SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

ALKALMAZOTT MECHANIKA TANSZÉK

Végeselem módszer 3. gyakorlat Furatos lemez (ÁSF feladat)

Feladat: Saját síkjában terhelt furatos lemez



Adott:

Geometriai méretek:

$$a = 1000 \text{ mm}, b=2000 \text{ mm}$$

 $v = 5 \text{ mm}, d=\emptyset500 \text{ mm}, \text{ ahol } v \text{ a lemez}$
vastagsága.
Anyaga: $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
 $v = 0, 3$
Terhelés: $f = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$

Számítási modell: (a szimmetria kihasználása)



Mechanikai modell: általános síkfeszültségi állapot = tárcsa feladat = saját síkjában terhelt lemez feladat

Feltételezések ÁSF feladat esetén:

- b << a test más jellemző méreteinél
- z=0 középfelület sík
- terhelésben nincsenek z irányú erők
- xy síkkal párhuzamos erők vastagságmenti eredője az xy síkba esik
- $z = \pm b/2$ felületek terheletlenek
- $-\sigma_z \approx 0$

Elmozdulásmező: $\vec{u}(x, y) = u(x, y)\vec{e}_x + v(x, y)\vec{e}_y$

Feszültségi állapot: $\underline{\underline{F}} = \begin{bmatrix} \overline{\sigma}_x & \overline{\tau}_{xy} & 0\\ \overline{\tau}_{yx} & \overline{\sigma}_x & 0\\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Végeselem modell: négyszög alakú, lineáris síkelem, elemméret 15mm.

Szemléltetés:

- > A szerkezet deformáció utáni alakjának kirajzoltatása, az elmozdulások szemléltetése,
- > Az elmozdulások szemléltetése vektorokkal a deformálatlan alakon,
- > A σ_x , σ_y , τ_{xy} , σ_{red} feszültségek szemléltetése a deformálatlan alakon,
- > A feszültségeloszlás szemléltetése az y = 0 egyenes mentén,
- > Az alakváltozás és feszültségeloszlás animálása.

Indítsuk el az Abaqus CAE programot. Adjuk meg a munkakönyvtárat a **File ► Set Work Directory...** paranccsal. A megjelenő ablakban a New work directory alá írjuk/másoljuk be a munkakönyvtárunk helyét, vagy válasszuk ki a A select... ikonnal. Ezután OK-zuk le az ablakot.



A MODULE PART geometria megrajzolása

A program megnyitása után alapértelmezésként a Part Modulban vagyunk. Ez a Modul szolgál a geometria létrehozására. Ehhez az alábbi lépéseket kövessük:

- 1. Az eszköztárból kattintsunk a **Create Part** ikonra. Az ennek hatására megjelenő Create Part ablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
 - A Name után írjuk be az alkatrészünk nevét, legyen törttartó.
 - A Modeling Space alatt válasszuk ki, hogy síkbeli, azaz **2D Planar** geometriát szeretnénk rajzolni.
 - A Type alatt hagyjuk az alapértelmezett kijelölést a **Deformable** előtt, mivel alakváltozásra képes geometriát szeretnénk.
 - A Base Feature alatt válasszuk a **Shell**-t.
 - Az Approximate size-ot, tehát a modellünk méretét itt is beállíthatnánk, de erre majd később visszatérünk a segédrács beállításánál, most hagyjuk az alapértelmezett 200-on.

A fenti beállítások elvégzése után kattintsunk lent a **Continue...** gombra.



- 2. A Continue... gombra kattintás után azt tapasztaljuk, hogy a Part modul eszköztára megváltozott, a rajzolást segítő parancsok jelentek meg. Azt is megfigyelhetjük, hogy a program a rajzoláshoz az XY síkot ajánlja fel, és ebben a síkban automatikusan elhelyez egy rajzolást segítő kék segédrácsot (Grid-et). A geometria megrajzolása előtt különösen egyszerűbb geometriánál célszerű ezen segédrács méreteit a rajzolandó geometria méreteinek megfelelően beállítani, így egyszerűen meg tudjuk rajzolni a geometriát és megúszhatjuk annak beméretezését is. A segédrács beállításához kattintsunk az eszköztár Sketcher Options ikonjára. Az ekkor megjelenő Sketcher Options párbeszédablaknak a General fülének a Grid mezőjében végezzük el az alábbi beállításokat:
 - A munkaterület mérete legyen 2000 mm, ehhez a Sheet size sorában az Auto elől vegyük ki a pipát, és írjunk be **2000**-et.
 - A rácstávolságot vegyük 250 mm-re. Ehhez a Grid spacing sorában vegyük ki a pipát az Auto elől és írjunk be **250**-at.
 - A geometria megrajzolásához elég felhasználni a rácspontokat, további belső segédpontokra nincs szükségünk, ezért a Minor intervals-t állítsuk **1**-re.

