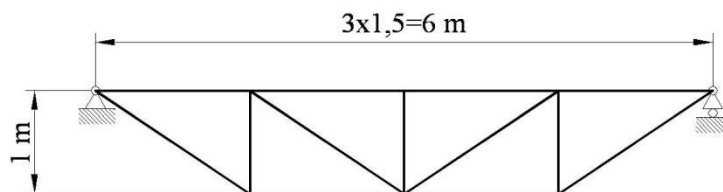


CAD-CAM-CAE Példatár

| | |
|---------------------------------|--|
| A példa megnevezése: | VEM Rúdszerkezet sajátfrekvenciája |
| A példa száma: | ÓE-A05 |
| A példa szintje: | alap – közepes – haladó |
| CAX rendszer: | |
| Kapcsolódó TÁMOP tananyag rész: | VEM |
| A feladat rövid leírása: | Rácsos tartó sajátfrekvenciáinak meghatározása végelem módszerrel. |

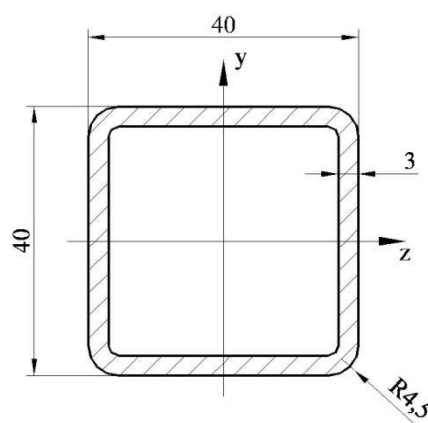
1 A feladat megfogalmazása

Adott az 5.1 ábrán vázolt rúdszerkezet. A rudak szabványos NSz40x40x3 hidegen hajlított szelvényből készülnek, közös síkban fekszenek, egymáshoz mereven kapcsolnak. A tartó két végén statikailag határozottan megtámasztott.



5.1. ábra. A vizsgálandó rúdszerkezet

A rudak keresztmetszeti méreteit és elhelyezkedését a koordináta rendszerben az 5.2 ábra mutatja.



5.2. ábra. A rudak keresztmetszete

A szabvány alapján a keresztmetszeti jellemzők:

$$A = 4,29 \text{ cm}^2,$$

$$I_z = I_y = 9,62 \text{ cm}^2$$

Meghatározandó a szerkezet első három sajátkörülfrekvenciája és lengésképe a szerkezet síkjára merőleges lengést is megengedve.

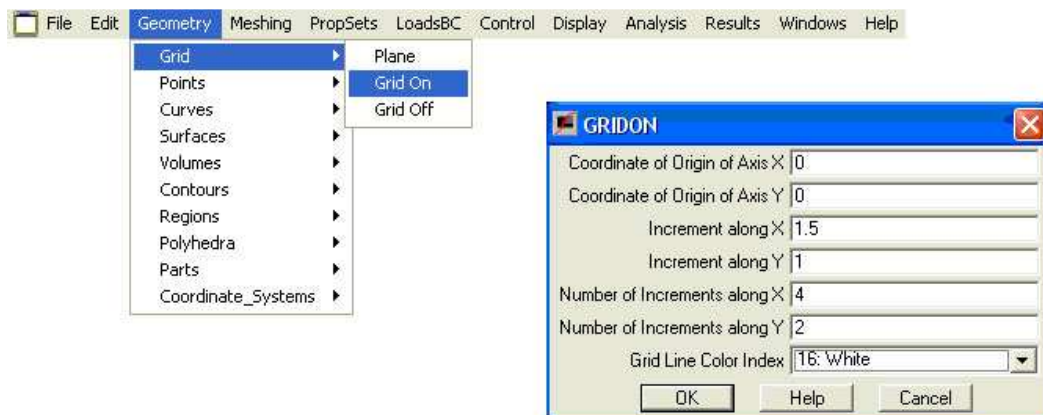
2 A feladat megoldása

A szerkezet geometriai felépítése nagyon egyszerű, könnyen megszerkeszthető a végelem program grafikus szerkesztőjében. A szerkezet csomópontjai egy egyenletes osztású rács rácspontjain helyezkednek el, ami tovább egyszerűsíti a szerkesztést. Ehhez először definiálni kell azt a síkot, amire a rács illeszkedik az 5.3 ábra alapján. Esetünkben ez a globális koordináta rendszer X-Y síkja.



