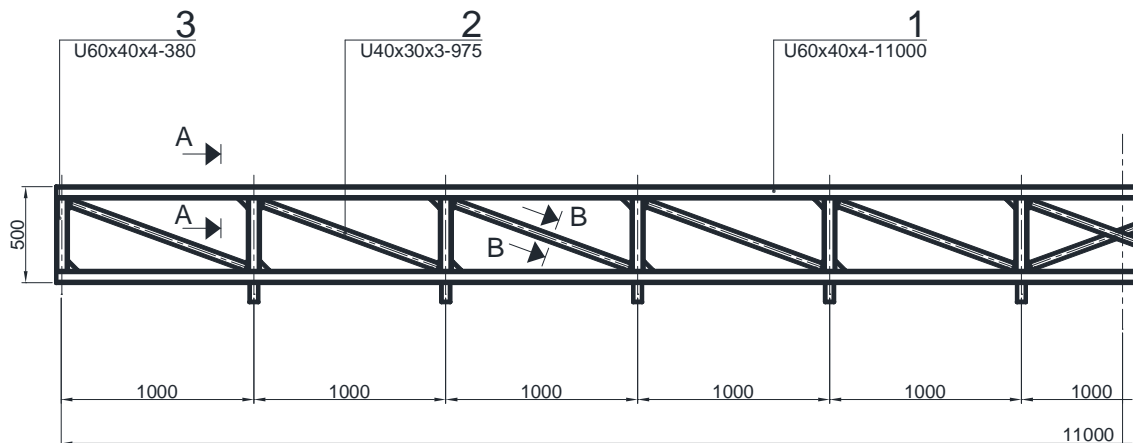


CAD-CAM-CAE Példatár

A példa megnevezése:	Síkbeli hajlított rúd
A példa száma:	ÓE-A02
A példa szintje:	alap – közepes – haladó
CAX rendszer:	
Kapcsolódó TÁMOP tananyag rész:	VEM
A feladat rövid leírása:	Épületszerkezet acél tartójának vizsgálata végelem analízissel.

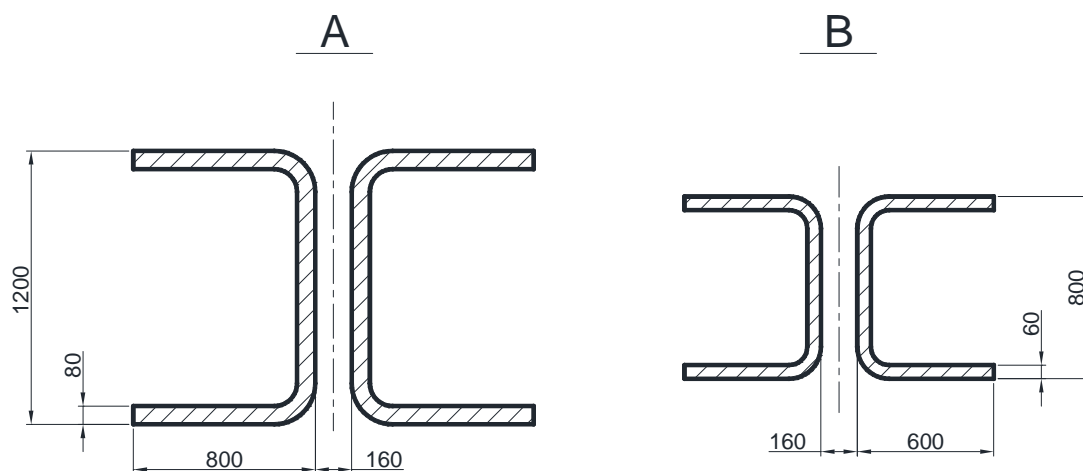
1 A feladat

A feladat egy már meglévő épületszerkezetbe építendő acélszerkezet keresztartójának ellenőrzése. Az acélszerkezet kialakítását mutatja félnézetben a 2.1 ábra.



2.1. ábra. A vizsgálandó acélszerkezet

A szerkezet övrúdjai és a függőleges rácsrudak hidegen hengerelt U60x40x4 szelvényből, míg a ferde rácsrudak hidegen hengerelt U40x30x3 szelvényekből készülnek. A rudakat 8 mm vastag csomólemezek kapcsolják egymáshoz. Az alkalmazott szelvények elhelyezését, a 2.1 ábrán feltüntetett két metszetben a 2.2 ábra mutatja.



