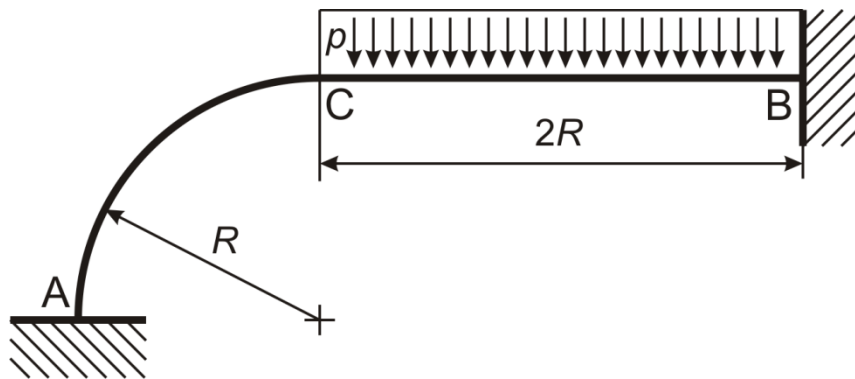


Határozzuk meg az alábbi szerkezet deformációját és a falban ébredő reakciókat. A tartó állandó d átmérőjű kör keresztmetszetű. Szilárdságtani ismeretekkel hosszadalmas lenne a megoldás, mivel háromszorosan statikailag határozatlan a feladat.



$$\begin{aligned} R &= 1 \text{ m} \\ d &= 20 \text{ mm} \\ E &= 200 \text{ GPa} \\ \nu &= 0.3 \\ p &= 3000 \text{ N/m} \end{aligned}$$

ANSYS indítása, majd válasszunk 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 3. *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 válasszuk.

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

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.

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 sorszáma:

Utility Menu -> PlotCtrls -> Numbering ...

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

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

Utility Menu -> List -> Picked Entities +

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

KINEMATIKAI PEREMFELTÉTELEK MEGADÁSA

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

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

Válasszuk ki a 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 kontrollálni. 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)

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)

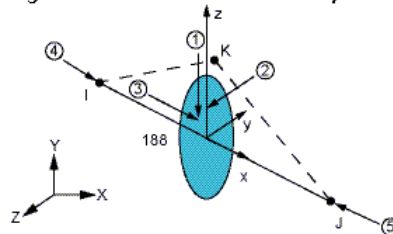
face 2 (I-J) (-y normal direction)

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*) átállíthatjuk:

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

A C keresztmetszethez tartozó csomópont Y irányú elmozdulását írjuk be egy táblázatba (dokumentum végén látható), 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 reakcióerőket és nyomatékokat. Érdeklődéssel 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**.

Plottoltassuk ki a fenti értékeket:

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

LabI-nél a NYOM1-t válasszuk LabJ-nél pedig a NYOM2-t majd **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 hajlítónyomatékokat 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 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

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 mádfokú az Mh jellege!

Y-irányú nyíró igénybevétel kiplotoltatásához 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

Labl-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**.

Az elemleírás szerint az SByT érték a „Bending stress on the element +Y side of the beam”. Érdekes 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.

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 sorszáma 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 majd **OK**.

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.