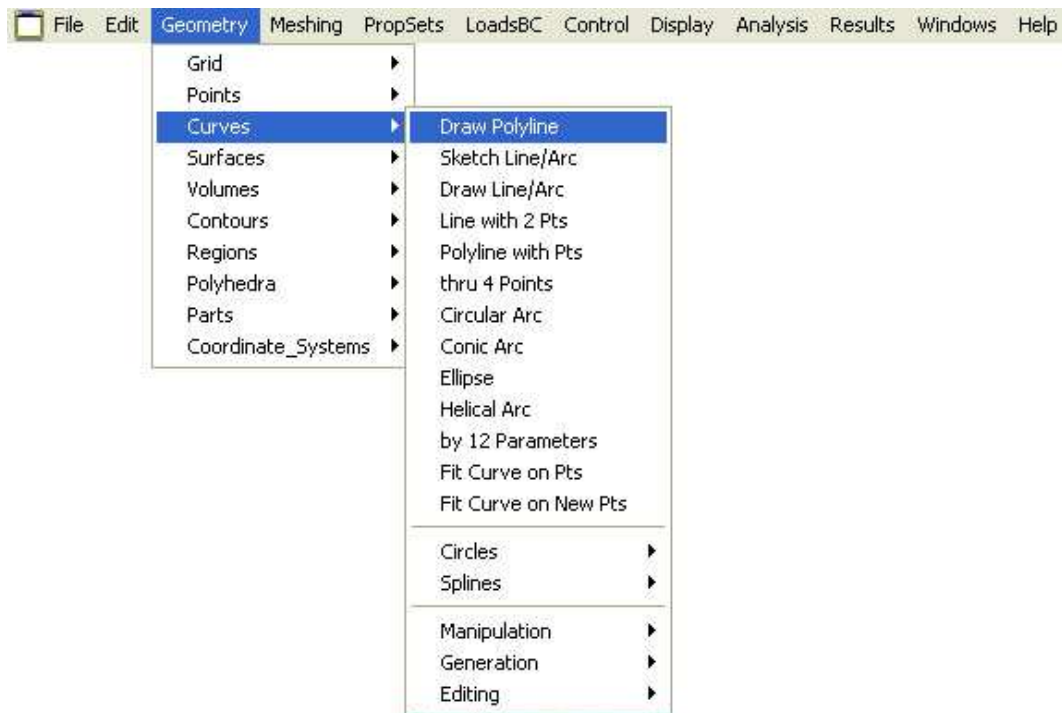
5.3. ábra. A rács síkjának megadása

Ezután következhet a rács megadása az 5.4 ábra szerint. Már most ügyelnünk kell, hogy a választott mértékegység rendszerben adjuk meg a számszerű értékeket. Esetünkben SI alapegységeket használva egy az X tengely mentén $4 \times 1,5$ m, az Y tengely mentén pedig $2, 1$ m osztású rácsot adunk meg.



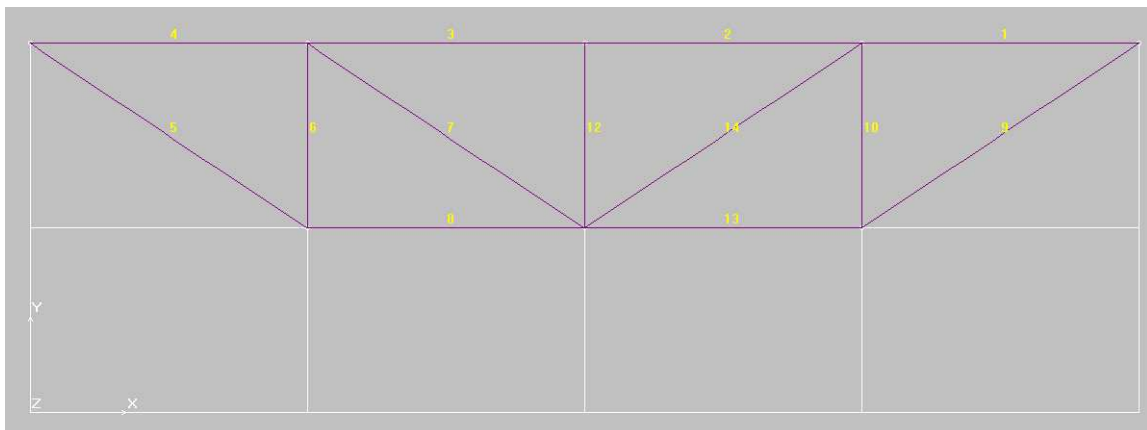
5.4. ábra. A rács megadása

Az így létrehozott rácson könnyen megszerkeszthetjük a geometriát az 5.5 ábra alapján. A végelem háló létrehozásakor segít, ha minden rudat külön egyenként szerkesztünk, még akkor is, ha a gyakorlatban teljesen nyilvánvalóan nem vágják el a rudakat minden csomópontnál.



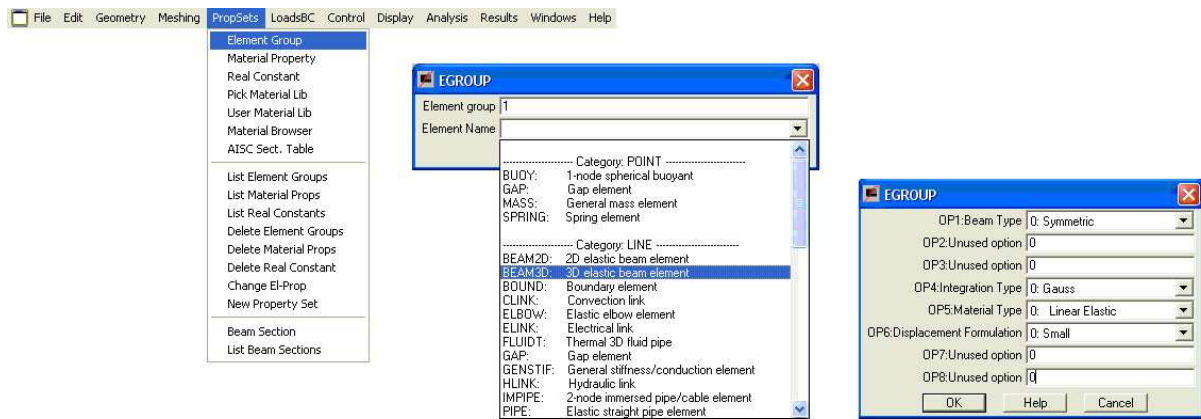
5.5. ábra. Az elemcsoport meghatározása

Az ennek figyelembevételével elkészített geometriai modellt az 5.6 ábra mutatja.