2.2. ábra. A felhasznált szelvények és elhelyezésük

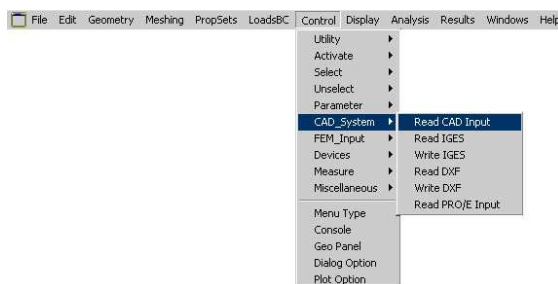
Az U szelvények BEAM2D elemként történő modellezésére csak akkor lenne lehetőség, ha szimmetria tengelyük a tartó síkjába esne. A mi esetünkben ez nem teljesül, de a két egymáshoz csomólemezekkel kapcsolt U tartónak, mint egyetlen szelvénynek már két szimmetria tengelye van, így ezt felhasználva a modellezés során a két rúdból álló részeket egyként kezeljük. Ezt fel kell használni a geometriai modell létrehozásánál is, azaz a két-két U szelvényű rudat egyetlen vonallal kell helyettesíteni.

A szerkezet megtámasztása az alsó öv két végén, statikailag határozottnak tekinthető módon történik. A szerkezet terhelése az alsó öv mentén elhelyezett, a szerkezet alá lógó csomólemezekon keresztül történik. A megtámasztások melletti első osztásnál a kezelőjárda felfüggesztéséből adódó 10.000-10.000 N, míg további hasznos teher a bármely két függesztőelemen elhelyezhető 1200 N a tartó síkjában lefelé mutató erő.

2 A feladat megoldása

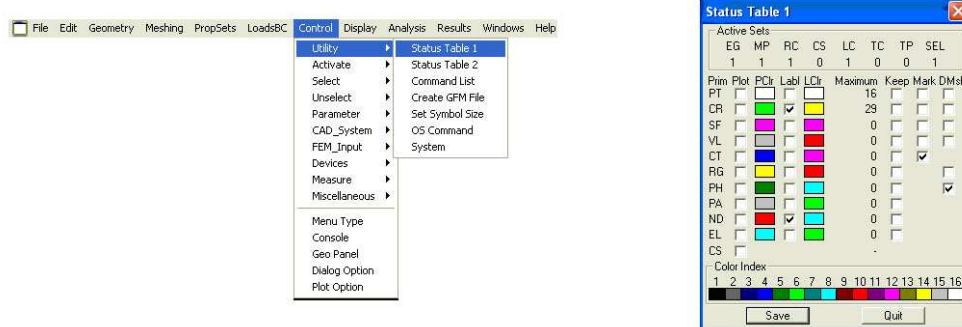
A feladat megoldását a Végeselem tananyag 5. fejezetében bemutatott elméleti ismeretek és a 6. fejezetben bemutatott feladat megoldása alapján végezzük, az ott tárgyalt elméleti részeket mellőzzük, csak a feladatmegoldás lépéseit mutatjuk be.

A geometria modell nagyon egyszerű, könnyedén szerkeszthetjük a végeselem programrendszer geometriai szerkesztőjében vagy importálhatjuk más modellező szoftver szabványos rajzcsere formátumának segítségével. Erre az utóbbi eljárásra mutat példát a 2.3 ábra.



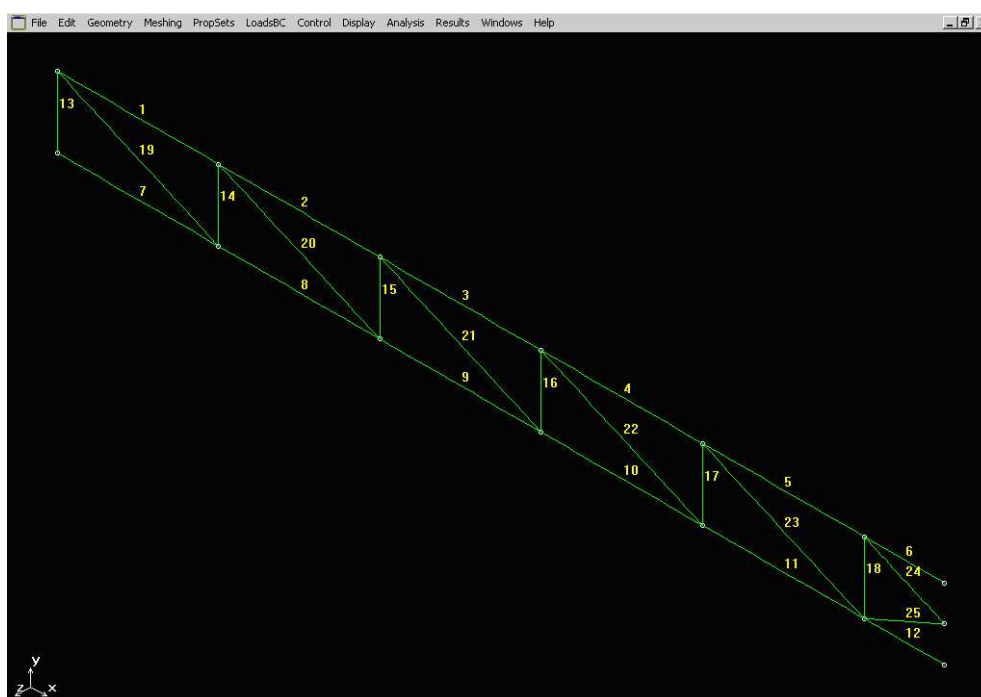
2.3. ábra. A geometriai modell importálása

