Oktatási segédlet

# Bevezetés az I-DEAS végeselem moduljának használatába

Összeállította: Baksa Attila

Lektorálta: Dr. Páczelt István

Miskolci Egyetem, Mechanikai Tanszék

Miskolc, 2001.

## 1 A SZOFTVER ELINDÍTÁSA

# Áttekintés

Az I-DEAS tervező rendszer olyan különböző alkalmazások együttese, melyeket a tervezési folyamat különböző fázisainak megkönnyítésére alkalmazhatunk. Minden egyes gépészeti feladat elvégzése, más-más szoftver elindítását kívánja. A program elindítása után több ablakot nyit meg, melyek közül a jobb szélső menüsora alatt találhatjuk meg a különböző alkalmazások kiválasztását engedélyező listaablakot. Ezek a *Design, Simulation, Test, Manufacturing*, stb. Például a különböző alkalmazások ilyen feladatok elvégzésére szolgálhatnak, mint

- ✓ Design: Modeller, Assembly, Drafting Setup
- ← Simulation: Boundary Conditions, Meshing, Model Solution
- 🖝 Test: Time History, Histogram, Model Preparation, Signal Processing, Modal
- ☞ Manufacturing: Modeler, Generative Machining, Assembly Setup, GNC Setup

## Általános jellemzők:

- 1. A *parametrikus modellezés.* A tervezés során először egy vázlatot kell készíteni, mely nagy vonalakban hasonlít majd az elkészítendő darabhoz, és a méreteket ezután kell pontosan beállítani az igényeknek megfelelően. De természetesen a geometriai elemek pontos koordináták segítéségével is megrajzolhatóak.
- 2. *Tulajdonság alapú modellezés*. A bázis alak létrehozása után egyszerűen lehet definiálni kivágást, furatot, beszúrást, stb.
- 3. Párhuzamos alkatrész fejlesztés. Az alkatrészek közös könyvtárakban helyezhetőek el, melyek a megfelelő tervezők által elérhetők, módosíthatók.

# 1. A szoftver elindítása

Az I-DEAS elindítható a parancssorból, menüből vagy ikonnal. Előfordulhat hogy a program használata speciális accountot is igényel. A szoftver használatához ki kell választani a rendszerünk által támogatott - lehetőleg a legjobb - grafikai drivert, pl. OpenGL, PEX.

Az elindítás után egy indító ablak nyílik ki, ahol a következő adatokat lehet, illetve kell megadni:

1. **Project neve:** mely az adott munkát rendszerezi. Ezt ki is lehet választani a felkínált listából. Vagy behívható egy kiválasztó ablak, az ikon kiválasztásával.

## 2 KAPCSOLATTARTÁS A SZOFTVERREL

- 2. Model file: a munka során létrehozott objektumhoz tartozó adatok itt tárolódnak el. Ezt segíti egy előhívható lista, mely a file megnyitáshoz, mentéshez hasonló ablakot jelent, a megfelelő ikon kiválasztásával.
- 3. A használni kívánt **alkalmazás kiválasztása:** Alapértelmezésként felkínálja a program az utoljára használtat, illetve a *Design* csomagot. Ez alatt található az adott alkalmazáson belüli feladat kiválasztására szolgáló legördülő listaablak.

Ha az I-DEAS-t parancssorból indítottuk el, akkor lehetőség van megadni opciókat is.

- $\checkmark$ -h az indításhoz használható opciókat jeleníti meg.
- -d device a grafikus drivert lehet vele megadni inditáskor. Ha nem adjuk meg a device nevet, akkor egy listát kínál fel amiből lehet választani.
- $\checkmark$ -g a legutóbb végzett munka folytatását teszi lehetővé.
- -l language a használni kívánt nyelvet lehet megadni. Ha nem adjuk meg akkor egy listát kínál fel az elérhető nyelvekkel.

Ha nem indul a program, akkor annak számtalan oka lehet. Például valamilyen hardware igény nincs meg, ha rossz device nevet adtunk meg az indításhoz, vagy nincs írási jogunk ahhoz a jegyzékhez, ahová az I-DEAS az ideiglenes file-okat el kívánja helyezni. Ha gondod van fordulj a rendszer adminisztrátorához.

# 2. Kapcsolattartás a szoftverrel

## 2.1. Ablakok

Ahogy elindítjuk a szoftvert rögtön szembetűnik, hogy több kisebb-nagyobb ablak nyílik meg különböző tartalommal. Nézzük meg melyik mire szolgál:

- Grafikus ablak: Ez az ablak a legnagyobb, a bal felső sarokban található. Használat során itt hozzuk létre a vázlatrajzot, itt készülnek az alkatrészek, és az összállítási rajzok.
- Ikon panel: A jobb szélső oldalon található az ikon paletta. Három főbb ikoncsoporttal rendelkezik, melyek az adott alkalmazás függvényében változnak. Itt található még meg a menüsor, illetve a különböző alkalmazások, feladatok között váltást lehetővé tevő legördülő listák is.
- Lista ablak: A bal alsó kis ablak az információ megjelenítésre szolgál. Itt kapunk tájékoztatást az alkatrészekről, illetve az összerelésekről. Továbbá itt jelenik meg a futó folyamat jellemzője, az esetleges hiba üzenetekkel.

- 2 KAPCSOLATTARTÁS A SZOFTVERREL
- Prompt ablak: Vagy más néven a parancssor. A lista ablak melletti hasonló méretű ablak. Ez is megjelenít információkat az elindított parancsról, de itt lehet billentyűzetről adatokat bevinni. Használd ezt az ablakot az I-DEAS kezelése során!

# 2.2. Egér gombok

A program használatához a három gombos egér az ideális, ahogy ezt már egy átlagos tervező szoftvertől elvárhatjuk. Minden egérgomb saját funkcióval bír.

- bal gomb: parancskiválasztást, és geometriai alakzatok kijelölését szolgálja a képernyőn, ha a Shift billentyűvel együtt nyomjuk le, akkor több elem kiválasztása lehetséges (pl. törléskor hasznos...)
- középső gomb: ez a gomb az Enter vagy Return billentyű szerepét tölti be, az éppen futó parancs lezárását szolgálja. Használni kell ezt a gombot!
- jobb gomb: A különböző feladatoknál használható ún. popup menüt jeleníti meg.

# 2.3. Ikon panel használata

Az ikonok és a menük a jobb szélső ablakon helyezkednek el. Használatuk nem sok magyarázatot igényel. Egy kis gyakorlással könnyen elsajátítatható a kezelésük. Az ikonokról annyit el kell mondani, hogy a legtöbb ikon több feladat elvégzését is lehetővé tesz. Erre utal, az ikon jobb alsó sarkában egy kis kék háromszög, jelezve, hogy további funkciók érhetőek el a gyűjtő kinyitásával.

- Gyors egérkattintással az ikon kiválasztásra kerül és inverz színben jelenik meg. Ezzel aktiválható a jelzett funkció.
- Ha egy ikonon lenyomva tartjuk az egérgombot és egy ikon gyűjtőről van szó akkor felnyílik egy kiválasztó lista, melyek közül tetszőleges feladatot lehet kiválasztani.
- Az egér ikonra pozícionálása megjeleníti az adott elem funkcióját a státuszsorban, mely a grafikus ablak legalsó sorában van.