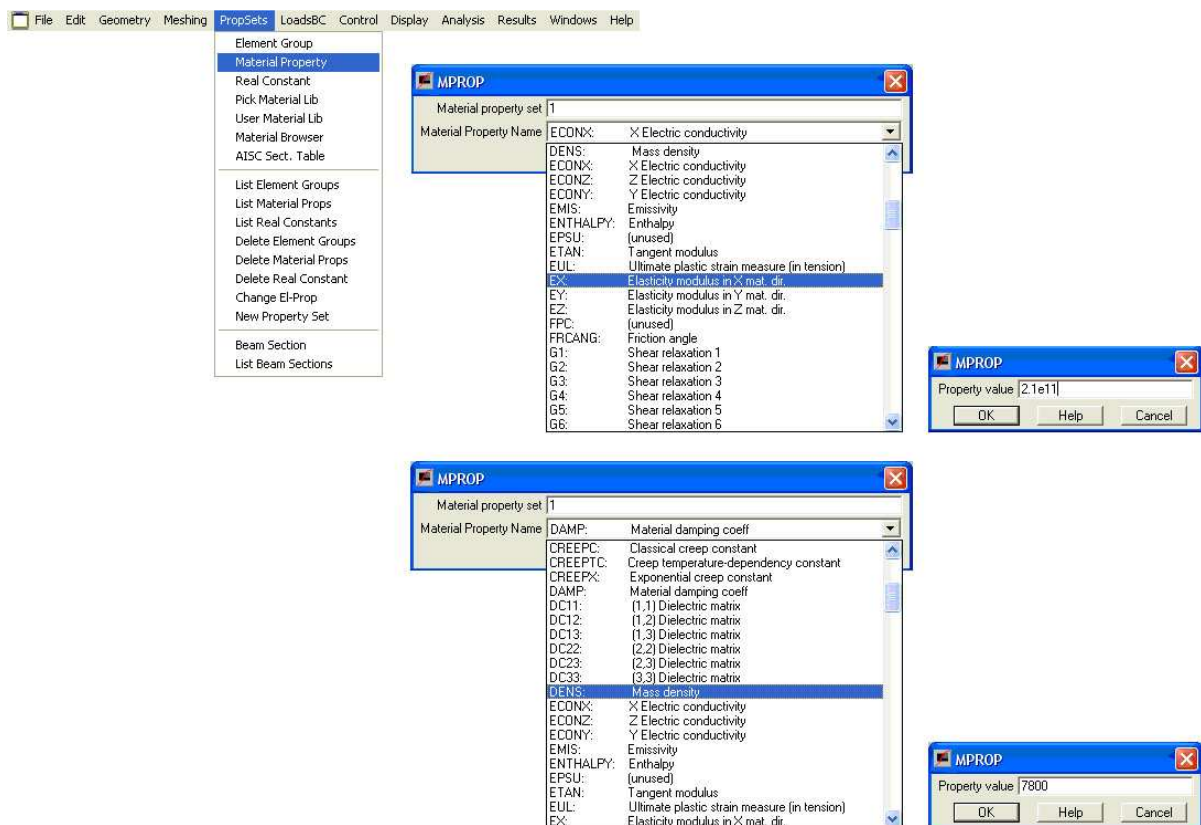
5.6. ábra. A geometriai modell, a rudak számozásával

Következő lépésben meghatározzuk az alkalmazandó végeselemek tulajdonságait. Elsőként az elemcsoportot választjuk meg az 5.7 ábra szerint. Bár a feladat látszólag egy síkbeli rúdszerkezetet tartalmaz, célszerű a szerkezet lengéseinek vizsgálatakor 3D-s megoldást választani, hogy minden lengésképet megkaphassunk.



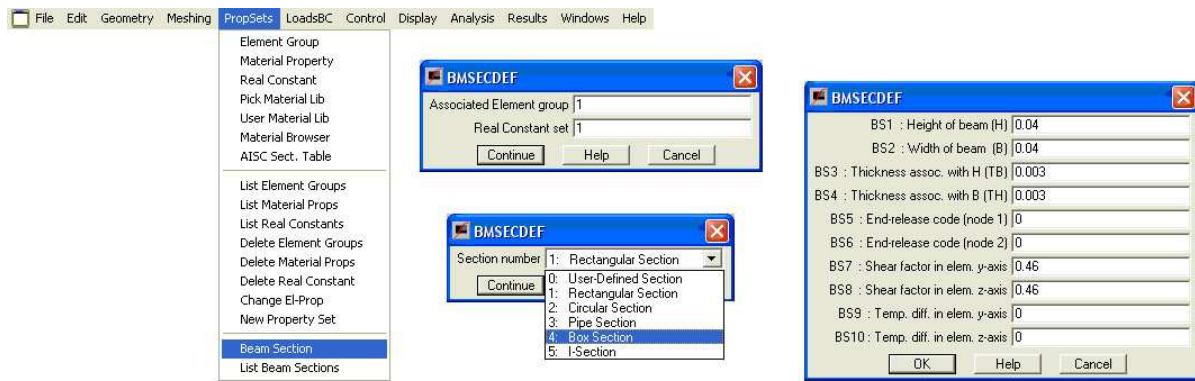
5.7. ábra. Az elemtípus kiválasztása

A sajátfrekvenciák meghatározásához a lineáris statikai vizsgálatoktól eltérően az anyag rugalmassági modulusán kívül meg kell adni sűrűségét is. Erre mutat példát az 5.8 ábra.



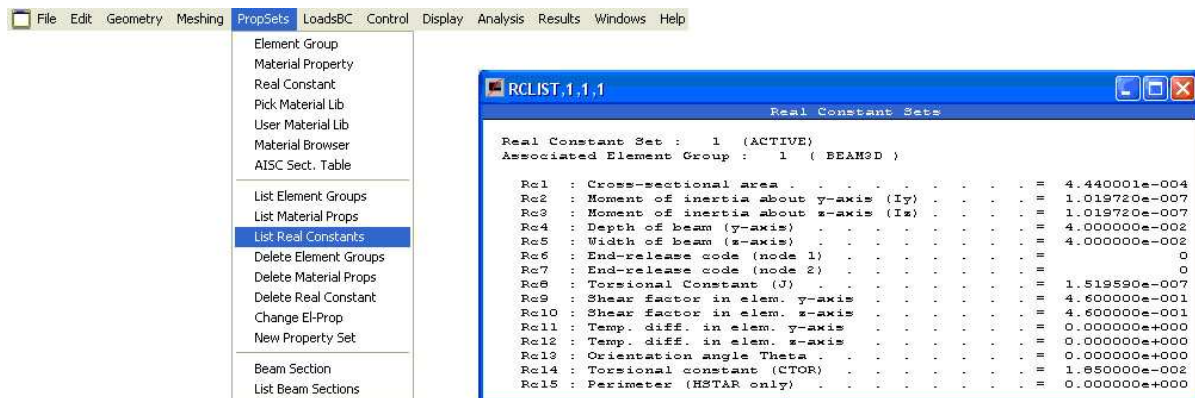
5.8. ábra. Az anyagtulajdonságok megadása

Következő lépésben meg kell határozni a rudak keresztmetszeti tulajdonságait. Bár a szabvány tartalmaz bizonyos keresztmetszeti tulajdonságokat, most egy egyszerűsített megoldást választunk. A műszaki gyakorlatban gyakran használt keresztmetszetek megadhatók természetes méreteikkel is. Ezt mutatja be az 5.9 ábra.