A megoldás során fel kell majd használnunk a geometriai elemek automatikusan generált sorszámait. Ennek megjelenítését mutatja be a 2.4 ábra.



2.4. ábra. A geometriai objektumok sorszámának megjelenítése

A kész geometriai modellt a 2.5 ábra mutatja.

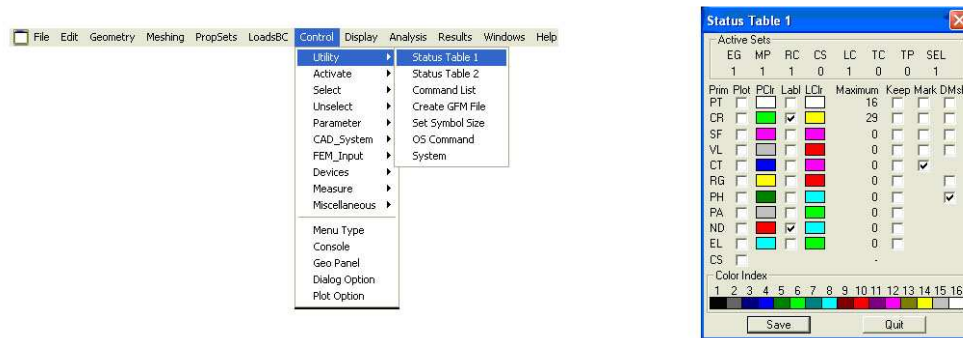


2.5. ábra. A geometriai modell az objektumok sorszámozásával

Figyeljük meg, hogy a modellen a csomópontoknál az övrudak meg vannak szakítva, minden szakaszt külön-külön egyenes ábrázol. Az ilyen kivétel a gyártásban valószerűtlen, nem daraboljuk fel a szelvényeket 1 m-es darabokra, hogy utána összehegesszük azokat. Bár a 11 m-es övrudakat mindenképpen toldani kell, de a hegesztett szerkezetek helyes kialakítása szerint ez nem lehet a csomópontok közelében, hiszen ott a csomólemezek hegesztését kell elhelyezni. A modell kialakításánál mégis célszerű így eljárni, hogy a rácsrudak összekötése a végeelem modellben könnyen és pontosan megoldható legyen. Vegyük észre azt is, hogy a modell, csak a valós szerkezet felét modellezi. Tehetjük ezt azért, mert a szerkezet geometriailag szimmetrikus, a legkedvezőtlenebb teherelosztás pedig az lesz, ha a két középső függesztőelemet terheljük az 1200 N teherrel, így a terhelés is szimmetrikus a tartó középvonalára, ezért a tartó a terhelés során szimmetrikusan viselkedik, azaz a középvonal függőleges marad. Ezt egyszerű elmozdulási kényszerekkel biztosíthatjuk, így helyettesítve a tartó másik felét. Ez az egyszerűsítés ebben a feladatban szinte semmilyen előnnyel nem jár,