**Fontos:** Mikor az ikonokat, menüket használjuk érdemes figyelni az üzeneteket, a tájékoztató ablakokban. Figyelni kell az egér középső gombjának használatára is, ez az Enter vagy Return billentyűt helyettesíti és a használata egy rossz pillanatban esetleg a parancs idő előtti befejezését jelentheti.

# 2.4. Új rajz készítése

Új rajz megnyitása a *File* menü *Open* parancsának kiválasztásával történik. Meg kell adni a létrehozandó új file nevét. Új modell file megnyitása előtt a program mindig figyelmeztet, hogy az esetlegesen módosított rajzot mentsük el.

## Fontos:

- Használjuk gyakran a mentés funkciót, sok felesleges munkát lehet megtakarítani ezzel.
- Mielőtt megnyitunk egy új file-t azelőtt mindig mentsünk.
- Ha azonban vissza akarunk térni egy előző mentéshez akkor az újranyitás előtt nem szabad a elmenteni változtatott rajzot.
- Használható a CTRL-Z billentyű kombináció is, a legutóbbi mentéshez való visszatérésre. Ehhez az egérkurzort egy I-DEAS ablakra kell pozícionálni és lenyomni a billentyű kombinációt.

A rajzoláshoz használt grafikus ablak tetszőlegesen átméretezhető, de átméretezés után használjuk mindig a *Redisplay* parancsot. Ezt az ikon panel legalsó csoportjában találhatjuk azon belül is az első elem a legfelső sorban. Egyébként ebben az alsó részben találhatjuk meg az összes nézetállítással és megjelenítéssel kapcsolatos parancs ikonját. Az első sorban egymás után vannak elhelyezve az újrarajzoláshoz kapcsolódó, a vonalas megjelenítésért felelős és az árnyalt ábrázolást segítő ikonok gyűjtői.

## 2.4.1. Rajzolás

A *Design* alkalmazás *Master Modeler*-ét használva hozhatjuk létre a különböző geometriájú alkatrészeket, illetve egyéb objektumokat, a különböző CAD rendszerek által alkalmazott módon. Azonban mindenkinek feltűnik, a rajzolást segítő Dinamikus Navigátor, mely minden geometriai elem elkészítésekor a segítségünkre van. Például a vonalak rajzolása során, jelzi a nevezetes pontokat - kezdő, illetve vég pontok, vagy illeszkedés - továbbá a nevezetes helyzeteket, úgymint merőlegesség párhuzamosság.

A rajzolás során ahogy mozgatjuk az egeret úgy változik a koordináták kijelzése, a bal felső sarokban található kijelzőn. Az aktuális műveletet a parancsablakban is nyomon lehet követni.

A jobb egérgombbal számtalan funkció aktivizálható. Például a vonalak pontos helyének, hosszának a megadásához, az *Options* menüpont használandó a jobb egér gombjára előugró popup menüből.

Az aktuális parancs lezárása a középső egér gombbal történik.

## 2 KAPCSOLATTARTÁS A SZOFTVERREL

**Törlés:** A törlés parancs a középső ikoncsoport bal alsó sarkában található *Delete* ikonnal érhető el. Először a törölni kívánt objektumokat kell kijelölni, melyet lehet egyesével vagy csoportosan megtenni. Azt, hogy mikor mit jelölünk ki törlésre a Grafikus ablakon látható visszacsatolás mutatja, hogy él, felület vagy tulajdonság kerül-e kijelölésre. Ha több elemet akarunk kijelölni törlésre akkor a *Shift* gombot kell lenyomva tartani a következő elem törlésre jelöléséhez. Csoportos kijelölést ablak rajzolásával lehet kiváltani. A törlés véglegesítése előtt azonban érdemes mindig elolvasni az üzeneteket a Lista ablakban illetve a parancssor fölött. A lezárás a középső egérgombbal történik itt is, de felnyílik egy popup menü melyben a véglegesítés mellett a visszalépés vagy a parancsmegszakítás is választható. A jobb egérgomb lenyomására előugró popup menü itt is számtalan lehetőséget kínál.

#### 2.4.2. Rajzolást segítő eszközök, transzformációk

- Dinamikus eltolás: Az adott objektumot tetszőleg helyre lehet mozgatni, ennek a segítségével. Aktivizálása az F1 billentyű nyomvatartásával és az egér mozgatásával.
- Dinamikus nagyítás, kicsinyítés: Az objektum nagyítása, kicsinyítése is dinamikusan történik. Az F2 billentyű és az egér előre-hátra történő mozgatása váltja ki a kívánt transzformációt.
- Dinamikus forgatás: Az F3 billentyű és az egér mozgatása váltja ki a dinamikus objektum elforgatást.
- **\checkmark Legközelebbi nézetbe hozás:** Az  $F_4$  billentyű lenyomása indítja ezt a funkciót, mely az adott helyzethez legközelebbi nézetbe viszi az objektumot.

Szükség lehet a rajzot teljes méretre hozni, vagy a rajz egy részletét kinagyítani, kicsinyíteni, vagy egy-egy nézetre átváltani, izometrikus nézetet beállítani, ezen funkciók is az ikonok segítségével vezérelhetők. Az Ikon panel alsó ikoncsoportja tartalmazza a megfelelő parancsokat. Itt találhatóak még a vonalas, árnyalt megjelenítést megvalósító parancsokhoz ikonjai.

#### 2.4.3. A Master Modeler

Ez az alkalmazás a legtöbb csomag részét képezi. Ennek segítségével tudjuk az alkatrészeket megtervezni, illetve ez ad lehetőséget a két illetve három dimenziós modelek elkészítéséhez, melyeknek például a *Simulation* csomag segítségével a végeselemes analízisét végre tudjuk hajtani.

A program elindítása után, kiválasztva valamelyik csomagot és a hozzá elérhető Master Modeler-t, a Grafikus ablakon egy kijelölt rajzsíkot látunk, mely alapértelmezés

## 2 KAPCSOLATTARTÁS A SZOFTVERREL

szerint az X-Y sík. Természetesen ezt bármikor meg lehet változtatni a rajzolás során. A *Master Modeler*-t jellemző ikonok az Ikon panel felső csoportjában találhatóak. Ezek tulajdonképpen a rajzelemek létrehozását végzik. Háromszor hat darab gyűjtő ikonból épül fel, de minden gyűjtőben további funkciók aktivizálhatóak. Ismertetésük most nem cél, de egy kis gyakorlással, mindenki könnyen megismerheti a különböző parancsok elhelyezkedését. A tanulást segíti az is, hogy az ikon gyűjtők kinyitásakor (az ikont hosszú egér kattintással kell kiválasztani), az ikonok neve mellett megjelenik a parancs elnevezése is. A használat során megfigyelhető az is, hogy a legutóbb használt parancs ikonja fog mindig a kiválasztott helyzetben maradni.

