ez fogja tartalmazni az elem lokális kezdő (I-edik) csomópontjában érvényes hajlítónyomatéki igénybevétel nagyságát.

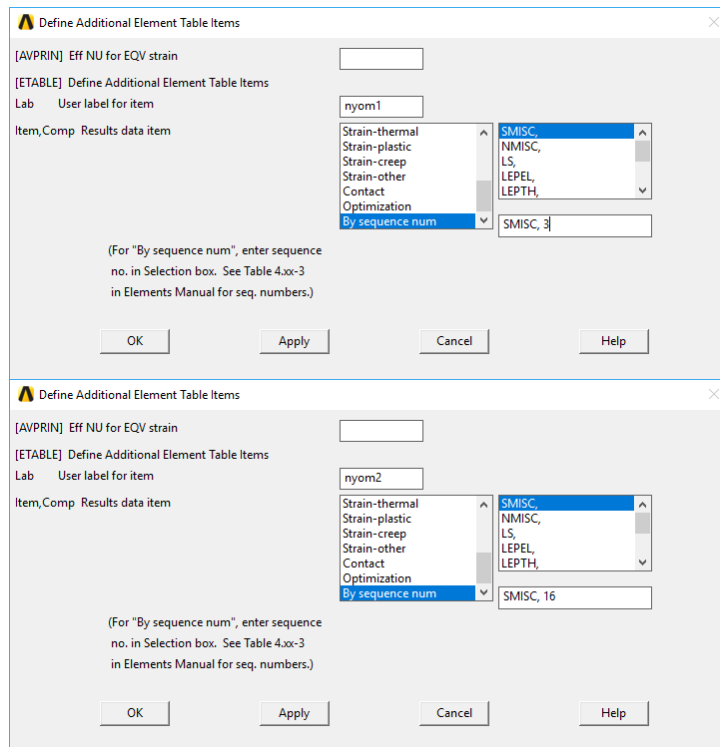
Az Item ablakban válasszuk ki a „By sequence num” mezőt. Ezt követően a Results data item ablak tartalma változik.

A BEAM 188 elem leírása szerint (Command menu-ben a „help beam188” paranccsal előhívhatjuk) a lokális kezdő csomópontban az MZ hajlítónyomaték értéke az SMISC,3 mennyiség.

Table 188.2 BEAM188 Item and Sequence Numbers

Output Quantity Name	ETABLE and ESOL Command Input		
	Item	I	J
Fx	SMISC	1	14
My	SMISC	2	15
Mz	SMISC	3	16
TQ	SMISC	4	17

Írjuk be a data item mezőbe, hogy SMISC, 3 majd **Apply-t**. Csináljuk meg ugyanezt az elem vég csomópontjára is. Neve legyen „nyom2”, a data item pedig a fenti táblázat szerint SMISC, 16. **OK**.



Element Table Data

Currently Defined Data and Status:

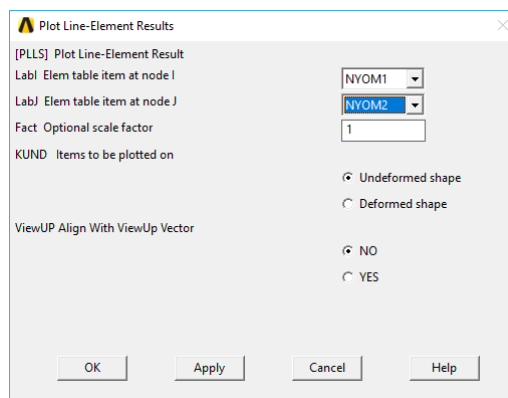
Label	Item	Comp	Time Stamp	Status
NYOM1	SMIS	3	Time= 1.0000	(Current)
NYOM2	SMIS	16	Time= 1.0000	(Current)