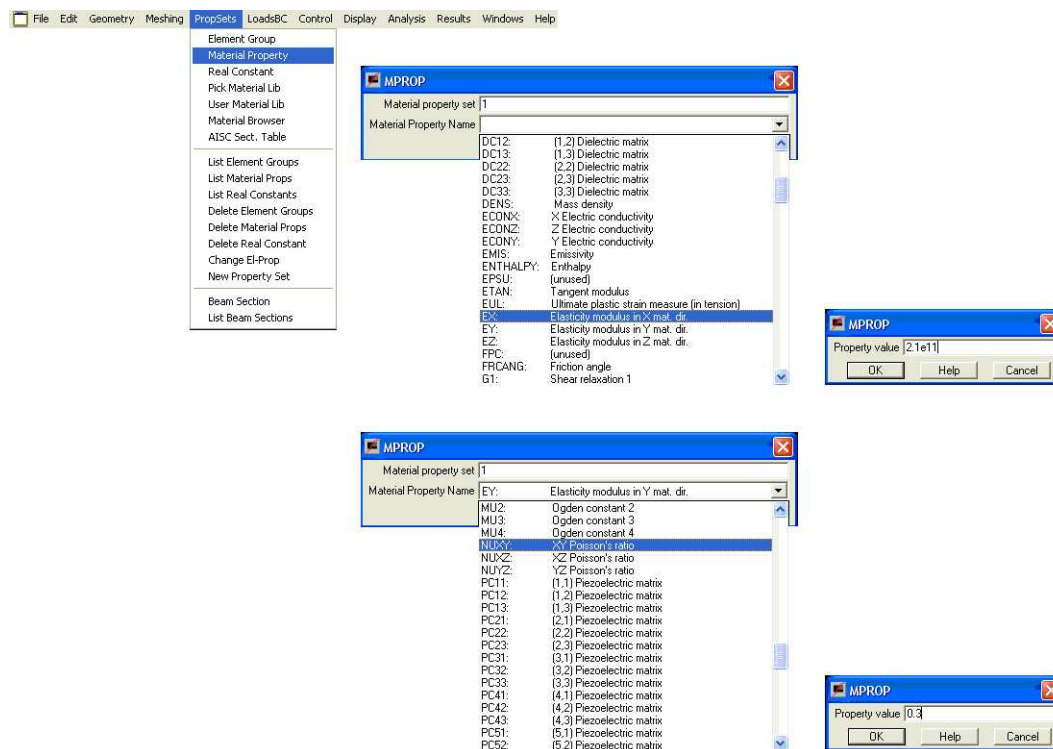
de a valós ipari vagy kutatási problémáknál ahol az elemzések akár napokig is futhatnak, az elemek számának csökkentésével rengeteg időt és ráfordítást lehet megtakarítani.

Következő lépés a végelemek tulajdonságainak meghatározása ami az elemtípus, az anyagtulajdonságok és az elemek fizikai tulajdonságainak megadását foglalja magába. Az elemtípus a tananyag 5-6. fejezeteiben bemutatott, síkbeli hajlított rúdszerkezetek vizsgálatához alkalmazható BEAM2D elem (2.6 ábra).



2.6. ábra. Az elemtípus kiválasztása

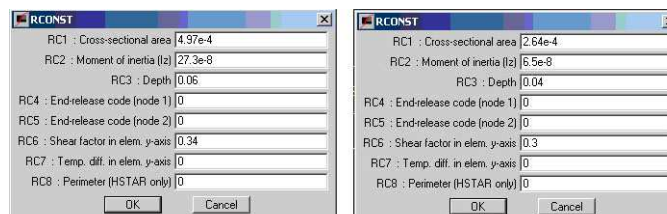
Következő lépés az anyagtulajdonságok megadása, ami a BEAM2D elemtípus esetében a lineáris statikai feladat elvégzéséhez az anyag rugalmassági modulusa és Poisson tényezője. Ezt mutatja be a 2.7 ábra.



2.7. ábra. Az anyagtulajdonságok megadása

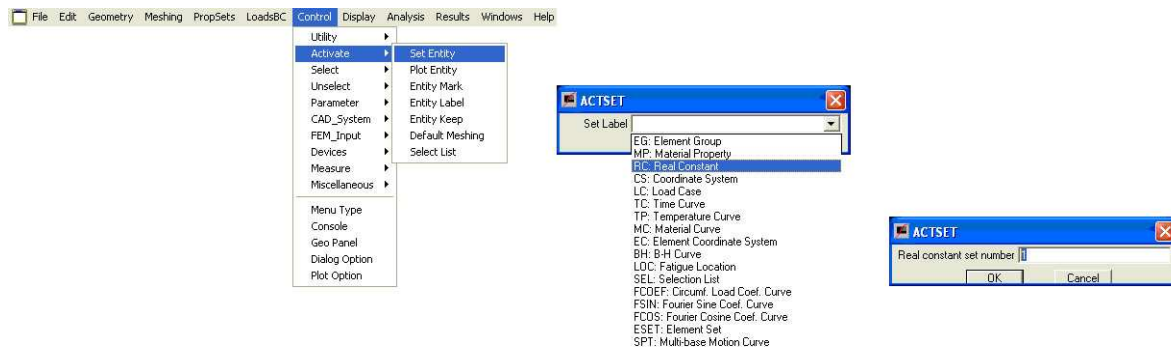
A modellben ugyanazt az elemtípust, de kétféle méretben illetve kialakításban használjuk fel, ennek megfelelően ehhez az elemtípushoz két különböző fizikai tulajdonság megadására van szükség. A szükséges fizikai tulajdonságok egy része –keresztmetszeti