A fenti beállítások elvégzése után kattintsunk lent az OK gombra.



3. A geometria megrajzolásához válasszuk az eszköztárból a **Create Lines: Connected** parancsot. Ezután a segédrács segítségével rajzoljuk meg a lemez egyenes vonalakkal határolt részeit.

Ezután a **Create Arc: Center and 2 Endpoints** paranccsal rajzoljuk meg a furat negyedét ezzel zárttá tesszük a görbénket.

• Ha végeztünk a geometria megrajzolásával nyomjuk meg az Esc billentyűt.

Ahhoz, hogy a vázlatból vonalakból álló alkatrész legyen a lenti *beviteli mező*ben kattintsunk a Sketch the section for the wire melletti **Done** gombra (vagy nyomjuk meg a középső egérgombot) Ennek hatására elkészül a Part-unk, és visszaáll a Part Modul alap eszköztára.



B MODULE PROPERTY tulajdonságok megadása

Válasszuk ki fent a Property modult. Itt tudjuk megadni az anyagjellemzőket, illetve rúd esetén a keresztmetszeti jellemzőket. Ehhez az alábbi 3 lépésen kell végmenni:

- 1. <u>Anyag definiálása</u>: Első lépésként egy anyagot kell definiálnunk. Ehhez a Property modul eszköztárából kattintsunk a **Create Material** ikonra. A megjelenő Edit Material ablakban végezzük el a következő beállításokat:
 - Nevezzük el az anyagot: a Name: után írjuk be, hogy acél

- A lineárisan rugalmas anyagjellemzők megadásához a Material Behaviors mezőben adjuk ki a Mechanical ► Elasticity ► Elastic parancsot
- Az ekkor megjelenő Elastic mezőben az alábbi beállításokat végezzük el:
 - A **Type** mellett hagyjuk az alapértelmezett **Isotropic**-ot (az anyagtulajdonságok irányfüggetlenek)
 - A lenti Data táblázatban a Young's Modulus alá írjuk be a rugalmassági tényezőt, azaz 2e5 (MPa) –t, a Poisson's Ratio alá pedig a Poisson tényezőt, azaz 0.3-at.

	👙 Edit Material	🜩 Edit Material X
Froperty	Name: acél	Name: acél
Create Material	Name: acd Description: / Material Behaviors ////////////////////////////////////	Name acd Description: Material Behaviors Elestic General Mechanical Ihermal Electrical/Magnetic Other Elestic Type Isotropic Use temperature-dependent data Number of field variables: O Modult ins cale (for viscolasticity): Long-term Data Voung's Poisson's 1 2e5 03
_ ₽ 	OK Cancel	OK Cancel
B1.1	B1.2	B1.3

- 2. <u>Section definiálása</u>: A Property Modul eszköztárából kattintsunk a **Create Section** ikonra. Az ekkor megjelenő Create Section ablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
 - A Category alatt válasszuk ki a **Solid** –ot
 - A Type alatt válasszuk a Homogeneous –t

Ezután kattintsunk a **Continue**... gombra. Az ekkor megjelenő Edit Section ablakban a Material mellett megjelent az előző pontban definiált acél (többféle anyag esetén itt választhatnánk ki a kívánt anyagot). Kapcsoljuk be a pipát a **Plane stress/strain thickness** –nél és írjuk be a lemez vastagságát azaz **5**-öt. Ezután kattintsunk az **OK** gombra.

Module: Property	Create Section X Name: Section-1 Category Type Solid Shell Beam Generalized plane strain Eulerian	 ➡ Edit Section × Name: Section-1 Type: Solid, Homogeneous Material: acél
▶ 🔆 ➡ 📰 ▲ 🗃 B3.1	O Other Composite Continue Cancel B3.2	OK Cancel B3.3

3. <u>Section geometriához rendelése</u>: Ehhez kattintsunk a Property modul eszköztárából az **Assign Section** ikonra. Ezután jelöljük ki az egész geometriát, majd a lenti beviteli

mezőben kattintsunk a **Done** gombra. Ekkor megjelenik az Edit Section Assignement ablak, ahol kiválaszthatjuk a section-t. Mivel csak egy section-t definiáltunk, így csak **OK**-zuk le az ablakot.