**Megjegyzés:** Ha valaki végkép nem érti egy-egy parancs funkcióját, akkor használhatja a környezethez tartozó súgót. Ennek eléréséhez, az Ikon panel felső menüsor *Help* menüjében kell kiválasztani az *On Context* menüpontot. Ekkor az egér kurzor mellé egy kérdőjel is kerül. Ha így választunk ki valamilyen parancsikont akkor arról a parancsról egy rövid tájékoztatást kapunk.

Elérhető funkciók (a felső 3x6 ikon és alattuk lévő funkciók):

- Rajzsík kijelölő menü: egy tetszőleges sík kiválasztása (Sketch in place), munkaasztal kijölés (Sketch on Workplane)
- Koordináta rendszer menü: referencia sík, pont, vonal (Coordinate Sytems, Reference Planes, Reference Curves, Reference Lines, Reference Points, Coordinate History...)
- Metszetek menü (Build Section, Extract, Attach, Cross Section)
- Vonalak menü: poligon, vonal, négyszög, pont létrehozása (Polylines, Lines, Rectangle by 2 Corners, Rectangle by 3 Corners, Rectangle by Center, Polygon, Points)
- Körív menü: különböző körívek rajzolása (Tree Points On, Start End Thru Pts, Center Start End, Start End 180)
- 3D-s menü: három dimenziós rajzelemek létrehozásához (3D Lines, 3D Circles, 3D Arcs, 3DSplines, 3D Points, Points On Curve)
- Kör menü: Teljes kör rajzolása, különböző módszerekkel (Center Edge, Three Points on, Two Points On, Tan to Three)
- Görbevonal menü: splineok, ellipszisek (Splines, Function Spline, Ellipse by 2 Corners, Ellipse by 3 Corners, Ellipse by Center, Conic by 3 Points)

- Leképzés menü: eltolás, leképzések készítése (Offset, Project Curve, Tangent Curve, Blend Fillet, Surface Intersection, Iso Curve, Through Points, Silhouette Curve)
- Méretező menü: (Dimension, Constrain\_Dimension..., Part Equations..., Shape Design..., Annotation..., Tolerances Analysis..., PCB.modeler...)
- Lekerekítés, letörés menü: trimmelés, szétvágás, sarkok készítése (Fillet, Make Corner, Trim/Extend, Divide At, Merge Curves, Wrap Curves)
- Felület menü: felület kiterjesztés, metszés, stb. (Extend Surfaces, Trim at Curve, Divide Edge, Unwrap Surface, Merge Surfaces, Interpolate Surfaces, Fit Surface to Points)
- Extrudálás menü: felületek létrehozása, testek extrudálása (Extrude, Revolve, Sweep, Variational Sweep, Loft, Surface by Boundary, Mesh of Curves, Variational Surface Feature, FreeFormFeature)
- 3 D-s lekerekítés, letörés menü: (Fillet, Chamfer, Shell..., Draft, Offset Surface..., Midsurface, Sheet Metal...)
- Halmaz műveletek: metszés, unió, különbség, stb. (Cut, Join, Intersect, Plane Cut, Partition, Split Surface, Stitch Surface)
- Kiosztás menü: négyszög kiosztás, körkiosztás, skálázás, (Rectangular Pattern, Circular Pattern, Reflect, Scale)
- Szabad felület, él menü (Show Free Edges, Show Surf Explode, Surface Clean Up...)
- Jellemzők menü: (Material Slide, Curve Quality, Surface Quality, Die Lock Check, VGX Core Cavity, Moldflow Part Adviser..., VDX Mold Base, Compare, Diagnose Part)

A modell létrehozása során, minden egyes lépést az I-DEAS egy történeti fa segítségével eltárol. Ez meg is tekinthető és szerkeszthető. Előhívása a középső ikoncsoport bal felső ikonjával aktivizálható. A történeti fa csomópontokat tartalmaz, melyek tipikusan két gyermekből és egy szülőből épülnek fel. A csomópontok kiválasztásával a Grafikus ablakon nyomon lehet követni, hogy melyik elemről van is szó pontosan. A történeti fa elsődleges szerepe az alakelemek módosíthatósága. Ezen keresztül bármelyik alakelemet ki lehet választani módosításra.

Módosítás: Egy kiválasztott elemet a módosítás ikonnal lehet, mely a középső ikonsor második sorának első tagja. Ebben az gyűjtőben találhatunk *Undo* lehetőséget

## 2 KAPCSOLATTARTÁS A SZOFTVERREL

is, mely a módosítások visszaállítását teszi lehetővé. A módosítás elindítása után, ha a méretvonalak kint vannak akkor egyszerűen a méretvonal kiválasztásával tudjuk átméretezni az adott alakzatot egy felnyíló dialógus ablak segítségével. Ha nincsenek kint a méretek, akkor tetszőleg méretet el tudunk helyezni a méretező segítségével. A módosítások befejezéséhez újra kell számoltatni a darabot, mégpedig a középső ikoncsoport, harmadik sor első eleme segítségével.

## A középső 12 ikon, illetve ikongyűjtő funkciója

- 🖝 Történeti fa (History Access)
- Mozgatás, elforgatás, elrendezés, stb. (Move, Rotate, Align, Drag, Dynamic Orient)
- Megjelenítés szabályozása, elrejtés, stb. (Display Filters..., Display Selected, Display All, Hide Except Selected, Hide, Show)
- Módosítás, Undo (Modify Entity, Undo)
- Informácók lekérdezése (Info, Info Options..., World Wide Web, Query Annotation, Visible Annotation)
- Megjelenés szabályozása, munkaterület mérete, (Appearance..., Workplane Appearance...)
- Újrarajzolás vezérlése (Update, Complete Update, Incremental Update, Update Options...)
- Mérés, jellemzők, anyagok, stb. (Measure, Properties, Materials, Interference, Cast Ray, Local/Global Sw)
- Alkatrészek, jellemzők, (Parts..., Features..., Surface Features..., Sections..., Fasteners..., Modify Catalogs...)
- ✓ Törlés (Delete)
- Alkatrész katalógus kezelése, elnevezés, csoportosítás, stb. (Manage Bins..., Put Away, Get..., Name Parts..., Groups...)
- Alkatrész könyvtár kezelés (Chek in, Get From Library..., Change Library Status, Update From Library..., Manage Libraries...)

Az Ikon panel alsó 12 ikonja, mely a legtöbb feladat esetén megtalálható a panelen.

- Újrarajzolás menü: (Redisplay, Refresh, Stereo Viewing)
- Vonalas ábrázolás menü: (Line, Hidden Hardware, Precise Hidden, Quick Hidden, Options..)
- Árnyalt megjelenítés (Shaded Hardware, Shaded Software, Ray Tracing, Lighing..., Options...)
- Teljes méret menü: (Zoom All, Arrange Symbols, Reset, Workbench Views Settings..., Manage Workbench Views...)
- Nagyítás-kicsinyítés menü: (Zoom, Magnify, Center of Rotation, Dynamic Clip, Rotate Model)
- Rajzfelület menü: (View Workplane, One Viewport, Two Viewports, Tree Viewports, Four Viewports, Work Viewport)
- ✓ Nézet menü1: (Top View, Bottom View)
- (Stop)
- ✓ Nézet menü2: (Front View, Back View)
- ✓ Nézet menü3: (Left View, Right View)
- Nyomtatás menü: (Quick Print, Additional Apps, Screen Annotation, User Panel)

# 3. Egy egyszerű példa

Feltételezzük, hogy a modell létrehozás nem okoz különösebb nehézséget, annak részleteivel nem törődünk túl sokat. Itt elsősorban a végeselem modul egyes lehetőségeit próbáljuk meg bemutatni, egy példa segtségével.