terület, másodrendű nyomaték az elem z tengelyére, szelvénymagasság– táblázati adat, de a 6. fejezetben bemutatott nyírési alaktényező értékét számítással kell meghatározni. A számítás során feltételezhetjük, hogy az U szelvények két görbületi sugara közötti egyenes szakasz alapvetően nyírt, így az egyszerűsített összefüggésbe ennek területét helyettesítjük a gerinc területébe. Ne felejtjük el azt sem, hogy a táblázatokban megadott keresztmetszeti terület és másodrendű nyomaték értékek kétszeresével kell számolnunk, hiszen a két U szelvényt egyetlen rúdként kezeljük. A kétféle rúd tulajdonságainak megadását és a táblázatból vett illetve számított értékeket mutatja a 2.8 ábra.



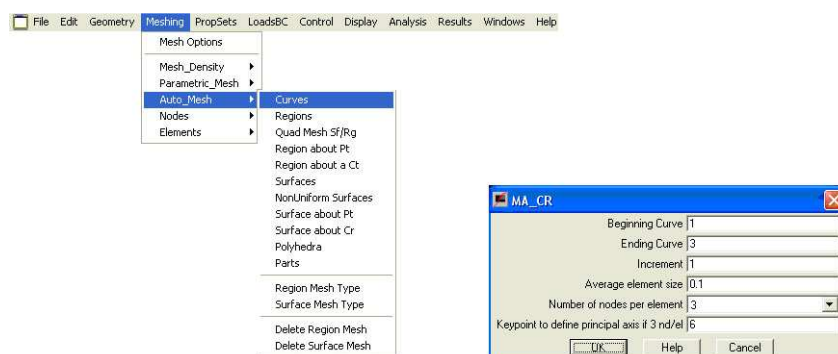
2.8. ábra. A keresztmetszetek tulajdonságainak

A végeelem az aktív hálózási tulajdonságokkal jön létre. Ha az övrudak és a függőleges rácsrudak hálózásával szeretnénk kezdeni, akkor először ezen rudak fizikai tulajdonságait aktiválni kell (2.9 ábra)



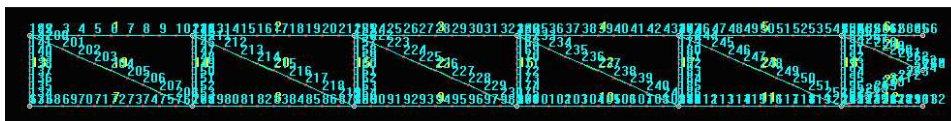
2.9. ábra. A megfelelő keresztmetszeti tulajdonságok aktiválása

Következhet a végeelem háló létrehozása ezeken a rudakon (2.10 ábra). Minden rúdon 10-10 elemet hozunk létre egyenletes osztásban.



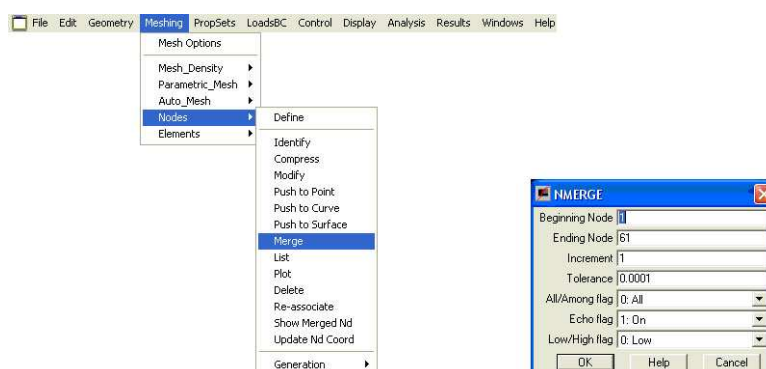
2.10. ábra. A végeelem háló létrehozása

Következő lépésben létre hozzuk a ferde rácsrudak végeselem hálóját. Ehhez először a 2.9 ábra lapján aktiválni kell az ezen rudakhoz tarozó fizikai tulajdonságokat, majd a 2.10 ábra szerint létre kell hozni a végeselem hálót. Az így elkészült modellt mutatja a 2.11 ábra.