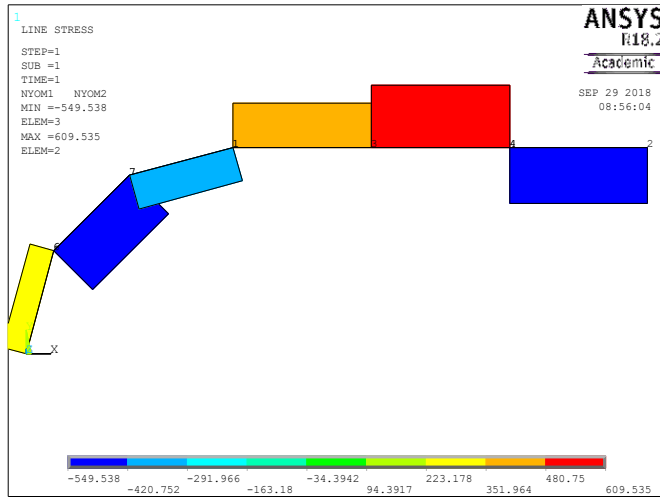
Buttons: Add..., Update, Delete, Close, Help

Rajzoltassuk ki a fenti értékeket:

Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Contour Plot / Line Elem Res

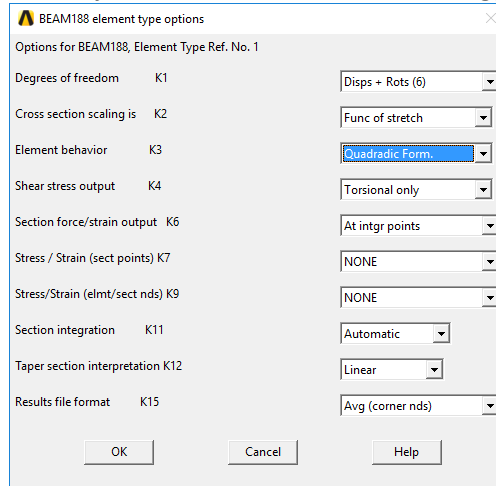
Labl-nél a NYOM1-t válasszuk LabJ-nél pedig a NYOM2-t maj **OK**. Az elem mentén látható a hajlítónyomaték változása. Most minden elem felett konstans a hajlítónyomaték értéke, mert default beállítás esetén az alkalmazott elemtípus (BEAM188) interpolációja olyan, hogy a hajlítónyomatékot az elem felett konstansként tudja csak kezelni. Ha átállítjuk a BEAM188 opciójánál az interpolációt kvadratikusra akkor már lineárisan közelíti ez az elem az Mh-t. Fontos kihangsúlyozni, hogy itt a Timoshenko-féle gerenda elméletet alkalmazza a szoftver nem pedig az Euler-Bernoulli-féle elméletet!





Main Menu -> Preprocessor -> Element Type -> Add/Edit/Delete / Options...

Állítsuk át a K3 opciót Quadratic Form-ra, majd OK. A későbbi számításoknál így használjuk.



Futtassuk le újra a számítást.

Main Menu -> Solution -> Solve -> Current LS

Frissítsük a korábban megadott Element Table adatokat az új eredményekkel:

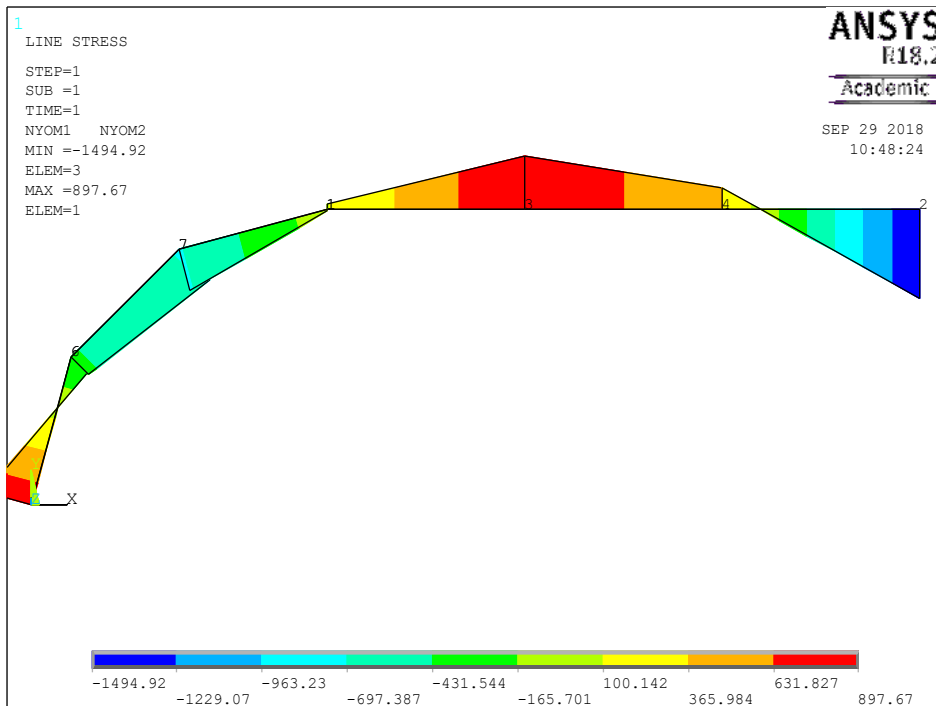
Main Menu -> General Postproc -> Element Table -> Define Table