A végeselem analízis három fő lépésből épül fel:

- 1. Pre-processing: A számítások előkészítése, azaz, a geometriai modell felépítése, peremfeltételek (kinematikai, dinamikai) megadása végeselem háló generálása.
- 2. Megoldás: A tényleges végeselem számítások elvégzése.
- 3. Post-processing: A kapott eredmények megtekintése és kiértékelése, összevetése az esetlegesen várt eredménnyel, elmélettel.

Ennek megfelelelően haladunk végig, és egy konkrét példán keresztül próbáljuk meg bemutatni az analízis elvégzését.



1. ábra. A modell két dimeniziós képe

## 3.1. Modell előkészítése, a pre-processing fázis

Nyissunk meg egy teljesen új model file-t, adjunk neki egy egyedi, eddig még nem használt nevet. Győződjünk meg róla, hogy a *Simulation->Master Modeler-t* nyitottuk-e meg. Majd ne felejtsük el beállítani a megfelelő mértékegységeket. Ehhez az *Options* menü *Units* elemét kell kiválasztani és itt a *mm (milli newton)-t* kell beállítani.

Készítsünk egy L szelvényt, tetszés szerinti méretekkel. Az 1. ábra a modellt két dimenzióban, míg a 2. ábra a modellt extrudálás utáni izometrikus nézetben mutatja. Az extrudálás elvégzése után, a három dimmenziós modell elkészült, végül mentsük el az alkatrészt egy egyedi neven. A mentést lehetővé tevő ikont a középső ikoncsoport negyedik sorának második gyűjtőjében találhatjuk – *Name Parts...* megnevezéssel.

A végeselem modell mindig egy alkatrészhez tartozik, ezért a következő lépés, az alkatrész elkészítése és mentése után, hogy elvégezzük a hozzárendelést az alkatrész és a végeselem modell között. Nyissuk meg a Simulation->Boudary Conditions feladatot, és készítsünk egy végeselem modellt. Ehhez a középső ikoncsoport, alsó sorának középső ikongyűjtőjét kell kiválasztani és itt a Create FE Model ikon-parancsot kell kiválasztani. A felnyíló dialógusablakban a modell nevét kell megadni, de a program felkínál egy alapértelmezett nevet. Elfogadva az alapértelmezést, illetve adva neki egy egyedi új nevet, elkészül a végeselem modell.

Ezt követően a peremfeltételek megadása következik. Kezdjük a **kinematikai peremfeltételek** előírásával. A felső ikoncsoport negyedik sorának középső ikongyűjtőjében helyezkedik el a megfelelő ikon-parancs, *Displacement Restraint*, melynek segítségével a kinematikai előírás megadható. A parancs kiválasztása után a kívánt pontot, élt, vagy felületet kell kijelölni, ahová a kinematikai peremfeltételt meg kívánjuk adni, majd az egér középső gombjával elfogadjuk a kiválasztást. A kiválasztást követően dialógus ablak nyílik fel, hogy az adott geometriai elemre előírjuk a peremfeltételt. Különböző lehetőségek közül lehet itt választani.



2. ábra. A modell három dimenzióban

A dinamikai peremfeltételek előírása hasonló módon történik. Válasszuk ki a felső ikoncsoport második sorának középső gyűjtőjében a *Pressure…* ikon-parancsot. Ezután a kívánt geometriai elemet vagy elemeket kell megjelölni, majd pedig ezeket elfogadni – az egér középső gombjával, vagy az *Enter* billentyűvel –, és a felnyíló dialógus ablakban a terhelések konkrét értékét beírni. A terhelés megadásakor, azt előírhatjuk az intenzitásával, vagy az eredő erővel, természetesen a végeselemes analízis elindításakor megadott mértékegységek tekintetbe vételével.

Megjegyzés: A kis nyilakon feltüntetett körök azt jelzik, hogy a terhelés az alkatrész geometriájára van előírva.

Ez után a végeselem háló előállítása következik, mely a megfelelő csomópontok és elemek létrehozását jelenti. Az I-DEAS eszközöket ad, mind a kézi mind az automatikus hálózáshoz. Most először használjuk az automatikus hálózást, ha így teszünk, akkor mindössze az elemek méretét kell beállítanunk. Az első lépés az, hogy a *Simulation-*>*Meshing* feladatot megnyitjuk, ekkor a felső ikoncsoport ikonjai kicserélődnek. Válasszuk ki ebből a csoportból az első ikongyűjtő *Define Solid Mesh...* ikonját. Ezzel a paranccsal tudjuk a végeselem hálót kijelölni az alkatrészre. Egy tetszőleges, de alkatrészhez tartozó, geometriai elem kijelölése, és annak elfogadása – egér középső gombja, vagy Enter billentyű – után, egy dialógus ablak jelenik meg, várva, hogy megváltoztassuk az alapértelmezés szerinti elem méretet. Ennek beállítása mellett, még választhatunk a lineáris, illetve a pontosabb kvadratikus elemek közül, mely utóbbi azonban több ismeretlent, nagyobb feladatot eredményez.

Fontos: Az elem méret nem megfelelő beállítása túlságosan nagy feladathoz vezet-



3. ábra. A peremfeltételek és a végeselem háló megadása után

het, illetve pontatlan megoldást eredményezhet!

A következő lépés a háló generálása, melyhez az felső ikoncsoport, első sorának harmadik gyűjtőjét kell kinyitni és innen a *Solid Mesh* ikont kell kiválasztani. Természtesen meg kell jelölni a hálózni kívánt térfogatot, majd ezt is el kell fogadni. Ennek eredményeképpen a program generálja a végeselem hálót, mely láthatóvá is válik, ha ezt elfogadhatónak tartjuk akkor a megjelenő kérdésre *Yes*-szel kell válaszolni. A kész modellt a 3. ábra mutatja.

Ezzel a modellt előkészítettük a végeselem analízis számára, ezt követi a számítás végrehajtása.

## 3.2. A Végeselem modell megoldása

A megoldási módszer számtalan paraméterrel módosítható, de most erre nem térünk ki. A legtöbb általunk vizsgált feladat esetében az alapértelmezésként felkínált opciók alkalmasak a számítás megfelelő végrehajtásához.

Első teendő az, hogy átváltunk a Simulation->Model Solution feladatra. Ezzel megjelennek a végeselem analízis elvégzéséhez szükséges parancsok ikonjai. Válasszuk ki az első ikon csoportból az első ikont, és győződjünk meg róla, hogy a Linear típusú feladat van-e bejelölve. Ha igen akkor hozzunk létre egy megoldás halmazt. Ehhez a

második ikont kell aktivizálni, melynek hatására megjelenik egy dialógus ablak, mely a megoldás halmazok kezelésére szolgál.

