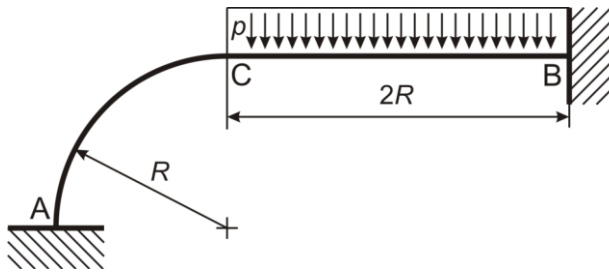


## FELADAT

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.



ADATOK:

$R = 1 \text{ m}$   
 $d = 20 \text{ mm}$   
 $E = 200 \text{ GPa}$   
 $\nu = 0,3$   
 $p = 3000 \text{ N/m}$

## ANSYS INDÍTÁSA

Indítás Linux alól: CTRL+ALT+F5; Felhasználónév és jelszó azonos, megtalálható a billentyűzeten.

Indítás felső menüben található Ansys Product Launcher parancsikonnal.

Válasszunk munkakönyvtárat és *jobname*-t. A munkakönyvtár lehet pl D:\NEPTUNKOD.

Run

## GEOMETRIA MEGADÁSA

Építkezés „alulról fölfelé”: elsőként definiáljunk pontokat, amik segítségével létrehozhatók a vonalak. Később ezek segítségével lehet felületeket, majd térfogatokat létrehozni.

(„Felülről lefelé”: lehet 2D vagy 3D primitíveket közvetlenül létrehozni, majd ezeket Boole-algebrai műveletekkel módosítani.)

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

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 [m]	Y [m]	Z [m]
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**.

Ha valamit elrontottunk, akkor törölni a

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Delete

megfelelő lehetőséggel tudunk.

## 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**. Figyeljünk rá, hogy a tizedes jelölő a pont, nem pedig a vessző! Bezárhatjuk a *Material Models* ablakot.

## ELEMTÍPUS MEGADÁSA

BEAM188 gerendaelemet fogunk használni. Ez kétcsomópontos elem, mely a Timoshenko-féle gerendaelméleten alapul, nem pedig az Euler-Bernoulli-félén.

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

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

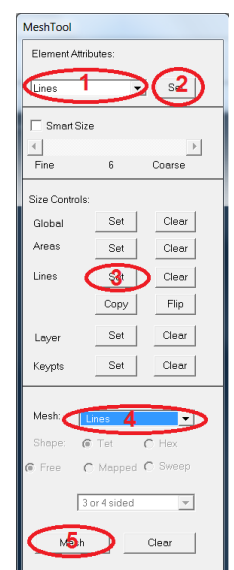
Elsőként a hálózáshoz használt elemhez hozzá kell rendelni az attribútumait:

A felugró ablakban az *Element Attributes*: alatti legördülő menüből válasszuk ki a *Lines*-t (1) majd nyomjunk a mellette lévő **Set** gombra (2). 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 (3) 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 (5) majd a **Pick All**-ra. Ezzel kész a hálózás.

Ha szükséges akkor megjeleníthetjük a csomópontok és az elemek sorszámát:



Utility Menu -> PlotCtrls -> Numbering ...

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

### KINEMATIKAI PEREMFELTÉTELEK MEGADÁSA

A két végpont teljesen meg van fogva.

Main Menu -> Loads -> 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 -> Loads -> 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 végpont-jában. Ha csak a VALI-hez írunk akkor állandó intenzitású megoszló erőrendszert alkalmaz, amilyen a vizsgált példa is (VALJ – leave blank for uniform pressure). VALI értékére adjuk meg a 3000-t.

Azt, 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 koordinátarendszert jelenti! Írjunk be LKEY értékének 2-t, majd **OK**.

### 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 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 megjegyezzük, a későbbiekben vizsgálni fogjuk, hogy különböző elemszámok esetén hogyan változik ez az érték (a dokumentum végén látható táblázat).