5.9. ábra. A keresztmetszeti tulajdonságok egyszerűsített megadása

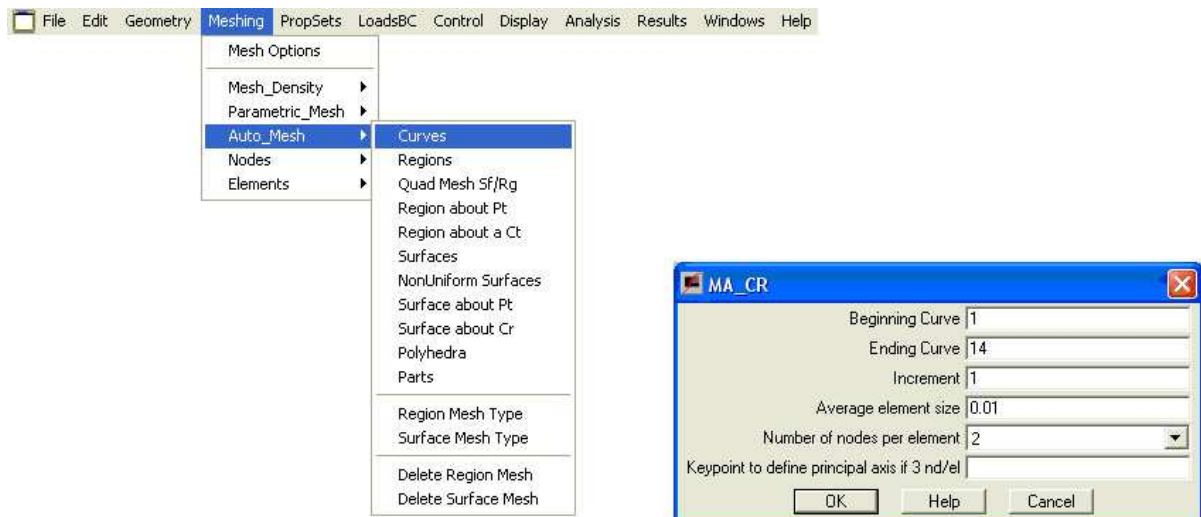
Az egyszerűsített megadás során alkalmazott keresztmetszet kis mértékben eltér a szabványostól, mivel nem tartalmaz a gyártástechnológiához szükséges lekerekítéseket. Célszerű ellenőrizni, hogy a program által számított és a szabványban megadott keresztmetszeti jellemzők milyen mértékben térnek el egymástól. Ezt mutatja az 5.10 ábra.



5.10. ábra. A program által számított keresztmetszeti jellemzők

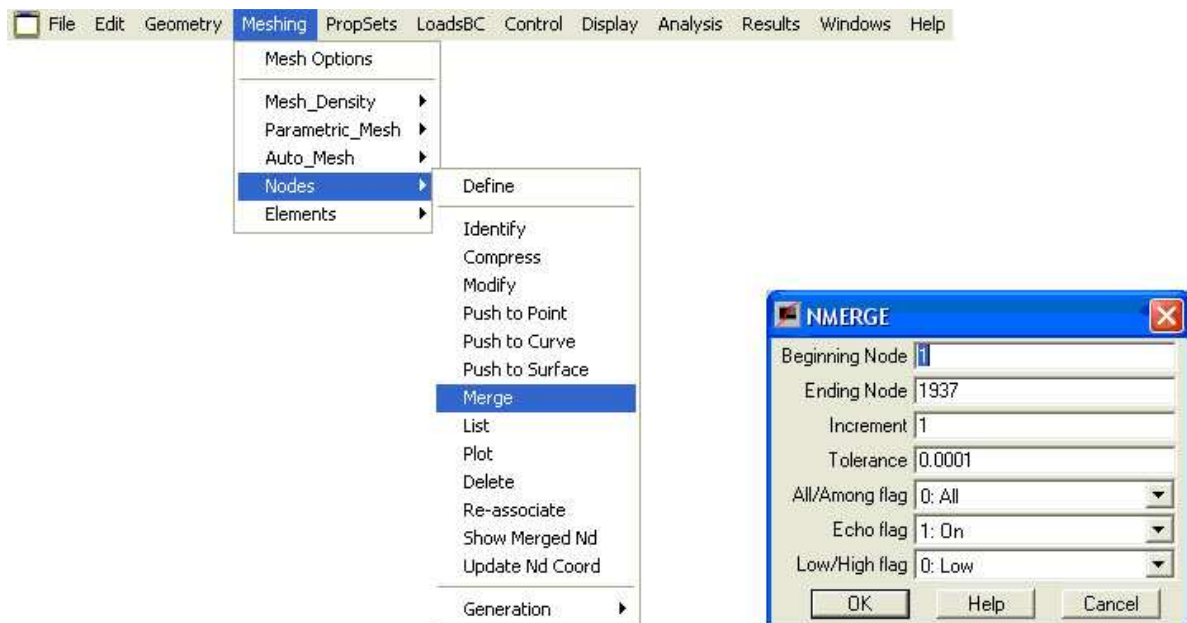
Megállapítható, hogy a keresztmetszeti jellemzők kb. 3%-al térnek el a szabvány adta értékektől. Ilyen kis eltérés az eredményekre nincs jelentős hatással.

A végelemek tulajdonságainak megadása után következhet a végelem háló generálása az 5.11 ábra szerint.



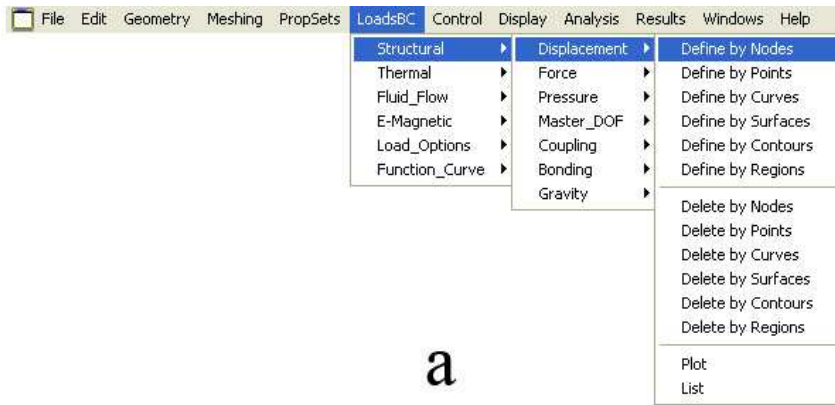
5.11. ábra. A program által számított keresztmetszeti jellemzők

A korábbi fejezetekben leírtakhoz hasonlóan, most is minden geometriai objektumon külön-külön végeelem háló jön létre. A rudak merev kapcsolatának megteremtéséhez szükségünk van a felesleges csomópontok megszüntetésére. Erre mutat példát az 5.12 ábra.