Válasszuk ki NYOM1-t majd Update gomb, aztán NYOM2 és Update gomb.

Rajzoltassuk ki újra a hajlítónyomaték eloszlását:

Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Contour Plot / Line Elem Res

Látható, hogy így már lineáris változású az Mh értéke egy adott elem mentén.



A valóságban az egyenes szakaszon a konstans megoszló terhelés miatt másodfokú az M_h jellege!

Y-irányú nyíró igénybevétel kiplottoltatásához létre kell hoznunk az elem kezdő és végpontjában érvényes nyíróerő értékekből a szükséges táblázatot:

Main Menu -> General Postproc -> Element Table -> Define Table / Add ...

A felugró ablakban a Lab mezőben nevet adhatunk a készítendő táblázatnak, legyen pl „V1”. Ez fogja tartalmazni az elem lokális kezdő (1-edik) csomópontjában érvényes nyíró igénybevétel nagyságát.

Az Item ablakban válasszuk ki a „By sequence num” mezőt. Ezt követően a Results data item ablak tartalma változik.

A BEAM 188 elem leírása szerint (Command menu-ben a „help beam188” paranccsal előhívhatjuk) a lokális kezdő csomópontban az Y-irányú nyíró igénybevétel értéke az SMISC,6 mennyiség.

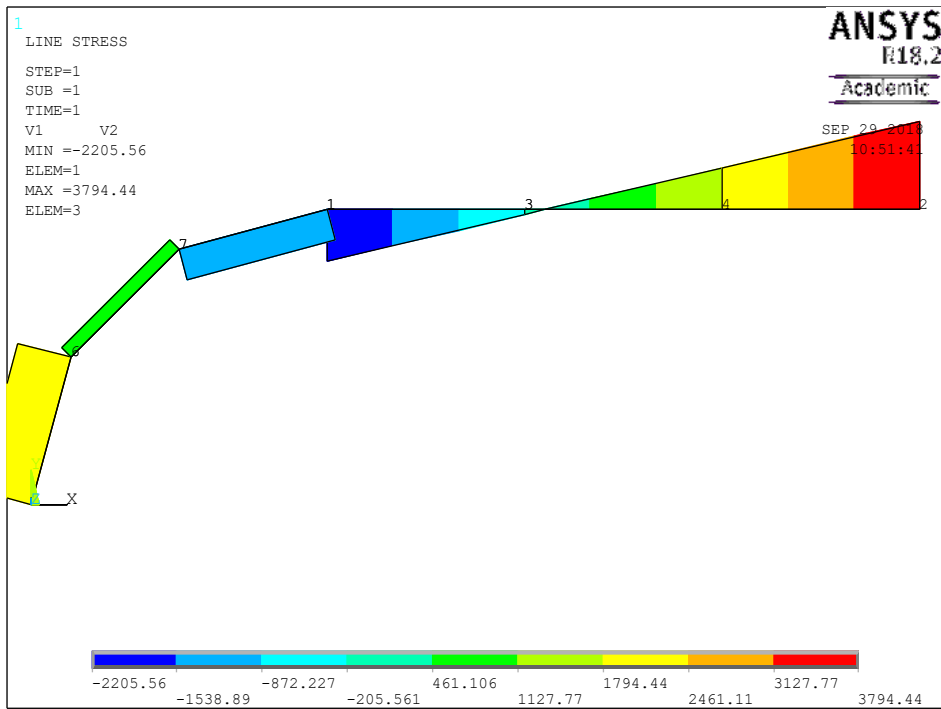
Írjuk be a data item mezőbe, hogy SMISC, 6 majd **Apply-t**. Csináljuk meg ugyanezt az elem vég csomópontjára is.