C MODULE ASSEMBLY összeállítás

Ennek a lépésnek több alkatrészből álló szerkezetek esetében van igazán jelentősége, mivel itt tudjuk létrehozni az összeállítást. Jelenleg csak egy alkatrészünk van, ennek ellenére nem hagyható ki a lépés, készítenünk kell egy egy alkatrészből álló összeállítást. Ehhez kattintsunk az Assembly modul **Create Instance** ikonjára, majd a megjelenő ablakot **OK**-zuk le.

	💠 Create Instance 🛛 🗙
Module: Assembly	Create instances from:
	Parts O Models Parts
	furatos lemez
Create	
Instance	
4- 00	
D: 0→	Dependent (mesh on part)
<u> </u>	O Independent (mesh on instance)
	Note: To change a Dependent instance's
	mesh, you must edit its part's mesh.
	Auto-offset from other instances
et [].	OK Apply Cancel
C1	C2

D MODULE STEP

lépések megadása

A Step modulban a végrehajtandó vizsgálat(ok) típusát (pl. statikus, dinamikus, hőtani...), azok részleteit és sorrendjét tudjuk beállítani. Jelenleg 1 db statikus lépést kell definiálnunk. Ehhez kattintsunk a Step modul **Create Step** ikonjára. a megjelenő Create Step ablakban nevezzük el a lépést: a Name -nél. A Procedure type-nál válasszuk a **General**-t és a **Static, General** -t.

Ezután kattintsunk a **Continue**... gombra, majd a megjelenő Edit Setup ablakban hagyjunk mindent alapértelmezésen, csak **OK**-zuk le.

Module: Step	Create Step × Name: Step-1 Insert new step after Initial Procedure type: General Dynamic, Temp-disp, Explicit Geostatic Heat transfer Mass diffusion Soils Static, General Static, Riks < Continue Cancel	Edit Step Name: Step-1 Type: Static, General Basic Incrementation Other Description: Time period: 0 n of large displacements and affects subsequent steps.) Automatic stabilization: None Include adiabatic heating effects OK Cancel
D1	D2	D3

D MODULE LOAD

peremfeltételek megadása

A Load modulban tudjuk megadni a kinematikai peremfeltételeket (megfogásokat) és dinamikai peremfeltételeket (terheléseket). Jelen feladatban 2 megfogást (szimmetria tengelyek) és 1 terhelést (1 vonal mentén megoszló erő) kell definiálni.

- 1. megfogások definiálása: (az alábbi lépéseket kétszer kell végcsinálni)
 - Kattintsunk a Load modul Create Boundary Condition ikonjára.
 - A megjelenő Create Boundary Condition ablakban nevezzük el a megfogást függőleges szimmetrai-nak, illetve vízszintes szimmetria-nek, a Category-t hagyjuk az alapértelmezett Mechanical-on, a Types for Selected Step alatt pedig válasszuk ki a Symmetry/Antisymmetry/Encastre-t. Ezután kattintsunk a Continue... gombra.
 - Jelöljük ki a rajzon a függőleges szimmetria, illetve vízszintes szimmetrai helyét (kijelöléskor egy piros vonal jelenik meg a kijelölés helyén).
 - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a Done-re
 - Az ekkor megjelenő Edit Boundary Condition ablakban a függőleges szimmetria esetén válasszuk a XSYMM (U1=UR2=UR3=0), vízszintes szimmetria esetén pedig a YSYMM (U2=UR1=UR3=0). OK-zuk le az ablakot.

függőleges szimmetria tengely	vízszintes szimmetria tengely
Module: 🖉 Load 💌	Module: Load
Create Boundary Condition	Create Boundary Condition