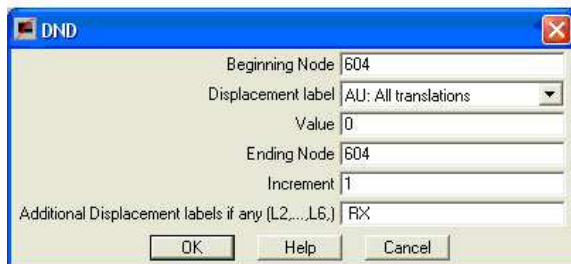


5.12. ábra. A rudak közötti merev kapcsolat létrehozása

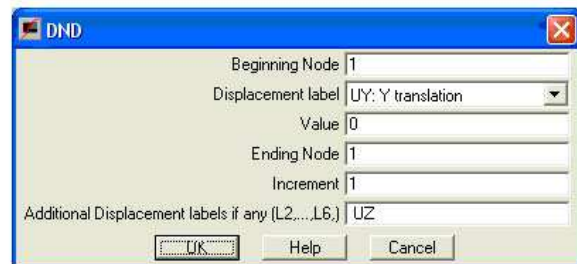
A végeelem háló létrehozása után meg kell adni a kényszereket. Az 5.1 ábrán bemutatott szerkezet síkbeli rúdszerkezet, de a megoldáshoz BEAM3D elemeket választottunk, ezért a kényszerek megadásánál is a 3D-s megoldás szerint kell eljárni, azaz a külső statikai határozottsághoz a szerkezet 5 szabadságfokát kell korlátozni. Ezt úgy érjük el, hogy a tartó egyik végén mindhárom irányú elmozdulást és az X tengely körüli elfordulást (5.13 b. ábra), a másik végén pedig az Y és Z tengely menti elmozdulást (5.13 c. ábra) gátoljuk meg.



a



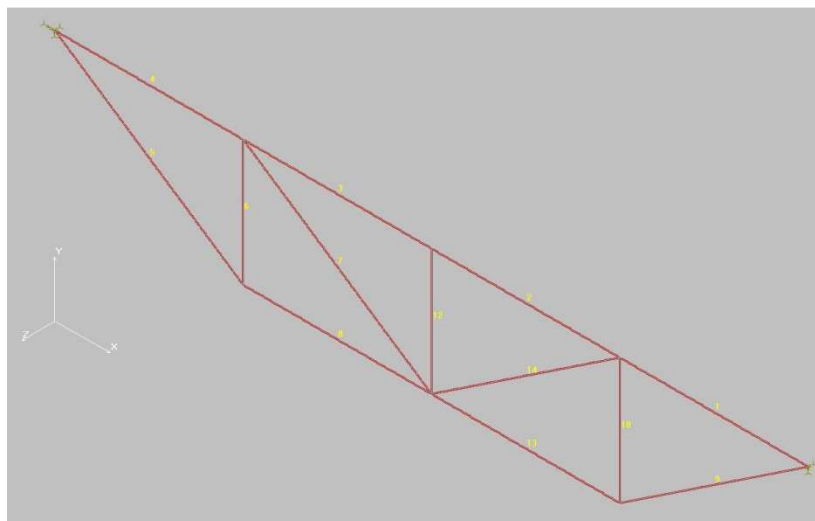
b



c

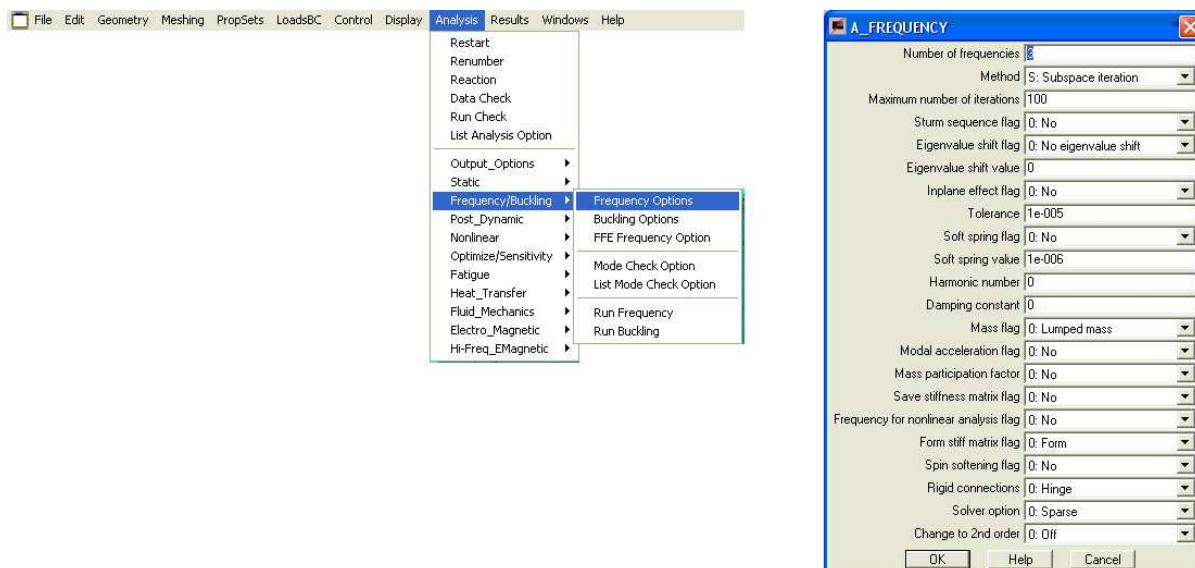
5.13. ábra. A kényszerek megadása

Az így elkészült végelem modell az 5.14 ábrán látható.