A megoldás halmaz tulajdonképpen egy olyan halmaz, melynek minden eleme tartalmazza, a feladat egy-egy konkrét megoldását. A különböző elemekhez, más-más peremfeltételeket lehet előírni, más-más megoldási módszereket lehet választani. Továbbá ki lehet jelölni, hogy milyen eredményekre vagyunk kiváncsiak, stb.

A megoldás halmaz létrehozásához most fogadjunk el mindent alapértelmezésben. Így csak a *Create* gombot kell kiválasztani, majd a felnyíló újabb dialógus ablakban is csak az *OK* gombra kell kattintani. Ezzel létrehoztunk egy az eredmény előállítására szolgáló gyűjtőt. A *Dismiss* gombbal zárjuk le ezt a műveletsort.

Ezután már elérhetővé válik a végrehajtást lehetővé tevő ikon is – mely a második sor első ikonja (*Manage solve*). Kiválasztása egy dialógus ablak megjelenését váltja ki, melyen beállítható opciók sokaságát lehet módosítani, azonban most hagyjunk mindent úgy ahogy a program felkínálja. A *Solve* gomb kiválasztása után a program megoldja a feladatot.

A végrehajtás során számtalan üzetet küld a program, melyeket, kinyíló dialógus ablakokon, illetve a Lista ablakban követhetünk nyomon. Ha minden rendben végbement, akkor a program a "No warnings or errors encountered in last run" üzenetet adja a Lista ablakban.

## 3.3. A számítási eredmények megtekintése

A legegyszerűbb módja az eredmények megvizsgálásának, azok grafikus megjelenítése. Erre a számítások elvégzésére szolgáló feladatrészben – *Simulation->Model Solution*ban – van egy egyszerű lehetőségünk.

Indítsuk el az *I-DEAS Visualizer*-t, melyhez válasszuk ki az első ikon csoport legalsó sorának középső ikongyűjtőjében a *Start New Visualizer* parancsot. Ez maga után vonja egy dialógus ablak megjelenését, melyen elfogadhatjuk az alapértelmezéseket és így a program nyit egy grafikus ablakot, melyben mutatja a deformált alakot, és az egyes elemekre vonatkozó feszültségek értékét színezés segítségével.

Az ablakhoz kapcsolódó ikonok egy külön ikon gyűjtőben jelennek, meg. Ezek segítségével többek között olyan műveleteket tudunk elvégezni, mint például a tetszőleges kiszámított jellemző megjelenítése, két illetve három dimenzióban. A panel a segítségével tudjuk az eredményeket tetszőleg formátumba kinyomtatni, természetesen a nyomtatási paraméterek széles skálán változtathatóak.

A 4. ábra a feszültség eloszlást mutatja. Az ilyen és ehhez hasonló ábrákat legegyszerűbben a *Visualizer* segítségével készíthetjük el. A *Visualizer*-hez tartozó ikonok között találhatjuk meg a *Print*... elnevezésűt, mely a második csoport legutolsó ikongyűjtőjében helyezkedik el. A nyomtatás megkezdése előtt lehetőség van beállítani a kívánt file formátumot és minőséget, illetve egyéb nyomtatási opciókat.



4. ábra. A feszültség eloszlás

Ezzel röviden áttekintettünk egy végeselem módszer segítségével megoldott számítási feladatot, azonban ennél még jóval több lehetőség rejlik a programban, aminek teljes megismeréséhez sok gyakorlásra és rengeteg időre van szükség.

# 4. Simulation modul

# 4.1. A Simulation modulhoz tartozó alkalmazások

A különböző alkalmazások melyeket a *Simulation* modulon keresztül lehet elérni, elsősorban azt a célt szolgálják, hogy a végeselem analízist el tudjuk végezni. Az analízis minden fázisának megfeleltethető egy-egy alkalmazás, például ahogy azt már korábban láthattuk a geometriai modell megtervezése a Master Modeler segítésével törénik. De úgyanígy a peremfeltételek előírását, vagy a háló generálását is egy külön alkalmazás segíti.

A következő alfejezetekben a modulhoz tartozó különböző alkalmazásokban elérhető parancsokat soroltuk fel. Figyelembe véve azt, hogy az ikon ablak felső ikoncsoportja az, amely az adott alkalmazásra jellemző, így csak ezek leírását tettük meg. Következetesen az ikonparancsok soronként és balról jobbra tartva lettek felsorolva.

### 4 SIMULATION MODUL

## 4.1.1. Master Modeler

Ez az alkalmazás az előzőekben már ismertetésre került. A program célja a geometriai modellek létrehozása, az esetleges későbbi felhasználás miatt. A *Master Modeler*-hez kapcsolódó ikoncsoportok és ikongyűjtők már felsorolva megjelentek egy korábbi részben.

## 4.1.2. Master Assembly

Az alkalmazás elsődleges célja az összeállítások elkészítése a *Master Modeler*-ben létrehozott alkatrészekből. Az ehhez kapcsolódó parancsokat tartalmazza. De ez az alkalmazás a *Simulation* modulban nem használt, illetve nem szükséges, mivel a *Modeler* elegendő arra, hogy az elemezni kívánt geometriát létrehozzuk.

## 4.1.3. Boundary Conditions

Ez az alkalmazás ad lehetőséget arra, hogy a végeselem modellt a környezeti feltételekkel kiegészítsük. Azaz előírást adhatunk a kinematikai és a dinamikai peremfeltételekre vonatkozóan. Az előírható peremfeltételek köre attól függően változik, hogy milyen jellegű analízist hajtunk végre. Ezért mindig azzal a lépéssel kell kezdeni a peremfeltételekre vonatkozó előírást, hogy kiválasszuk az analízis típusát.

A Boundary Conditions alkalmazáshoz tartozó felső ikoncsoport ikongyűjtőinek parancsai:

- Analízis típusa: Linear Statics, Nonlinear Statics, Normal Mode Dynamics, Response Dynamics, Forced Response, Superelement Creation, Linear Buckling, Heat Transfer, Potential Flow
- ← Force..., Radial Toward Point, Radial From Point, Beam Mid-Point Load
- ← Pressure..., Hydrostatic Pressure, Distributed Beam Load
- Data Surface..., Modify Attributes..., Modify Definition..., Check at Points, Check Sum
- ✓ Heat Flux..., Heat Source..., Heat Generation..., Radiation..., Convection...
- Temperature..., Beam Temperature
- Data Edge by Function..., Data Edge by Results..., Manage..., Check at Points, Check Sum

## 4 SIMULATION MODUL

- Displacement Restraint..., Temperature Restraint..., Degree of Freedom..., Coupled DOF..., Constraint Equation...
- 🖝 Gravity, Translation, Rotation, Delete, List
- Contact Set
- ✓ Scaled Sketch, Check Points, Check Sum
- ← Boundary Condition...
- ← Coordinate Systems, Hierarchy, List, Modify

## 4.1.4. Meshing

A végeselem modell csomópontok és elemek hálóját is tartalmazza. A háló készítése ezen alkalmazás segítségével lehetséges. A *Meshing* alkalmazás a következő eszközökkel segíti a háló generálását:

- Geometriai ellenőrző, mely a geometria egészét tekinti át, azért hogy eldöntse kész-e a modell a háló generálásához.
- A hálóhoz paraméterek rendelhetőek, olyanok mint, háló típus (mapped, free), elem típus és hossz, elem fizikai és anyagi jellemzői.
- $\checkmark$  A háló megtekinthető a csomópontok és az elemek generálása előtt.
- A háló generálható az előzetesen beállított paraméterek segítségével.
- A háló finomsága, pontossága ellenőrizhető, vagy lekérdezhető, hogy milyen az elemek mérete és alakja.
- Tetszőlegesen módosítható a háló, akár egy-egy elemre csomópontra vonatkozóan is. Például a pontosabb számítás érdekében.