Neve legyen „V2”, a data item pedig a fenti táblázat szerint SMISC, 19. **OK**.

Plottoltassuk ki a fenti értékeket:

Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Contour Plot / Line Elem Res

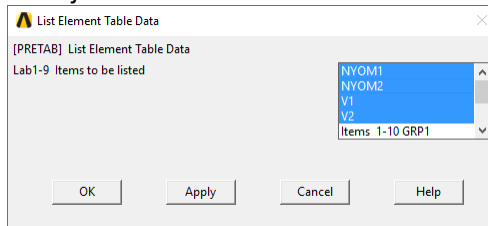
Lab1-nél a V1-t válasszuk LabJ-nél pedig a V2-t maj **OK**.



Az Element Table adatait ki is listázhatjuk:

Utility Menu -> List -> Results -> Element Table Data ...

Válasszuk ki, hogy mit akarunk kilistázni majd OK.



PRETAB Command

```

PRINT ELEMENT TABLE ITEMS PER ELEMENT
***** POST1 ELEMENT TABLE LISTING *****

```

STAT ELEM	CURRENT NVOM1	CURRENT NVOM2	CURRENT U1	CURRENT U2
1	93.963	897.67	-2205.6	-205.56
2	897.67	368.04	-205.56	1794.4
3	368.04	-1494.9	1794.4	3794.4
4	810.08	-410.82	2358.6	584.94
5	-410.82	-713.61	584.94	584.94
6	-713.61	-17.148	-1345.5	-1345.5
MINIMUM VALUES				
ELEM	6	3	1	6
VALUE	-713.61	-1494.9	-2205.6	-1345.5
MAXIMUM VALUES				
ELEM	2	1	4	3
VALUE	897.67	897.67	2358.6	3794.4

Az elemleírás szerint az SByT érték a „Bending stress on the element +Y side of the beam”. Érdemes ezt is kilistázni. Ez lesz a hajlításból adódó feszültség a felső szélső szálaban. Ehhez új Element Table kell.

Main Menu -> General Postproc -> Element Table -> Define Table / Add ...

A felugró ablakban a Lab mezőben nevet adhatunk a készítendő táblázatnak, legyen pl „fesz1”. Ez fogja tartalmazni az elem lokális kezdő (1-edik) csomópontjában a +Y szélső szálaban a hajlításból adódó feszültséget.

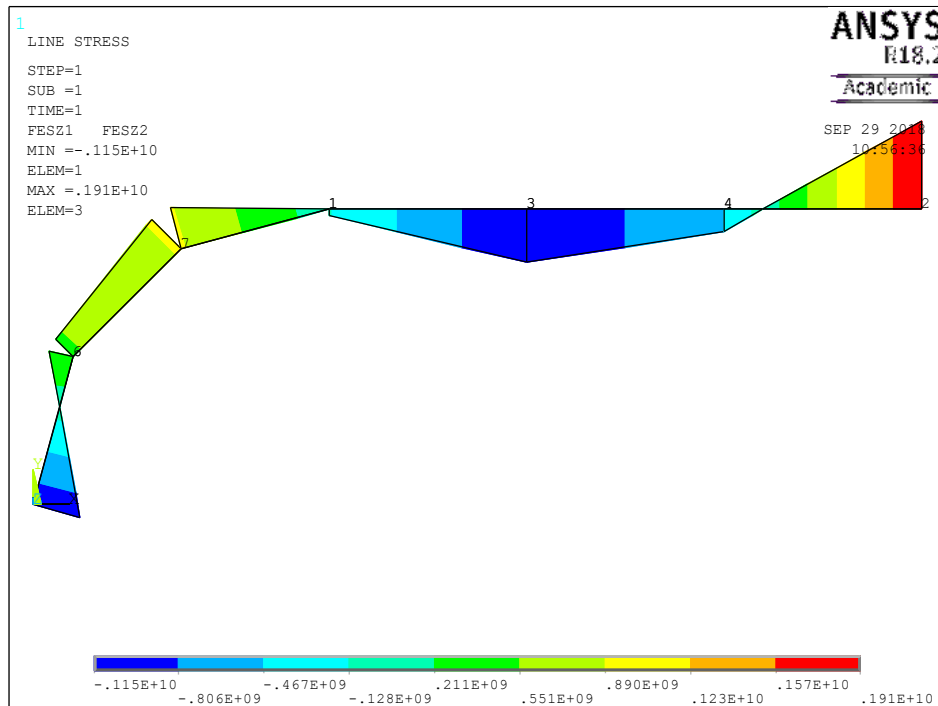
Az Item ablakban válasszuk ki a „By sequence num” mezőt. Ezt követően a Results data item ablak tartalma változik. A BEAM 188 elem leírása szerint a lokális kezdő csomópontban a +Y szélső szálaban a hajlításból adódó feszültség értéke az SMISC,32 mennyiség.