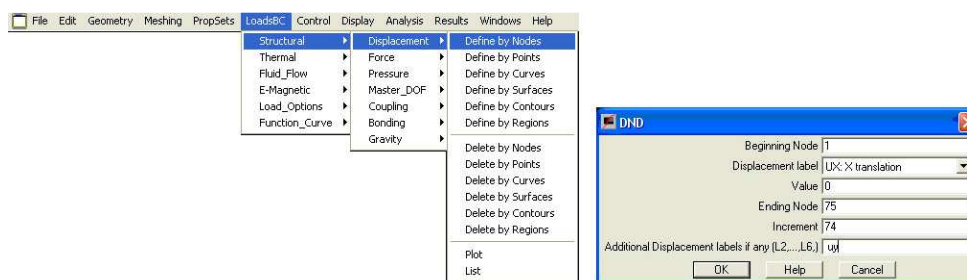
2.11. ábra. Az elkészült végeselem háló a csomópontok sorszámozásával

Mivel a végeselem háló az egyes geometriai objektumokon külön-külön jön létre, a szerkezet csomópontjaiban több végeselemes csomópont is található, az egyes rudak egymástól függetlenek, a modell ebben a formájában használhatatlan. A rudak között sarokmrev kapcsolatokat kell létrehozni. Ezt mutatja a 2.12 ábra.



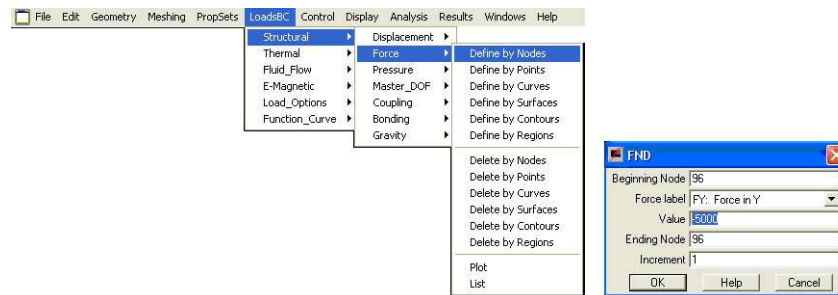
2.12. ábra. A csomópontok összekapcsolása

Következő lépés a peremfeltételek megadása. Ez egyrészt a tartó két szélén történő megtámasztását jelenti Y irányú elmozdulási kényszer magadásával, másrészt az előzőekben már tárgyalt egyszerűsítés miatt a szimmetria tengelyen elhelyezkedő csomópontok X irányú elmozdulásának meggátlását így helyettesítve a tartó másik felét. A kényszereket két külön paranccsal adhatjuk meg a 2.13 ábra szerint.



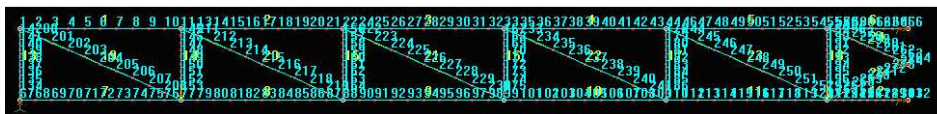
2.13. ábra. Az elmozdulási kényszerek megadása

A terhelések megadásához is két parancsra van szükség a 2.14 ábra szerint.



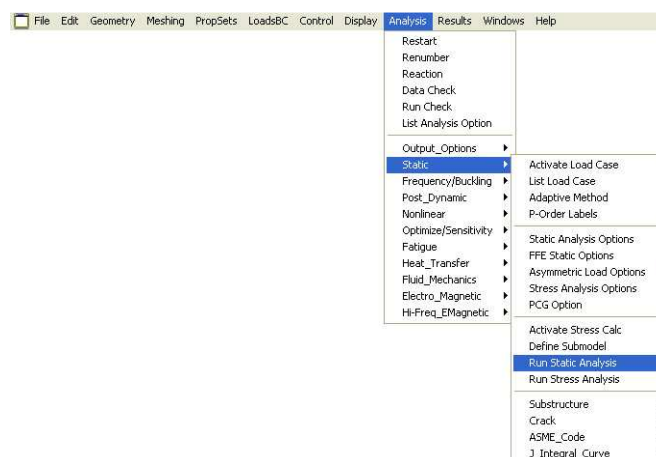
2.14. ábra. A terhelések megadása

Az elkészült végeelem modellt mutatja a 2.15. ábra. Figyeljük meg, hogy a csomópontok egyesítése után a felesleges sorszámok eltűntek, a kapcsolódó rúdvégek egy közös csomópontozat csatlakoznak.