Az egyes eszközekkel kapcsolatban bővebb információt az on-line súgóban találhatunk. A Meshing alkalmazáshoz kapcsolódó felső ikoncsoport ikongyűjői, illetve az azokban elhelyezett parancsok:

- Define Shell Mesh..., Define Solid Mesh..., Tetrahedral Meshing Options..., Define Beam Mesh..., Anchor Node Create, Define Other Elements, Section Create, Define Free Local, Surface Dependency
- ✓ Modify Mesh Preview..., Local Lengths

- Shell Mesh, Solid Mesh, Solid From Shell, Beam Mesh, Generate Other Elements, Mesh on Part
- Quality Checks, Quality Statistics, Coincident Nodes, Coincident Elements, Free Element Edges, Shell Element Normals, Element Collapse
- ← Auto Settings
- Delete: Mesh, Mesh Definition, Free Local, Surface Dependency
- Remesh, Modify Free Local, Modify Element Definition, Adaptive Settings
- 🖝 Move Mid Nodes, Straighten Edge, Tetra Fix, Plump
- Create: Node, Modify, Copy, Drag, Reflect, Between Nodes, Deform All Nodes, On Points
- Create: Element, Modify, Manual Meshing, Copy to Existing Nodes, Copy and Orient, Reflect
- Material Orientation, Modify, Sketch, Defaults
- $\blacktriangleleft$  Materials
- Physical Property
- Beam Data, Modify, Delete, Subdivide Beams, Check Length/Depth, Check Depth
- 🖝 Solid Properties, Mesh Definition Info, Node Info, Element Info, Beam Data Info
- Surface Thickness, Modify, Scaled Sketch, Check at Points, Create Thickness Results
- Coordinate Systems, Hierarchy, List, Modify

#### 4.1.5. Model Solution

Az alkalmazás a végeselem modell megoldását végzi. Ez számítja ki és tárolja el az eredményeket, melyeket később a *Post Processing* alkalmazás segítségével megtekinthetünk. A *Model Solution* alkalmazáshoz kapcsolódó ikonparancsok.

- Linear, Nonlinear, Variational Analysis,
- Solution Set

- VAN Tools
- ✓ Megoldás (elérhető a Solution Set létrehozása után): Manage Solve, Solve
- Report Errors/Warnings
- 🖝 Absolute Strain Energy History, Relative Strain Energy History
- Variational Analysis Post-Processing
- Eredmények megtekintése (elérhető a sikeres megoldás után): Start New Visualizer, Visualizer, Visualizer Options
- Coordinate Systems, Hierarchy, List, Modify

#### 4.1.6. Post Processing

Egy végrehajtott számítás után a számítási eredményeket elmentve lehetőség van a későbbi adatfeldolgozásra, ennek az alkalmazásnak a segítségével lehetséges az adatok értelmezése, összevetése.

A *Post Processing* alkalmazában használható ikonparancsok a következők, melyek szintén a felső ikoncsoportban helyezkednek el.

- ← Results...
- ← Display Template...
- ← Calculation Domain...
- Display, Next, Previous, First, Options...
- Color Bar...
- ✤ Probe
- Animate, Next, Previous, First, Options...
- 🖝 Create Results, Rename, Delete, List
- ← Report Writer, Options...
- Energy Error Norm, Strain Energy Density, Gradient
- XY Graph, XY Overlay, Setup XY Graph, XY Gallery, Grid Options..., Data Options...
- XYZ Graph, Setup XYZ Graph, XYZ Gallery, Grid Options..., Data Options...

- 🖝 Beam Post Processing
- Window, No Axes Windowed
- ← Tag, Grid Note
- Execute Datamap, Add To Datamap, Remove From Datamap, Delete Datamap, Datamap Info
- Start Visualizer, Visualizer, Visualizer Options
- Coordinate Systems, Hierarchy, List, Modify

### 4.1.7. A középső ikoncsoportról

A *Master Modeler*-nél már írtunk a középső ikoncsoportról. Azonban itt újra meg kell említeni, mert a *Boundary Conditions, Meshing*, stb. alkalmazásoknál ez a rész egy kicsit módosul a végeselem analízisnek megfelelően. Tulajdonképpen néhány újabb ikonnal bővülnek ki.

- 🖝 Labels, Label Nodes, Label Elements
- 🖝 Move, Rotate, Align
- Display Filter..., Display Selected, Display All, Hide Except Selected, Hide, Show
- ← FEM Groups
- Info, World Wide Web, Query Annotation
- Entities, Nodes, Elements, Workplane, Parts
- ✓ Measure, Local/Global Sw
- ← Delete FE Entities, Delete Geometric Entities
- Create FE Model, Create FEM from Assembly, Manage FE Model, Put Away, Get..., Name Parts..., Manage Bins..., Groups...
- Check in, Get From Library..., Manage Libraries..., Manage Projects..., FEM Tem Options

## 4.2. A végeselem modell előkészítése, egyedi alkalmazásokban

Ahogy az az előző példa megoldásakor be lett mutatva, a *Simulation* alkalmazás használatát kell tanulmányozni. A geometria felépítése és az ehhez kapcsolódó probléma megoldása most nem célunk, itt feltételezzük, hogy az már adott. Most azzal kezdjük a feladat végrehajtását, hogy a végeselem modell jellemzőit (anyagjellemzők, fizikai tulajdonságok, csomópontok, elemek) állítjuk be, és a probléma jellegzetességeit figyeljük meg.

Az analízis megkezdése előtt legfontosabb cél, hogy tudjuk milyen megoldási módszert válasszunk ki, illetve állítsunk be. Ez elsősorban a terhelés mikéntjétől, valamint egyéb fontos jellemzőktől függ, mint például:

- Hogyan változik, illetve változik-e a terhelés az idő függvényében?
- Lineáris eredményt várunk-e a megoldáskor?

Ilyen és ehhez hasonló kérdések megválaszolása lényeges momentum, a végeselem modell előkészítésekor.