Írjuk be a data item mezőbe, hogy SMISC, 32 majd **Apply-t**. Csináljuk meg ezt „fesz2”-re is ami az elem vég csomópontjában érvényes +Y szélső szálaban ébredő feszültséget tartalmazza. Ez lesz az SMISC, 37 mennyiség.

Plottoltassuk ki a fenti értékeket:

Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Contour Plot / Line Elem Res

Lab1-nél a fesz1-t válasszuk LabJ-nél pedig a fesz2-t maj **OK**.



HÁLÓSÚRÍTÉS

Vizsgáljuk meg további három elemmérettel a kapott eredményeket. Legyen az egyenes és körív szakaszon is az elemek száma: 6,12 és 24.

Ehhez törölnünk kell az elemfelosztást, majd új hálózást készíteni. Mivel az új hálózással változik a csomópontok sorszama is, emiatt elvesznek a korábban beállított kinematikai peremfeltételek és a terhelések. Ezeket újra meg kell adni.

Korábbi felosztás törlése:

Main Menu -> Preprocessor -> Meshing -> Clear -> Lines

Pick All.

Rajzoltassuk ki a line-okat:

Utility Menu -> Plot / Lines

Készítsünk új hálót NDIV=6 értékkel.

Main Menu -> Preprocessor -> Meshing -> MeshTool

A MeshTool ablakban a *Size Controls*: alatt a *Lines* mellett nyomjunk a **Set**-re majd a felugró ablakban *Pick All*. Az új ablakban az NDIV mezőbe írjunk 6-at és **OK**. Hálózás: A MeshTool ablakban kattintsunk a **Mesh** gombra majd a *Pick All*-ra. Ezzel kész az új hálózás.