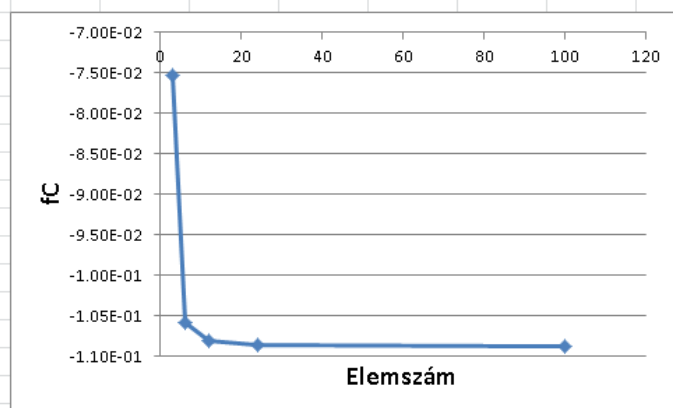
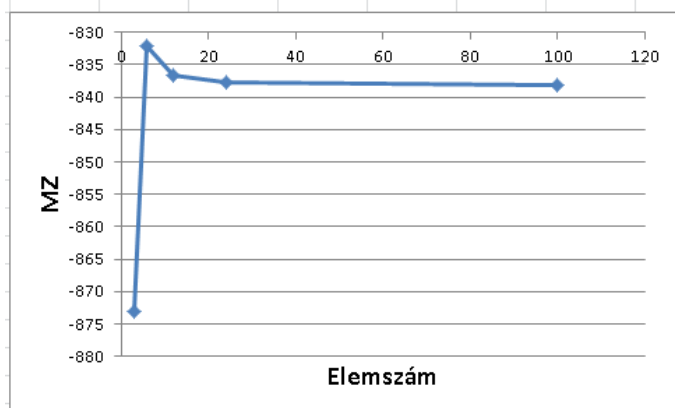
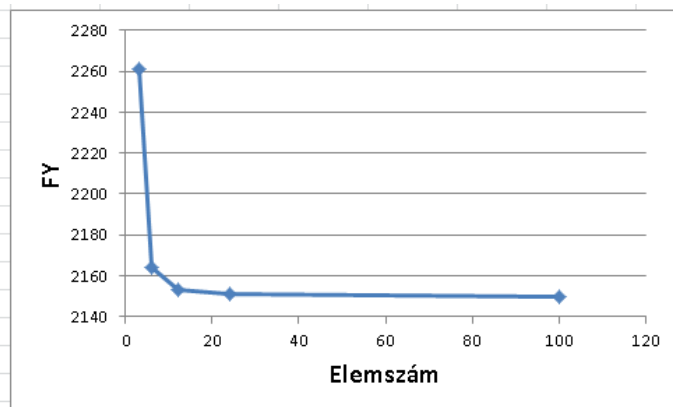
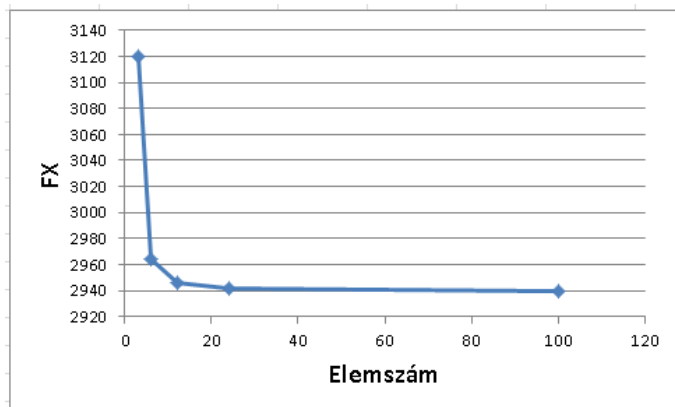
Adjuk meg újra a kinematikai peremfeltételeket és a terhelést. Most majd 6 elemen kell alkalmazni a pressure-t. Ezt követően futtassuk le és vizsgáljuk meg a korábban kapott eredményeket. Látszik, hogy pontosabb eredményeket kaptunk.

Csináljuk végig a számítást 12 és 24 elem használatával is.

Az alábbi táblázat összefoglalja a különböző elemszám használatával kapott értékeket, 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 szélben ébredő feszültséget.