A következő teendő az, hogy **létrehozunk** egy **végeselem modell**t, mely mindig egy létező alkatrészhez kapcsolódik, ahogy azt már az előző példa kapcsán említettük. Egy elkészített geometriai modellhez több végeselem modellt lehet hozzárendelni. Ez például azért lehet fontos, mert különböző elemekkel számolva más-más pontosságú eredményeket kapunk, melyek később összehasonlíthatóak, módosíthatóak.

Az **anyagjellemzők** beállítása is egy kihagyhatatlan lépés, bár a program alapértelmezésként mindig felkínálja az rozsdamentes acél jellemzőivel beállított anyagot.

A legegyszerűbb módja az anyag létrehozásnak, ha a Simulation->Meshing alkalmazás Materials... parancsát használjuk. Elérhető az első ikoncsoport utolsó előtti sorának első ikonjával. Egy dialógus ablak jelenik meg, melynek listaablakában a beállított anyagok jelennek meg. Ezeknek a kezelésére szolgál a dialógus ablak. Anyag létrehozása és beillesztése a listába a Quick Create parancs segítségével történik.

Anyag létrehozásakor, meg kell adni egy anyag nevet, mely majd a lista ablakban jelenik meg. Ezután ki kell választani az anyag típusát, például izotróp, anizotróp anyagról van-e szó, melynek hatására változnak a megadható jellemzők. Ilyen anyagjellemzők, például a rugalmassági modulusz, Poisson szám, sűrűség, de itt állíthatjuk be az anyagra megengedett maximális feszültségi értékeket is. Az anyagjellemzők tetszőlegesen megváltoztathatóak, úgy hogy a jellemző kiválasztása után, a szöveg mezőben átírható az értéke, és ezt a *Modify Value* parancsal tudjuk érvényesíteni.

**Fontos:** Figyeljünk a megváltoztatot értékekek helyes bevitelére, a tizedes vessző itt a .-ot jelenti! (pl. 2E8 vagy a 0.3 helyes értékek, de 0,3 sem vezet szintaktikai hibához, hanem nulla érték bevitelét okozza)

#### 4 SIMULATION MODUL

A bevitt adatokat az *Examine...* parancs elindítása ellenőrzi, és megjeleníti őket egy kinyíló dialógus ablak segítségével. A létrehozott anyag definícióját a program a végeselem modellhez rendeli, és vele együtt tárolja el. Lehetőség van több anyag létrehozására is, és a számítások egymás után minden anyagra elvégezhetőek.

Fontos a **fizikai jellemzők** helyes bevitele a végeselem módszer alkalmazásakor. Például egy héj elem alkalmazásakor tudni kell, hogy milyen a héj elem vastagsága. Az anyag létrehozása ikon mellett találhatjuk a *Physical Property* parancsot. Használhatjuk például az ikont arra hogy beállítsunk 5 milliméteres lemezvastagságot.

A kinyíló dialógus ablak tartalmaz egy listát, melyben a létrehozott táblázatok vannak felsorolva. Egy új elem létrehozása a New Table... ikon segítségével lehetséges, mely a bal felső ikon a nyitott dialógus ablakon. Egy következő ablakon, a különböző elemcsoportok közül kiválasszunk egyet, a példánál maradva, jelöljük ki a 2D-s csoportba tartozó Thin Shell-elemet. Ezután egy újabb dialógus ablakban az adott táblázat kitöltését végezhetjük el, megadva a táblázat nevét, és a vastagság (Thickness) opciót, de itt számtalan egyéb tulajdonság is előírható.

A **csomópontok** létrehozása a következő lépés. A csomópontok elmozdulásai jelentik az ismeretlen változókat a végeselem számítás során. A három dimenziós térben gondolkodva, minden csomópontnak van három irányban elmozdulási szabadságfoka, illetve a tartó, lemez, héj elemeket tartalmazó modellnél a csomóponti szabadságfokok kiegészülnek három irányú szögelfordulással, tehát ebben az esetben csomópont hat darab szabadságfokkal rendelkezhet.

Most hozzunk létre négy csomópontot. Ehhez a *Node* parancsot kell kiválasztani, mely az első ikoncsoport, negyedik sorának első gyűjtőjében található. A kinyíló dialógus ablakot, melyet fogadjuk el alapértelmezésben. Ezután adjuk meg négy pont koordinátáit, mondjuk legyen az a 10x10 méretű négyzet, itt a parancs ablakot kell használni a koordináták pontos bevitelére. Ha megadtuk a négy pont koordinátáit, akkor ezt a középső egér gombbal tudjuk véglegesíteni.

Egy **elem** létrehozása a csomópontok összekapcsolásával lehetséges. Miért van erre szükség? Lényegében a fő ok az, hogy az I-DEAS lehetőséget ad arra, hogy bizonyos felületeken, illetve felületrészeken, saját elemeket definiáljunk a pontosabb számítás miatt. Tehát nem haszontalan egy kis energiát fektetni a kisebb elemek generálásának módszerébe, hogy jobb eredményeket kapjunk az analízis után.

Elem definiálásához, szükség van az elem típus kiválasztására, mely lehet 1D, 2D, vagy 3D, attól függően milyen feladat esetén alkalmazzuk. Ezt követi az anyag- illetve fizikai tulajdonságok előírása, majd végül az elemet felépítő csomópontokat kell megadni.

Ezért még továbbra is a Solution->Meshing alkalmazásban maradva válasszuk ki az Element parancsot. Ezt az ikont a Node parancsot tartalmazó gyűjtő mellett találjuk. A kinyíló dialógus ablak segítségével készíthetjük el az elemet, a megfelelő információk megadásával. A 2D-s Thin Shell elem kiválasztása után ne felejtsük el megadni a megfelelő anyagot, és fizikai tulajdonságot, melyet korábban már definiáltunk. Majd a négy darab csomópontot kell az egér segítségével kiválasztani. Itt lényeges a csomópontok megadásának sorrendje, az elem irányítása miatt!

Ezt követően a *peremfeltételek* megadása következik a manuálisan létrehozott elemen. Itt váltsunk át a *Simulation->Boundary Conditions* alkalmazásra, és válasszuk ki a *Displacement Restraint...* parancsot. Ez az első ikoncsoport, negyedik sor középső gyűjtőjében van. Válasszuk ki a kívánt csomópontot, – mondjuk a bal felsőt –, és fogadjuk el az egér középső gombjával. A kinyíló dialógusablakban a kinematikai peremfeltétel előírását adhatjuk meg, itt írjunk elő teljes megfogást. Ismételjük meg ezt a lépést a bal alsó csomópontra is, azzal a különbséggel, hogy engedjük Y irányban elmozdulni. A dinamikai peremfeltételeket, az első ikoncsoport, második sorában található parancsokkal írhatjuk elő. Most koncentrált terhelést alkalmazzunk a fennmaradt két csomópontra, ugyanolyan értékkel, és egyformán X irányba.

## 4.3. A modell megoldása

A modell megoldása jelenti mindig az egyik kritikus részét az analízisnek. A megoldáskor legtöbb esetben a lineáris analízist használjuk – mikor a program a modellt állandósult állapotában vizsgálja –, de számtalan feladatnál nemlineáris problámákat kell megoldani. Az I-DEAS-nak a megoldás egy mátrix egyenlet kielégítését jelenti.