- 2. terhelés definiálása:
 - Kattintsunk a Load modul Create Load ikonjára.
 - A megjelenő Create Load ablakban nevezzük el. A Category-t hagyjuk az alapértelmezett Mechanical-on, a Types for Selected Step alatt pedig válasszuk ki a **Pressure**-t azaz nyomást. Ezután kattintsunk a **Continue...** gombra.
 - Jelöljük ki a geometrián a megoszló terhelés helyét. (kijelöléskor egy piros vonal jelenik meg a kijelölés helyén).
 - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a Done-re
 - Az ekkor megjelenő Edit Load ablakban adjuk meg az nyomás nagyságát negatív előjellel (mivel a felületből kifelé mutat a nyomás) N/mm2-ben azaz -40 -et. Ezt a

következő számítás alapján kapjuk meg: $p = \frac{F}{A} = \frac{f \cdot l}{v \cdot l} = \frac{200 \cdot 500}{5 \cdot 500} = 40 \frac{N}{mm^2}$

Те	rhelés megadása
Ma L L L L L L L L L L L L L L L L L L L	odule: Create
	E2.1
Create Load Name: Load-1 Step: Step-1 Procedure: Static, Genera Category Mechanical Thermal Acoustic Fluid Electrical/Magnetic Mass diffusion Other	al Types for Selected Step Concentrated force Moment Pressure Shell edge load Surface traction Pipe pressure Body force Line load Gravity Bolt load Generalized plane strain Rotational body force Connector force Connector force Connector moment
	E2.2

E2.3 E2.4 Edit Load × Name: Load-1 Type: Pressure Step: Step-1 (Static, General) Region: Surf-1 Distribution: Uniform f(x) Magnitude: 40 Amplitude: (Ramp) • •	F2 3	
E2.4 E2.4 Felit Load X Name: Load-1 Type: Pressure Step: Step-1 (Static, General) Region: Surf-1 Distribution: Uniform f(x) Magnitude: -40 Amplitude: (Ramp) Y	Select points for the load (V Create set: Sets))	
♦ Edit Load Name: Load-1 Type: Pressure Step: Step-1 (Static, General) Region: Surf-1 Distribution: Uniform f(x) Magnitude: -40 Amplitude: (Ramp) K OK Cancel	 E2.4	
— • —	➡ Edit Load Name: Load-1 Type: Pressure Step: Step-1 (Static, General) Region: Surf-1 Distribution: Uniform Magnitude: -40 Amplitude: (Ramp) K Cancel	

F MODULE MESH háló elkészítése

A végeselem hálót a Mesh modulban tudjuk elkészíteni. Legelőször fent az Object-et állítsuk át Part-ra, aminek hatására a Part mellett megjelenik a rácsos tartó felirat.

```
Module: Mesh Model: Model-1 Object: Assembly Parts rácsos tartó
```

Ezután a hálózást az alábbi lépésekben végezzük el:

1. Felület felvágása:

Első lépésként mivel strukturált végeselem hálót szeretnénk létrehozni ezért felvágjuk a felületet. Ehhez kattintsunk a **Partition Face: Sketch** ikonra. Ekkor visszakapjuk a sketch modult amiben rajzoljuk meg a **Create Lines: Connected** paranccsal az a két vonalat ami

mentén a felületet felvágjuk. Ezután az **Add Dimension** paranccsal méretezzük be az ábrán látható két pontot **500** mm-re. Végül kattintsunk a beviteli mezőben a **Done** gombra.





- 2. Elemtípus megadása:
 - Kattintsunk a Mesh modul Assign Element Type ikonjára.
 - Jelöljük ki a teljes geometriát.
 - A lenti beviteli mezőben kattintsunk a **Done** gombra
 - A megjelenő Element Type ablakban a Family-t állítsuk **Plane Stress**-re, a Geometric Order-t pedig legyen **Linear**, majd **OK**-zuk le az ablakot.

Module: Mesh		Element Type Element Library Family Plane Strain Plane Stress Geometric Order Plane Stress
F2.1	F2.2	F2.4

3. Elemméret megadása:

Ehhez az alábbi lépéseket végezzük el:

- Kattitnsunk a Mesh modul Seed Part ikonjára.
- A megjelenő Global Seeds ablakban az Approximate global size mezőben írjunk be **15**-öt. Ezután **OK**-zuk le az ablakot.

Module: Mesh	 Global Seeds × Sizing Controls Approximate global size: 1⊈ Curvature control Maximum deviation factor (0.0 < h/L < 1.0): 0.1 (Approximate number of elements per circle: 8) Minimum size control By fraction of global size (0.0 < min < 1.0) 0.1 By absolute value (0.0 < min < global size) OK Apply Defaults Cancel 	
F3.1	F3.2	F3.3

4. <u>Négyszög alakú strukturált háló megadása</u>: Kattintsunk az Assign Mesh Controls ikonra ezután jelöljük ki a teljes geometriát majd kattintsunk a középső gombbal. A felugró Mesh Controls ablakban az Element Shape-nél állítsuk be a Quad-ot a Technique-nél pedig a Structured menüpontot, majd kattintsunk az OK-ra.