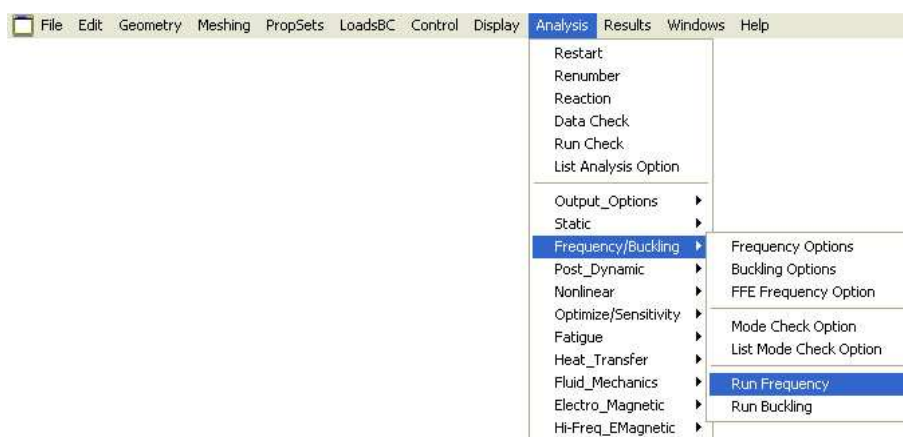
5.14. ábra. A végelem modell

A modell lefuttatása előtt az 5.15 ábra szerint, meg kell adni, hogy hány sajátfrekvenciát (Number of frequencies) szeretnénk számítani.



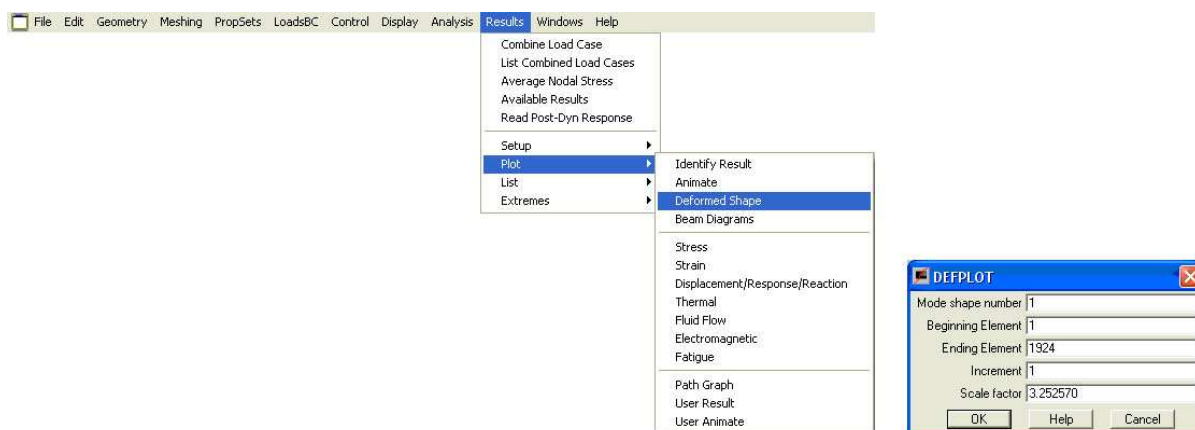
5.15. ábra. Az analízis opciók beállítása

Következő lépés az eredmények számítása (5.16 ábra).



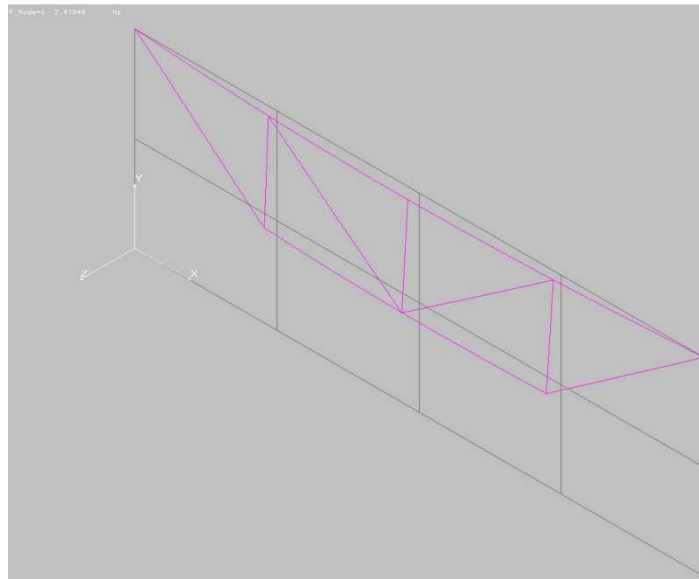
5.16. ábra. A számítás futtatása

A lengésképek megjelenítése a deformált alak megjelenítésével lehetséges az 5.17 ábra szerint..



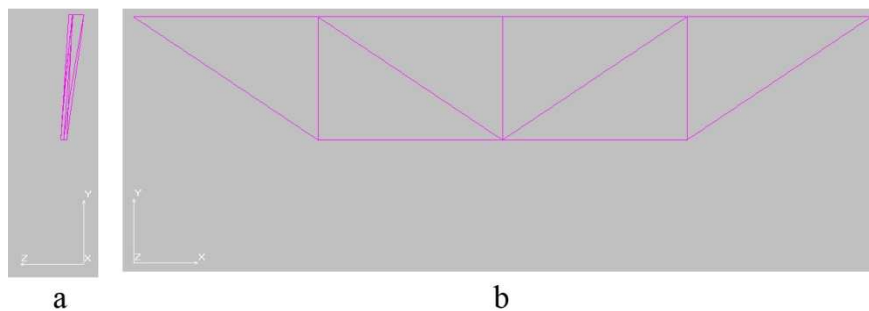
5.17. ábra. Az első sajátfrekvenciához tartozó lengéskép megjelenítése

Az első sajátfrekvenciához tartozó lengésképet az 5.18 ábra mutatja.