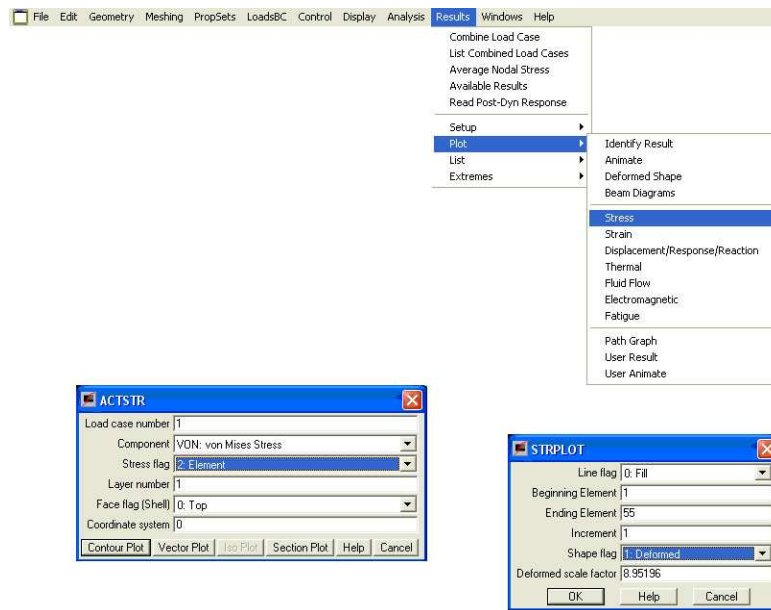
2.15. ábra. Az elkészült végeelem modell

Következhet a létrehozott matematikai modell megoldása azaz a futtatás (2.16 ábra).



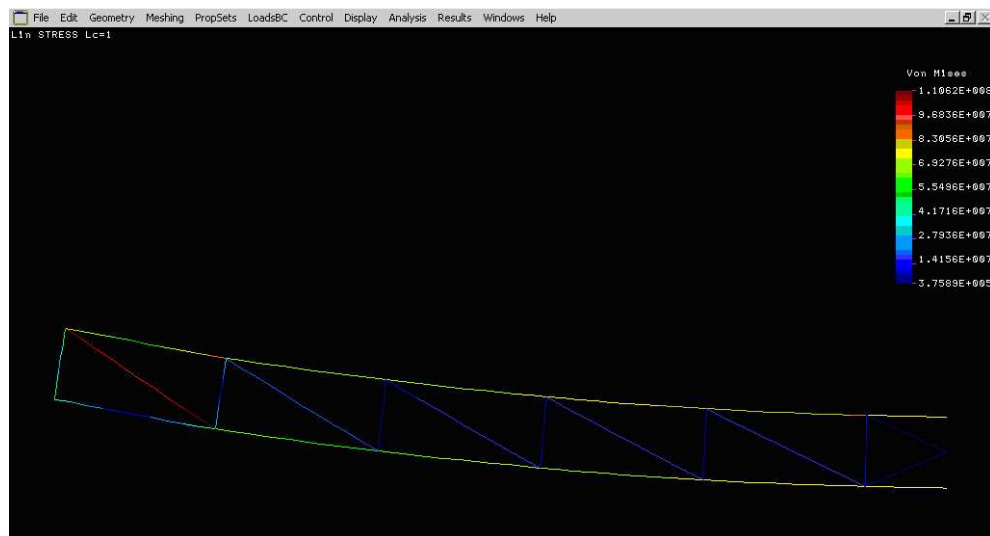
2.16. ábra. A lineáris statikai vizsgálat futtatása

Ha a futtatás sikeres volt, következhet az eredmények megjelenítése. A 2.17 ábra a redukált feszültségek deformált alakon történő megjelenítését mutatja.



2.17. ábra. Feszültségeredmények megjelenítése

A 2.18 ábra szerint a kapott eredményekből megállapítható, hogy a szerkezetben a legnagyobb feszültség a szélső osztásban keletkezik. A legnagyobb igénybevételnek kitett ferde rácsrúd húzott.



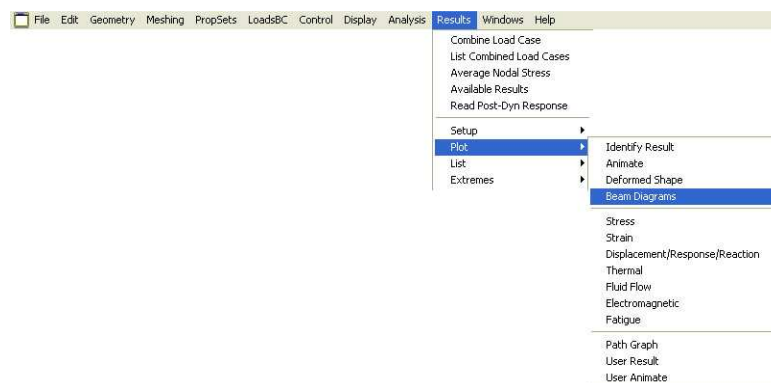
2.18. ábra. A kapott eredmények

A kritikus helyeken pontos számszerű értékeket is megállapíthatunk, ha lista formájában jelenítjük meg az eredményeket (2.19 ábra).