5. Végeselem háló elkészítése:

A végeselem háló elkészítéséhez kattintsunk a Mesh modul eszköztárában a **Mesh Part** ikonra, majd a lenti beviteli mezőben az OK to mesh the part? mellett a **Yes** gombra.



6. Hálótulajdonságok lekérdezése (opcionális)

A csomópontok és végeselemek számának ellenőrzéséhez a **Tools** ► **Query...** Parancsot használhatjuk. A felugró Query ablakban a General Queries mezőben kattintsunk a Mesh-re, majd a lenti beviteli mezőt a Query entire part-on hagyva a **Done** gombra. Ekkor a lenti párbeszédablakban megjelenik a csomópont szám (Total number of nodes) és az elemszám (Total number of elements).

G	MODULE	JOB	feladat megoldása
		000	Toladat mogoladoa

A feladatot a Job modulba átlépve tudjuk lefuttatni. Az ehhez szükséges lépések:

- 1. Feladat definiálása:
 - A Job modul eszköztárából kattintsunk a Create Job ikonra
 - A megjelenő Create Job ablakban kattintsunk a Continue... gombra
 - A megjelenő Edit Job ablakban hagyjunk mindent alapértelmezésen és OK-zuk le

Module: Job	Create Job Name: Job-1 Source: Model Model-1 Continue Cancel	Edit Job Name: Job-1 Model: Model-1 Analysis product: Abaqus/Standard Description:
G1.1	G1.2	G1.3

- 2. Feladat lefuttatása:
 - A Job modul eszköztárából kattintsunk a Job Manager ikonra
 - A megjelenő Job manager ablakban alapból ki van választva az előbb definiált 1 db feladat (Job-1). Kattintsunk a **Submit** gombra.
 - Ha a Status alatt megjelenik a Completed felirat, akkor a feladat sikeresen lefutott. Az eredmények megjelenítéséhez kattintsunk a **Results** gombra.

Module: Job	💠 Job Manage	r			×	≑ Job Mana	iger			×
	Name	Model	Туре	Status	Write Input	Name	Model	Туре	Status	Write Input
📮 📻	Job-1	Model-1	Full Analysis	None	Data Check	Job-1	Model-1	Full Analysis	Completed	Data Check
- III					Submit					Submit
					Continue					Continue
					Monitor					Monitor
										Results
					Kesults					Kill
					Kill					
	Create	Edit Copy	Rename	Delete	Dismiss	Create	Edit Copy	Rename	Delete	Dismiss
C2 1		<u> </u>	2				<u> </u>	2		
G2.1		G2	.∠				GZ	. ა		

H MODULE VISUALIZATION eredmények megjelenítése

A **Results** gombra kattintva automatikusan a **Visualisation** modulba kerülünk. Fent válasszuk ki az U-t vagy az S-t annak megfelelően, hogy az elmozdulást, vagy a feszültséget szeretnénk megjeleníteni. Először válasszuk az U-t.

	1000		140	
faults 👻 💋 👻 🔤 Primary	▼ S	Mises	- 🔄	
	CF			H4 4
	E			
	RF			
	s			
	U			

A Plot Contours on Deformed Shape ikonra kattintva a deformált alakot láthatjuk.



Bal felül látható színskála alapján a maximális elmozdulás 0,2912 mm.

A **Common Plot Options**-ban a **Basic** fülön beállíthatjuk a deformáció felnagyításának mértékét, a **Labels** fülön bekapcsolhatjuk a csomópontok és elemek sorszámának megjelenítését.

	Common Plot Options					
_	Basic	Color & Style	Labels	Normals Other		
ult <u>P</u> lot <u>Animate</u> R	Render Style Wireframe Hidden Filled Shaded Deformation Scale Factor Auto-compute (160.603) Uniform Nonuniform Value: 200 T		Visible Edges All edges Exterior edges Feature edges Free edges No edges G			
Common Options	Ok	К Арр	ly	Defaults Cancel		

A Contour Options-ban a Limits fülön bekapcsolhatjuk a max/min helyek megjelenítését.



Az elmozdulások kiértékelése után nézzük meg a redukált feszültség eloszlást.