Reakciók listázása:

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

Megkapjuk a két végponton működő reakcióerőket és nyomatékokat. Érdekesképpen írjuk fel az A keresztmetszetben ébredő reakciókat és vizsgáljuk meg miképpen változik értékük az elemszám sűrítésével. (a dokumentum végén látható táblázat tartalmazza).

## IGÉNYBEVÉTELEK MEGJELENÍTÉSE

Lehetőség van az elemhez kötött mennyiségek (feszültségek, nyomatékok, stb.) lekérdezésére is. Ennek kinyeréséhez szükséges az eredményfile-ból 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 (1-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 a lokális kezdő csomópontban az MZ hajlítónyomaték értéke az SMISC,3 mennyiség. Írjuk be a *data item* mezőbe, hogy SMISC, 3 majd nyomjunk **Apply-t**. Csináljuk meg ugyanezt az elem végcsomópontjára is. Neve legyen „nyom2”, a *data item* pedig a fenti táblázat szerint SMISC, 16. **OK**.

Rajzoljuk ki a fenti értékeket:

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

*Lab1*-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 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.

**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 megoszoló terhelés miatt mádo fokú az Mh jellege!

Y-irányú nyíró igénybevétel kirajzolásához hasonlóan kell eljárni. A kezdő és vég csomóponti nyíróigénybevétel értékeit az SMISC,6 és 19 tartalmazza.

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*”. Érdemes ezt is kilistázni. Ez lesz a hajlításból adódó feszültség a felső szélső szálaban. Ehhez új *Element Table* kell. Készítsünk egy *Element table-t* a +Y szélső szálaban a hajlításból adódó feszültség értékéhez (kezdő és vég csomópontokban ez a mennyiség az SMISC,32 és 37).

## 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.

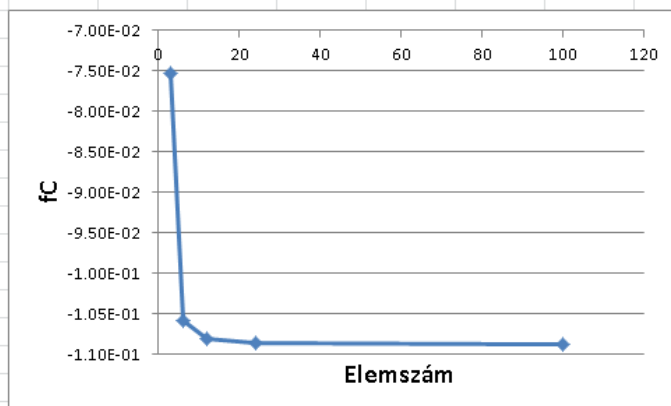
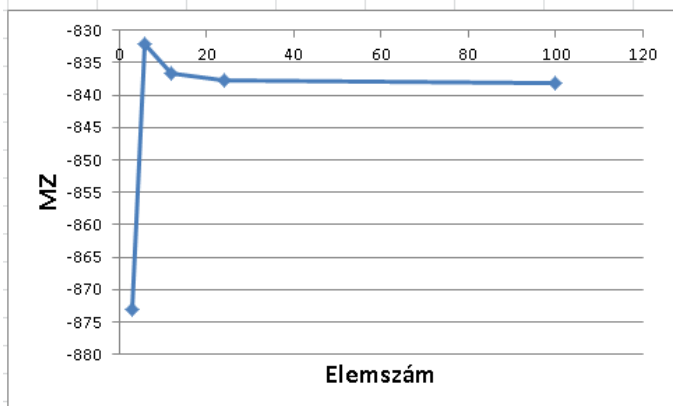
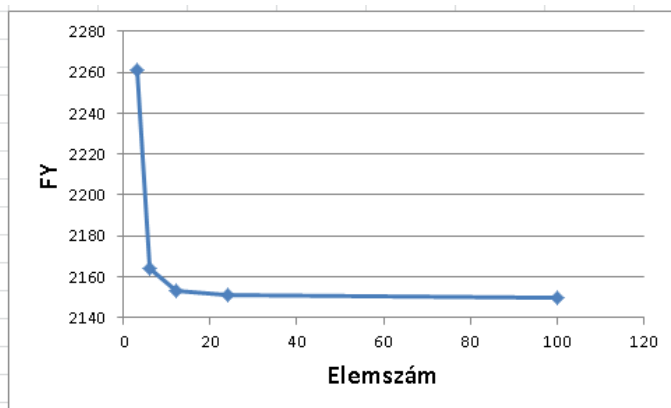
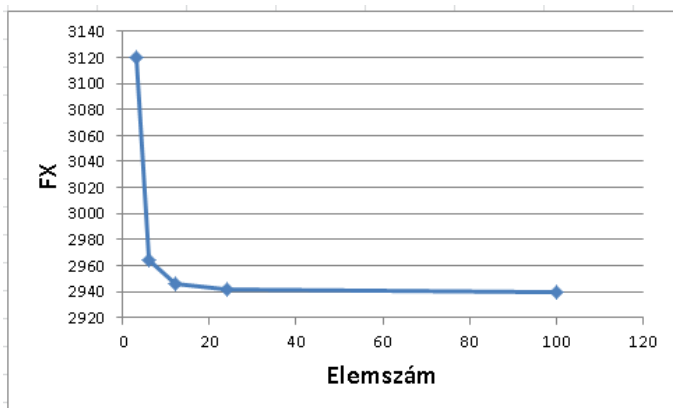
Adjuk meg újra a kinematikai peremfeltételeket és a terhelést. Most majd 6 elemen kell alkalmazni a pressure-t. Ezt követően futtassuk le és vizsgáljuk meg a korábban kapott eredményeket. Látszik, hogy pontosabb eredményeket kaptunk.