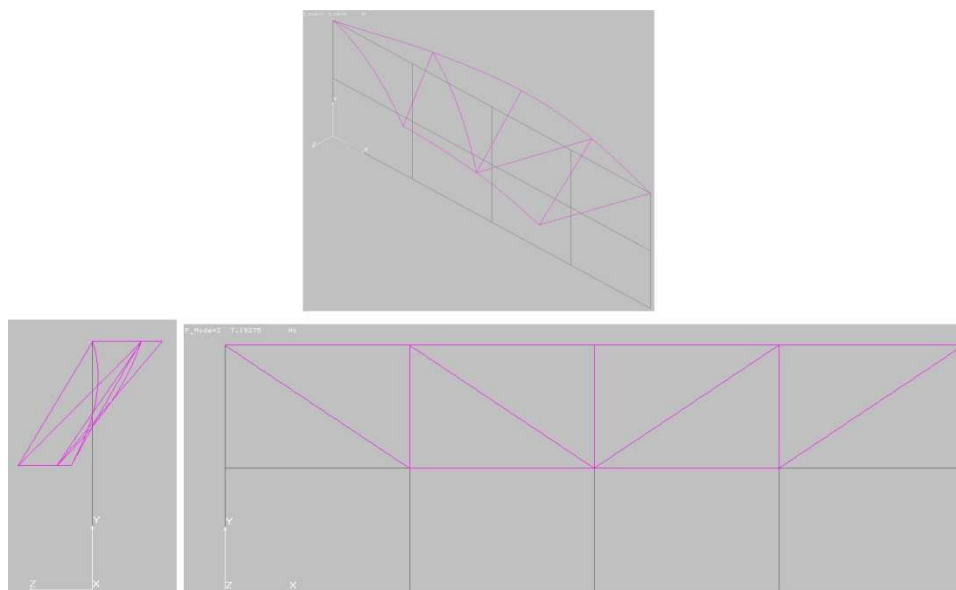
5.18. ábra. Az első sajátfrekvenciához tartozó lengéskép

A kapott eredmények ebben a formában nehezen értékelhetők, ezért célszerű merőleges vetületeken értékelni ezeket. Ezt mutatja az 5.19 ábra.

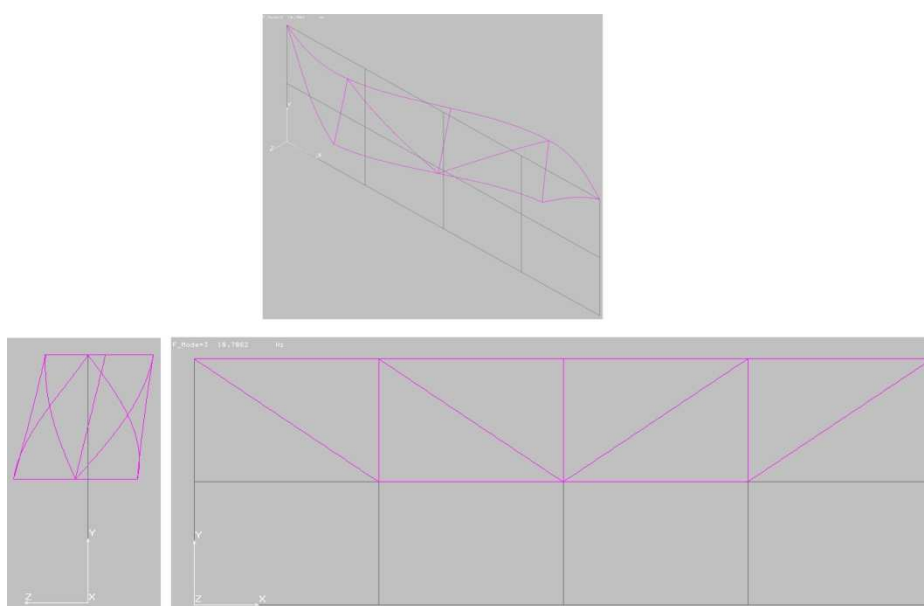


5.19. ábra. Az első sajátfrekvenciához tartozó lengéskép merőleges vetületeken

A második és harmadik sajátfrekvenciához tartozó lengésképeket az 5.20 és 5.21 ábrák mutatják.