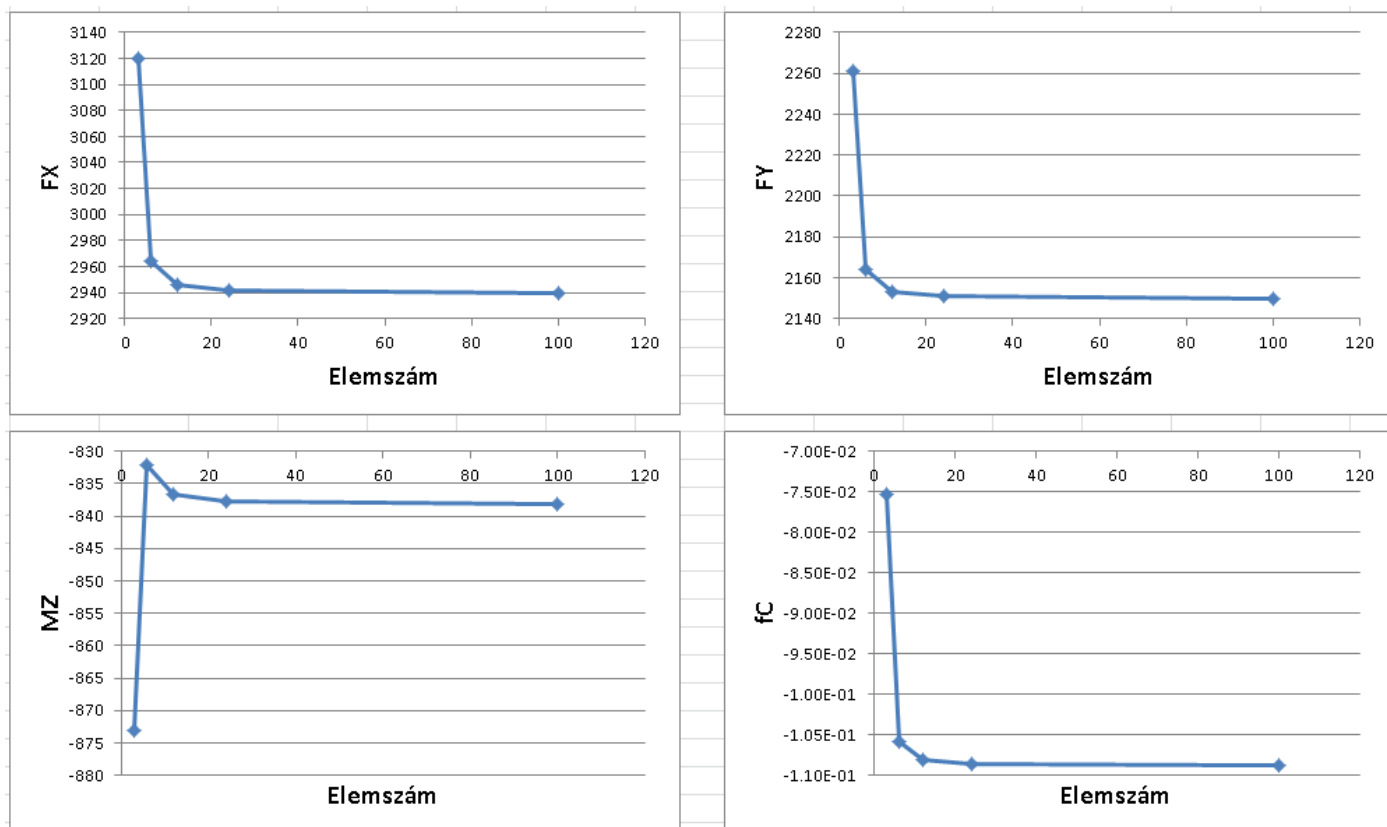
Adjuk meg újra a kinematikai peremfeltételeket és a terhelést. Most majd 6 elemen kell alkalmazni a pressure-t. Ezt követően futtassuk le és vizsgáljuk meg a korábban kapott eredményeket. Látszik, hogy pontosabb eredményeket kaptunk.

Csináljuk végig a számítást 12 és 24 elem használatával is.

Az alábbi táblázat összefoglalja az A befogásnál kapott értékeket a reakcióokra, valamint a C függőleges elmozdulását különböző elemszámok esetén. Érdekességképpen feltüntetve a 100-as elemfelosztást is.

elemszám (NDIV)	FX	FY	MZ	C függőleges elmozdulása
3	3119.6	2261.4	-872.99	-0.75277E-01
6	2964.2	2163.9	-832.17	-0.10592
12	2946.0	2153.5	-836.66	-0.10809
24	2941.4	2150.8	-837.72	-0.10863
100	2940.0	2150	-838.05	-0.10881