1

LINE STRESS

ANSYS

OCT 30 2013

13:24:15

STEP=1

SUB =1

TIME=1

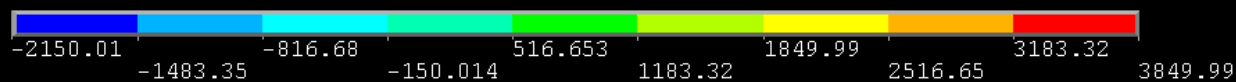
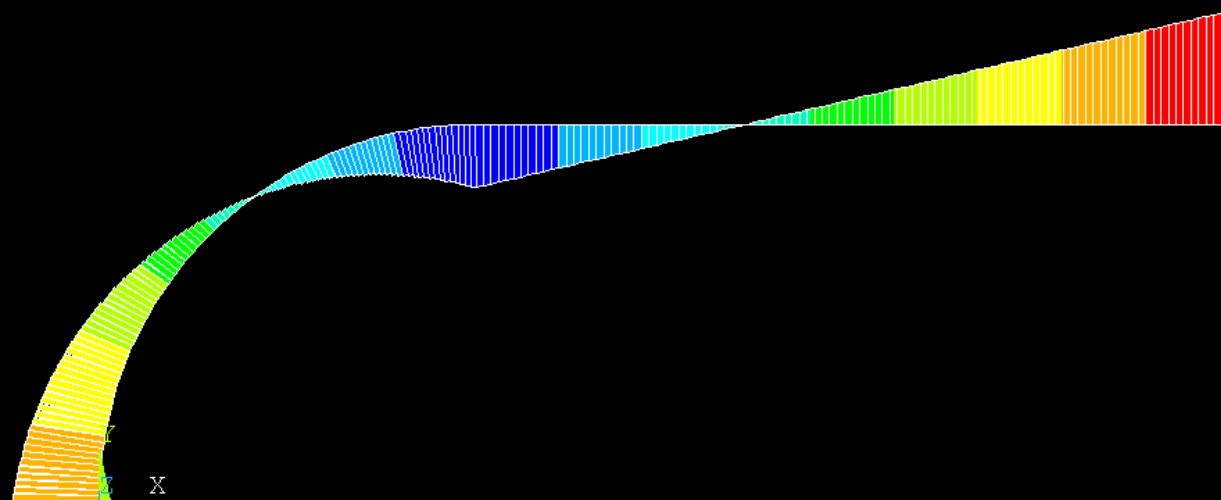
V1 V2

MIN =-2150.01

ELEM=1

MAX =3849.99

ELEM=100



1

ANSYS

OCT 30 2013

13:24:43

LINE STRESS

STEP=1

SUB =1

TIME=1

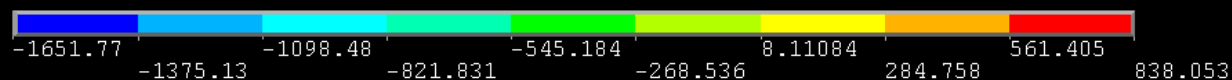
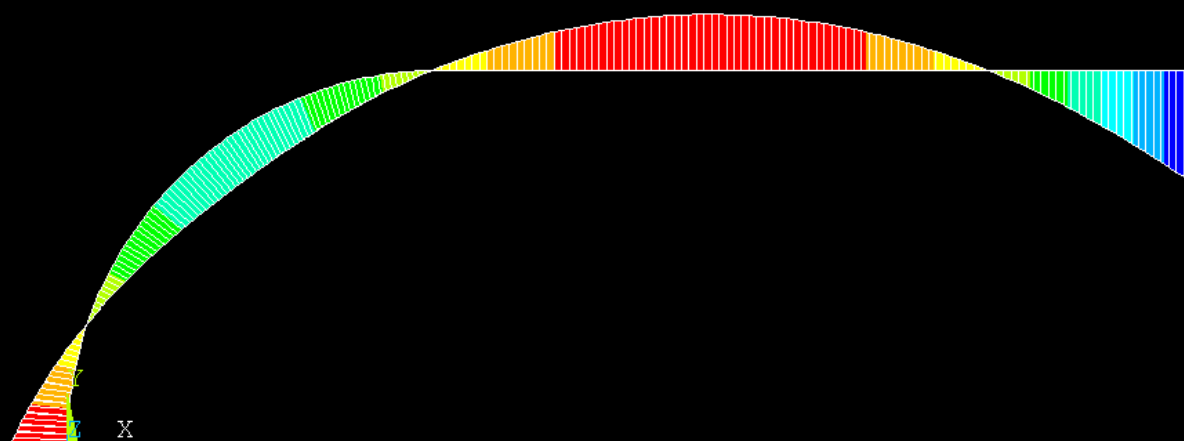
NYOM1 NYOM2

MIN =-1651.77

ELEM=100

MAX =838.053

ELEM=101



1

LINE STRESS

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

ANSYS

OCT 30 2013
13:25:00