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

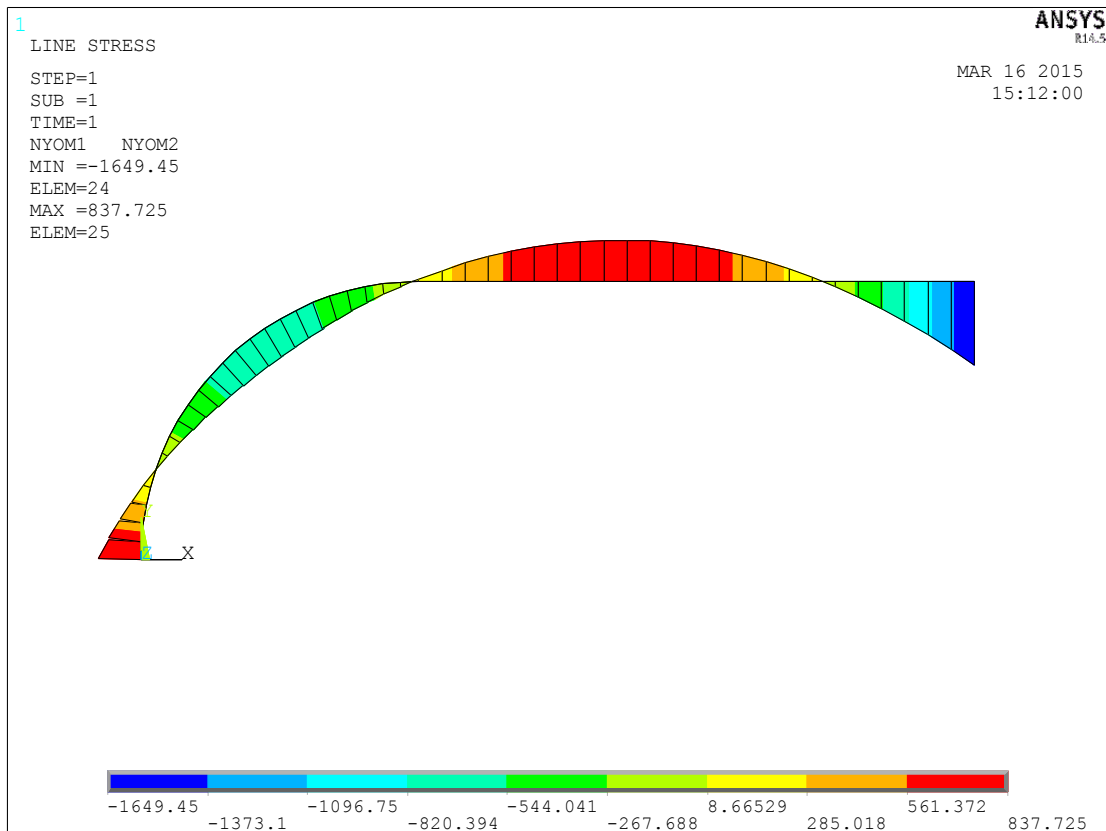
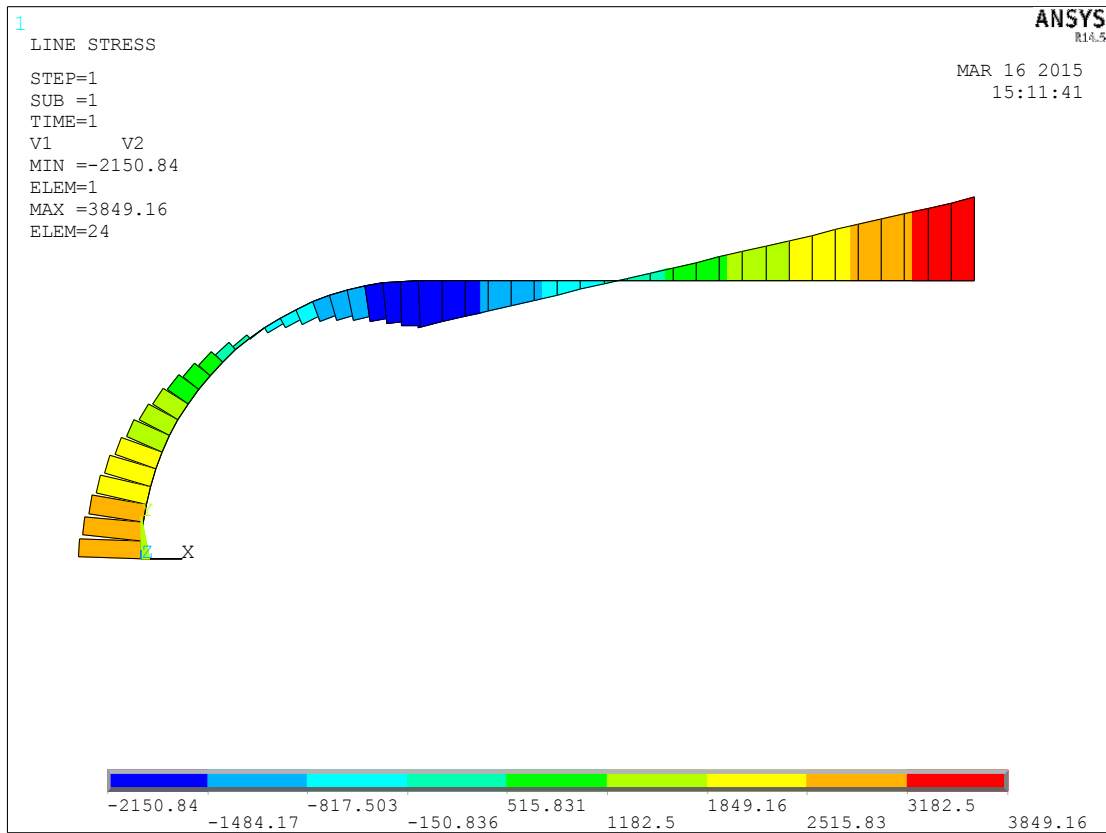
Az értékek változását az alábbi ábra szemlélteti.



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

A következő ábrák mutatják a 24-es felosztással kapott nyírőerő ábrát, hajlítónyomatóteki ábrát és a felső szélső szálban ébredő feszültséget.

Utility Menu -> PlotCtrls / Write Metafile / Invert White / Black



1  
LINE STRESS  
STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
S1 S2  
MIN =-.107E+10  
ELEM=25  
MAX =.210E+10  
ELEM=24