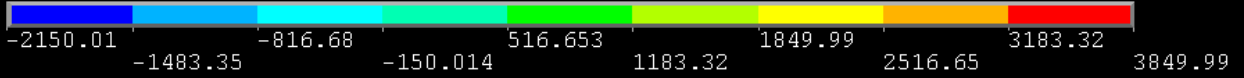
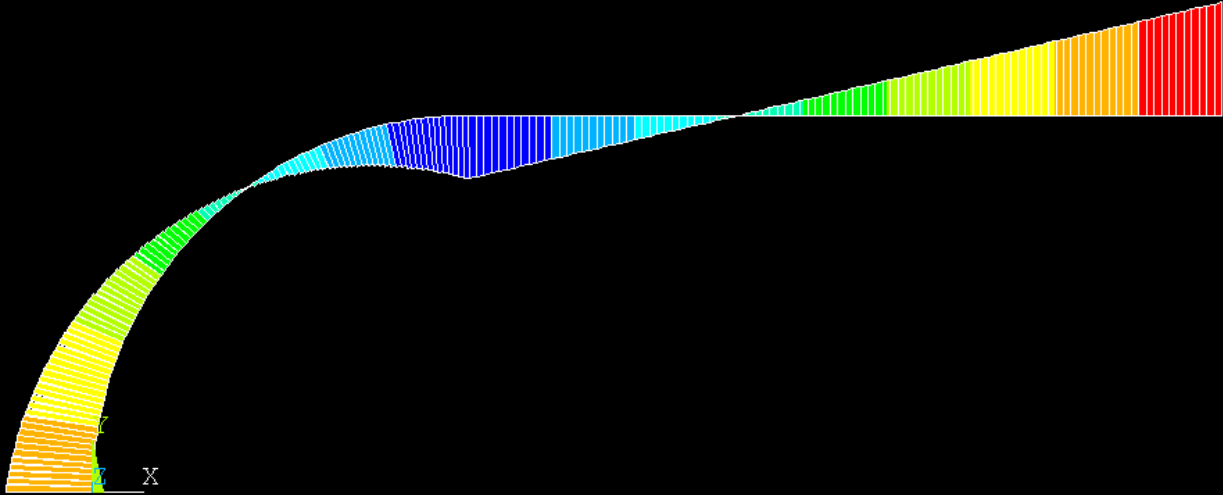
Az értékek változását az alábbi ábra szemlélteti.



Látható, hogy a 24-es és 100-as felosztás közötti különbség már nem annyira számottevő.

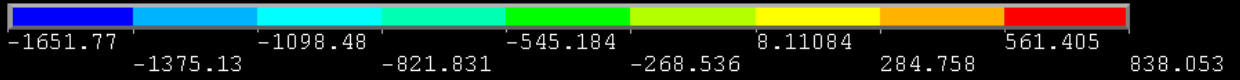
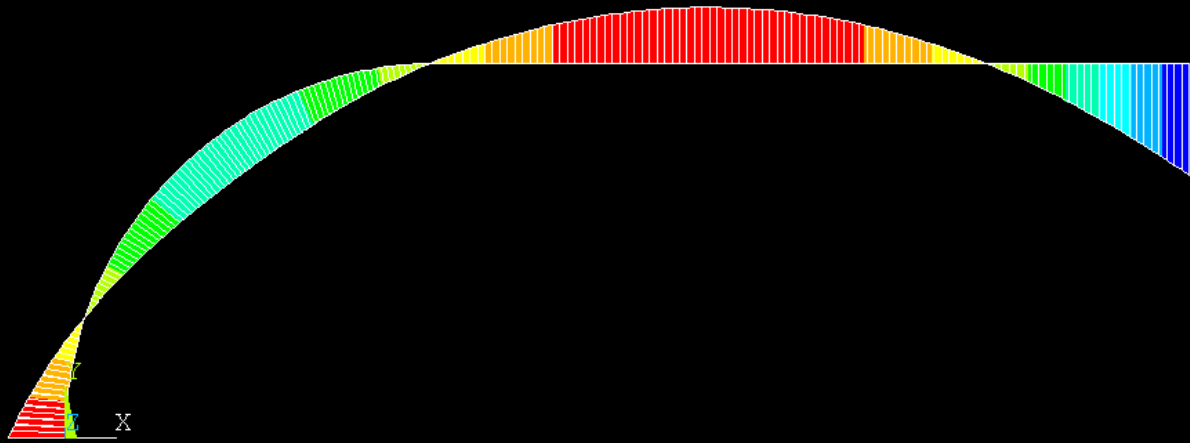
A következő ábrák mutatják a 100-as felosztással kapott nyíróerő ábrát, hajlítónyomatéki ábrát és a felső szélső szálban ébredő feszültséget.

1
LINE STRESS
STEP=1
SUB =1
TIME=1
V1 V2
MIN =-2150.01
ELEM=1
MAX =3849.99
ELEM=100



1

LINE STRESS
STEP=1
SUB =1
TIME=1
NYOM1 NYOM2
MIN =-1651.77
ELEM=100
MAX =838.053
ELEM=101



1

LINE STRESS

OCT 30 2013
13:25:00

STEP=1
SUB =1
TIME=1
FESZ1 FESZ2
MIN =-.107E+10
ELEM=101
MAX =.211E+10
ELEM=100