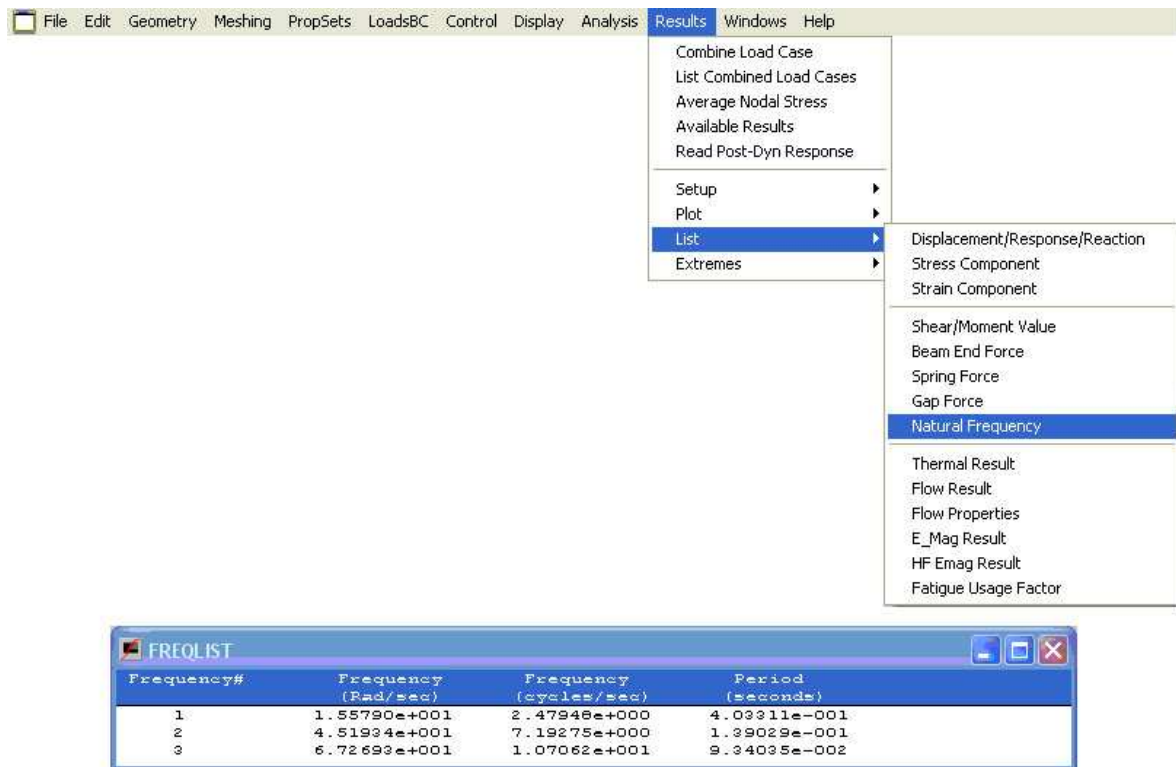


5.20. ábra. A második sajátfrekvenciához tartozó lengéskép



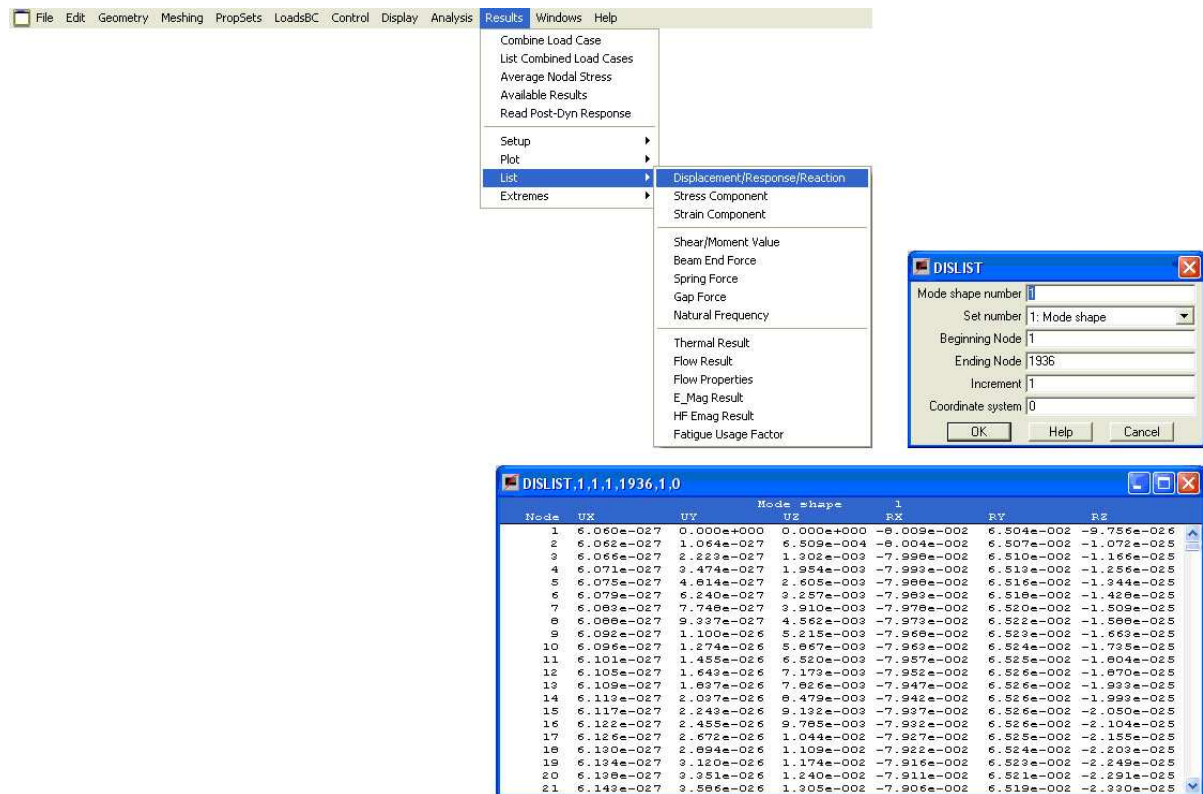
5.21. ábra. A harmadik sajátfrekvenciához tartozó lengéskép

Az eredmények számszerű megjelenítéséhez a listázó parancsok állnak rendelkezésre. A sajátfrekvenciák listázását és a kapott számszerű eredményeket az 5.22 ábra mutatja.



5.22. ábra. A kapott eredmények listázása

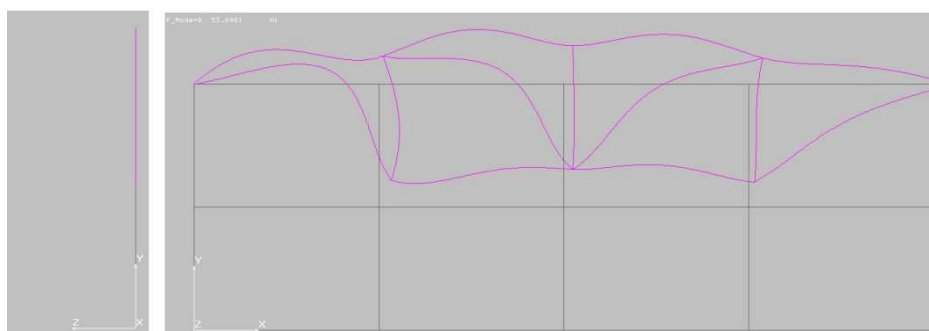
A lengésképek elemzéséhez szükség lehet az egyes rudak lengés közbeni elmozdulásának illetve elfordulásának ismeretére is. Különösen igaz ez, ha a sajátlengések vizsgálata a lengések hatására a szerkezetben keletkező feszültségek számítására irányul. Az első sajátlengéshez tartozó elmozdulások értékeit mutatja be az 5. 23 ábra.



5.23. ábra. Az első sajátlendéshez tartozó elmozdulások

3 Megjegyzések

Az 5.19-5.21 ábrákon megfigyelhető, hogy várapozásainknak megfelelően az első sajátlendések nagyon kis frekvenciákon a tartó síkjára merőlegesen jönnek létre. Ennek oka, hogy a szerkezet a síkra merőlegesen nagyon "lágy". Ez indokolja a 3D modellezésünket. Az első, a szerkezet síkjában végbemenő sajátlendés a nyolcadik, és egy nagyságrenddel nagyobb frekvencián jön létre. Ezt mutatja az 5.24 ábra.



5.24. ábra. Az első sajátlendéshez tartozó elmozdulások

A mérnöki gyakorlatban gyakran alkalmazunk síkbeli rúdszerkezeteket általában állandó értékű, a tartó síkjában ható statikus terhek viselésére. Ilyenek pl. a színpadtechnikában alkalmazott világítási tartók vagy a közművezetékek függesztésére szolgáló áthidalók. Az egyszerű szerkezet, az egyszerű modellezhetőség elterelheti a tervezők figyelmét arról, hogy az üzem közben fellépő, a tartó síkjára merőleges hatásokat figyelembe kell venni.