BEAMRESLIS,1,1,250,1		Load case 1					
NODE	AXIAL	SHEAR_S	SHEAR_T	TORQUE	MOMENT_S	MOMENT_T	
	F/A	Hz/Sz	Hz/Sz	SHIN	SHAX		
ELEMENT : 1							
1	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	2.790e+002	
	-4.767e+007	0.000e+000	-3.066e+007	-1.701e+007	-7.893e+007		
ELEMENT : 2							
2	-2.269e+004	-6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-2.140e+002	
	-4.767e+007	0.000e+000	-2.360e+007	-2.407e+007	-7.126e+007		
ELEMENT : 3							
3	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	2.140e+002	
	-4.767e+007	0.000e+000	-2.360e+007	-2.407e+007	-7.126e+007		
ELEMENT : 4							
4	-2.269e+004	-6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-1.506e+002	
	-4.767e+007	0.000e+000	-1.655e+007	-3.112e+007	-6.423e+007		
ELEMENT : 5							
5	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	1.506e+002	
	-4.767e+007	0.000e+000	-1.655e+007	-3.112e+007	-6.423e+007		
ELEMENT : 6							
6	-2.269e+004	-6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-8.647e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	-9.502e+006	-9.617e+007	-5.717e+007		
ELEMENT : 7							
7	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	8.647e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	-9.502e+006	-9.617e+007	-5.717e+007		
ELEMENT : 8							
8	-2.269e+004	-6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-2.230e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	-2.450e+006	-4.522e+007	-5.012e+007		
ELEMENT : 9							
9	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	2.230e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	-2.450e+006	-4.522e+007	-5.012e+007		
ELEMENT : 10							
10	-2.269e+004	-6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	4.191e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	4.606e+006	-4.307e+007	-5.228e+007		
ELEMENT : 11							
11	2.269e+004	6.410e+002	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	-4.191e+001	
	-4.767e+007	0.000e+000	4.606e+006	-4.307e+007	-5.228e+007		

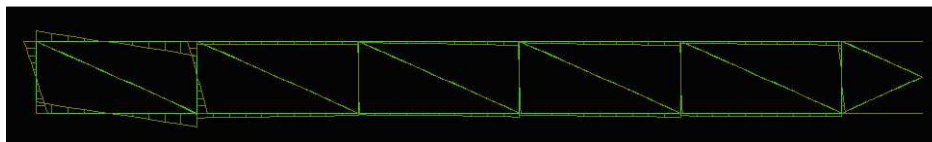
2.19. ábra. Eredmények listázása

A hosszú övrudak toldási helyének meghatározásához szükség lehet a hajlító nyomatéki ábrák megjelenítésére is (2.20 ábra)



2.20. ábra. Hajlító-nyomatéki ábra megjelenítése

A 2.21 ábra szerint a kapott eredmények azt mutatják, hogy a szélső osztásban a rudak nagy hajlítónyomatékkal terheltek, ami a tartó közepe felé haladva csökken.



2.21. ábra. Hajlító-nyomatéki ábra

3 Megjegyzések

A feladat megoldása során nem foglalkoztunk a nyomott rudak kihajlásával, ez külön vizsgálatot igényel. A példatárban ilyen vizsgálatokra is találunk útmutatást.

Nem vizsgáltuk és ezzel a modellel nem is vizsgálhatnánk az egyes elemek kapcsolatait. A csomólemezek kialakításának vizsgálatára a végeelem modellezés más elemeit használhatjuk. A hegesztett kötések megfelelőségének megállapítására egyszerű számításokat végezhetünk a mechanika, gépelemek és acélszerkezetek tárgyakban tanultak alapján, felhasználva a most megoldott végeelem feladat eredményeit, a csomópontokban ható erőket.

Szintén nem vizsgáltuk és ezzel a modellel nem is vizsgálhattuk a vékonyfalú szelvény lokális stabilitásvesztését, a horpadást. A jelenség a végeelem modellezés más típusú elemeivel vizsgálható. A gyakorlatban az acélszerkezeti szabványok adnak iránymutatást a horpadást megakadályozó bordák illetve diafragmák elhelyezésére.

Különös figyelmet érdemel még a megtámasztásoknál a reakcióerők bevezetési helyének kialakítása. Helytelen kialakítás esetén a szelvények horpadása illetve az itt keletkező nyíróerők a szerkezet tönkremenetelét okozhatják. A kialakítás vizsgálatára szintén a végeelem modellezés más elemei szolgálnak.