## $\mathbf{K}\cdot\mathbf{q}=\mathbf{f}$

Azaz minden egyes csomópontban, minden szabadságfokra, vagy az elmozdulást, vagy ott ahol az elmozdulás elő van írva, a reakcióerőket, kell kiszámítania a programnak.

A megoldáshoz először egy megoldás halmazt kell definiálni (*Solution Set...* parancs), ahogy ez már a korábbi részben ismertetésre került. Ezután pedig a modell megoldható, melyhez a *Solve* ikont kell kiválasztani.

## 4.4. Az eredmények értelmezése

A számítások elvégzése után az analízis következik, az eredmények értelmezése. Itt két fontos kérdést kell mindig megválaszolni:

- Helyesek-e a kapott eredmények a modell szempontjából?
- Mit jelent a kapott eredmény?

Ilyenkor hasznos lehet ha korábban, vagy akár az elemzés közben kézzel kiszámítunk egy-két egyszerűbben elemezhető problémát, részletet. Ez növelheti az eredmények értelmezésének a hatékonyságát, illetve magabiztosabban tudjuk majd állítani, hogy a

#### 4 SIMULATION MODUL

kapott eredményekkel valami nincs rendjén, vagy, hogy ez igen, valami ilyesminek kell lenni az eredménynek!

Az előzőekben utaltunk rá, hogy az eredmények megtekintésének egyik leghatékonyabb eszköze a *Visualizer*. Ennek az alkalmazása most is kielégítő. Az elem feszültségképének megtekintése után mindenki láthatja, hogy a kapott eredmény nem meglepő. Mivel egyenletes terhelés volt az elemen ezért a feszültség minden helyen ugyanolyan értékkel bír. Az a tény pedig, hogy a feszültségek értéke kevesebb mint az anyagra vonatkozó folyáshatár, jelzi, hogy a lináris analízis használata megfelelő feltételezés volt.

Ennél az egyszerű példánál mindenki el tudja végezni kézzel is az elemre vonatkozó feszültség kiszámítását, mely megegyezik a program által produkálttal. Esetleges probléma abból adódhat, hogy rosszul visszük be a csomópontok koordinátáit, vagy rosszul adjuk meg az terhelő erő nagyságát.

**Megjegyzés:** A kapott eredmények egy file-ba írva is megjennek a rendszeren, a modellhez kapcsolódó .LIS file-ban.

Az egy jó gyakorlat, hogy először az elmozdulásmezőt próbáljuk meg elemezni. Ugyanis arról előbb el lehet dönteni, hogy a valóságos állapotoknak megfelelő-e. Ezért javasolt előbb mindig az elmozdulásmező kirajzoltatása, illetve megvizsgálása, mielőtt a feszültségképpel kapcsolatban hoznánk elhamarkodott döntéseket. Az, hogy az elmozdulások kis értékűek szintén arra utalnak, hogy a lineáris analízis jó feltételezés volt a probléma elemzése szempontjából. Természetesen itt minden pontnak más-más lesz az elmozdulása. Azonban az, hogy hol van a megfogás, illetve, hogy melyik helyen kapjuk a legnagyobb elmozdulást az könnyen eldönthető, ha kirajzoltatjuk az elmozdulásmezőt.

## A Visualiser-hez kapcsolódó ikoncsoporok

A felső csoport, különböző jellemzők kiválasztását segíti, az alsó csoport pedig a megjelenítést szabályozza. Ennek megfelelően a egyes ikongyűkben található parancsok a következők.

- Create Display..., Save Template..., Apply Template..., Copy Display Settings
- ✓ Select Results..., Manage Result Collections...
- Current Display..., Display Settings..., Delete Display
- Previous, Previous All
- Color Bar
- Next, Next All

- Undeformed, Deformed, Deformed\_Undeformed, Derformed/Undeformed Options...
- Contour, Element, Arrow, No Results, Element Options..., Arrow Options...
- ☞ Free Face, Volume, Cutting Plane Setup, Cutting Plane
- Iso-Cursor..., Two Color Cursor..., Criteria Cursor...
- ☞ Top, Bottom, Top\_Bottom, Shell Layer Options...
- ← Header..., Text..., Display Quality...
- Animation
- 🖝 Groups..., Display Groups, Display All
- AutoDisplay On, AutoDisplay Off, Redisplay
- 🗢 Zoom All
- Top View, Bottom View
- Isometric View, Eye Direction
- One Viewport, Two Viewport, Three Viewport, Four Viewport
- ← Front View, Back View
- 🖝 Left View, Right View
- ← Print..., Movie...

Az eredményeket természetesen ki lehet íratni a képernyőre, vagy egy tetszőleges fileba is. Ehhez nyissuk meg a *Simulation->Post Processing* alkalmazást. Válasszuk az első ikon csoportból a harmadik sor utolsó gyűjtőjét. Itt pedig nyissuk meg az *Options...* dialógus ablakot. Itt lehet kiválasztani, hogy milyen jellemzőt hová szeretnénk kiíratni, ezután még meg ki kell választani, hogy mely elemnek a jellemzőire vagyok kiváncsi. A képernyőre való kiíratás azt jelenti, hogy az eredményeket a Lista ablak fogja tartalmazni, melyet a kiíratás után tetszőlegesen át lehet böngészni.

# 5. A súgó rendszerről

Az I-DEAS rendszerről készült dokumentáció csak elektronikus formában érhető el. Természetesen a súgó (*Help*) rendszer nyelvezete angol, azonban már számtalan modulhoz, van elérhető magyar fordítás is. Ez elsősorban a *Master Modeler* alkalmazásra igaz. A súgó rendszer HTML-ben készült, Java, illetve JavaScript támogatásával. Ennek bemutatására most nem térünk ki, mivel a használata a már szoftverek esetében megszokott módon történik. A különböző modulokhoz tartozó általános ismertetők mellett, keresési lehetőséget is tartalmaz. Ezzel kapcsolatban talán érdemes megemlíteni, hogy figyelni kell arra is, hogy pontosan milyen modult használunk, és ennek megfelelően állítsuk be a szűkítési opciókat.

A szoftver minden moduljához tartozik nagyon jó *Tutorial* – vagy magyarul tanítópélda –, amelyek végigtekintése nagyon hasznos lehet a szoftver megismerése céljából. A *Master Modeler*-hez kapcsolódóan találhatunk magyarra fordított anyagokat is. A magyar nyelvű tanítópéldák elérése az I-DEAS magyarországi forgalmazójának homepage-éről lehetséges. Az internet lap címe:

#### www.i-deas.hu

A weblap az általános információk és hasznos linkek mellett tartalmazza a Miskolci Egyetem számára készült oldalakat is. Ennek elérése érdekében a nyitólap felső linksorából válasszuk ki az *Egyetem* linket, és az ekkor felnyíló ablakban adjuk meg felhasználónak az *me*, jelszónak pedig az *SDRC* kulcsszavakat. Figyeljünk a kis-nagybetűkre! A megjelenő oldal többek között felkínál egy linket, a magyar nyelvű anyagokhoz.