SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

ALKALMAZOTT MECHANIKA TANSZÉK

Végeselem módszer 5. gyakorlat

Feladat: szakító próbatest szilárdsági vizsgálata



A szakító próbatest, lévén forgásszimmetrikus geometriával rendelkező test, meridián metszetével adható meg, amely a fenti ábrán látható.

Geometria: a szakító próbatest méreteit az ábrán definiáltuk. **Terhelés:** p = |F/A| = 5 MPa megoszló terhelést alkalmazunk. **Anyagjellemzők:** acél anyagjellemzői: E = 200 GPa, v = 0,3.

Elvégzendő feladatok:

- 1. Rajzolja meg a próbatest geometriáját!
 - A test geometriája és terhelése is forgásszimmetrikus, ezért a feladat 2D-s forgásszimmetrikus feladatként is megoldható. Ennek értelmében elegendő a test meridián metszetét megrajzolni.
 - A próbatest geometriája rendelkezik egy további szimmetriával is, a bemetszésénél a forgástengelyre merőleges síkra is szimmetrikus a geometria és a terhelés. Emiatt a megrajzolandó geometria tovább egyszerűsíthető, azaz csak a meridián metszet felét kell megrajzolni.
- 2. Készítse el a végeselem felosztást!
 - Használjon háromszög elemeket a felosztás elkészítéséhez.
 - Egy végeselem átlagos mérete (a végeselem átlagos élhossza) legyen 2 mm!
 - A feszültséggyűjtő helyek közelében az átlagos elemméret legyen 0,2 mm!
- 3. Adja meg a szerkezet megfogását (kinematikai peremfeltétel)!
 - A feladat kiírásában nem szerepel a próbatest megfogása. Igaz hogy a próbatest a két végén ható egyforma nagyságú és ellentétes irányú erők hatására egyensúlyban van, de semmi nem akadályozza meg a merevtestszerű elmozdulásokat. Mivel a megoldandó egyensúlyi egyenlet a vizsgált test végtelen távoli időpontban felvett helyzetét adja meg, a fellépő numerikus kerekítési hibák miatt a test pontjainak elmozdulása végtelen nagyra adódna. Emiatt szükség van a próbatest megfogására. Ezt úgy kell megtenni, hogy a feladatban nem szereplő megfogás lehetőleg ne befolyásolja a



végeredményt. Ennél a feladatnál ez úgy oldható meg, hogy a szimmetria sík és a meridián metszet metszésvonalának pontjait a forgástengely irányában megfogjuk, vagyis nulla nagyságú elmozdulást írunk elő. Mivel ezek a pontok a szimmetria miatt amúgy sem mozdulnának el, a végeredmény módosítása nélkül biztosítani tudjuk a merevtestszerű elmozdulások megakadályozását.

- A forgástengely pontjai a forgásszimmetria miatt sugárirányban nem mozdulhatnak el, ezért itt semmilyen korlátozást (kényszert) nem kell alkalmazni.
- 4. Adja meg próbatest terhelését (dinamikai peremfeltétel)!
 - A próbatest két véglapján a terhelő erő intenzitása (egységnyi felületre jutó erő) adott, ezt felületen megoszló terhelésként kell figyelembe venni.
- 5. Számítsa ki a terhelés hatására létrejött elmozdulásokat és feszültségállapotot!
 - Feltételezzük, hogy csak kis elmozdulások és alakváltozások következnek be, valamint azt, hogy az alakváltozások és feszültségek között lineáris a kapcsolat. Emiatt a feladatot a számítógép egy lépésben számolja ki.
- 6. Szemléltesse színskálával ellátott színes ábrákon az elmozdulásmezőt és a redukált feszültséget (von Mises feszültség)!



Feladat megoldása:

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!
- 2. Az ennek hatására megjelenő Create Part párbeszédablakban az alábbi beállításokat végezzük el:
 - A Name után beírhatjuk az alkatrészünk nevét.
 - A Modeling Space alatt válasszuk ki, hogy forgásszimmetrikus, azaz **Axisymmeric** 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.

| Module: 🖉 Part 💌 | Create Part X |
|------------------|---------------------------------|
| | Name: próbatest |
| | Modeling Space |
| 7015 74 | ○ 3D ○ 2D Planar ● Avisymmetric |
| Create | |
| Part | Type Options |
| | Deformable |
| | |
| | O Arstitical include twist |
| | |
| | Ulerian |
| | Base Feature |
| -+ | Shell |
| V3, 🛄 | O Wire |
| 🚛 🔤 | |
| | U T UNIT |
| (XYZ) | |
| + | |
| | |
| | Approximate size: 200 |
| | Continue Cancel |
| A1 | A2 |

3. 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 (Gridet).

4. Az alapértelmezett függőleges forgatási tengely zöld szaggatott vonallal látszik a grafikus ablakon.



5. Következő lépésben rajzoljuk meg a tengely meridián metszetét a **Create Lines: Connected** paranccsal! Lényeges, hogy a rajzolás során zárt görbét hozzunk létre különben nem kapunk felületet később. Ha szükséges az **Add Constraint** paranccsal kényszerezhetjük a geometriát, például ha valamelyik vonal nem vízszintes, akkor a Horizontal paranccsal vízszintesbe hozhatjuk.



- 6. Szükséges a megrajzolt geometria beméretezése. Ehhez az Add Dimension parancsot használjuk! Kattintsunk a beméretezni kívánt vonalra, majd jobb kattintással tegyük le a méretvonalat és ezután alul a Beviteli mezőben adjuk meg a pontos méretet és Enter-rel fogadjuk el a beírt értéket! Elegendő a képen megadott méreteket beállítani, nehogy túldefiniált legyen a geometria, amikor a körívet megrajzoljuk.
- 7. A sketch rajzolás utolsó lépése az 5 mm-es lekerekítés létrehozása. Ehhez a Create Fillet: Between 2 Curves parancsot használjuk. A parancsra kattintás után az alsó beviteli mezőben adjuk meg a lekerekítési sugár méretét a Fillet radius sornál! A beírt értéket középső gombbal vagy Enter-rel



fogadjuk el, majd kattintsunk a megfelelő két oldalra ahol a lekerekítést létre kell hoznunk!



8. A fenti lépések után az alsó beviteli mezőben a **Sketch the section for the planar shell** sornál kattintsunk a **Done** gombra vagy a középső gombbal valahová a grafikus ábrákra! Az eredmény:





B MODULE PROPERTY tulajdonságok megadása

Module: Property

σε 📰

j. 🗖

1L 📰

-

► ⁿ²n1

ф 🛅

<u> 1</u>. 1-1,

🔶 🛄

/ 📰

Part

Step

Mesh

Sketch

Property Assembly

Interaction Load

Optimization Job

Visualization

A geometria megrajzolása után lépjünk át a Property modulra. Ebben a modulban definiáljuk az anyagmodellt, a section-t és ezt hozzárendeljük a geometriához.

 Először a Create Material paranccsal hozzuk létre a lineárisan rugalmas izotróp anyagmodellünket! Adjuk meg az anyag nevét a Name sornál, ami legyen acél! Majd válasszuk a Mechanical ► Elasticity► Elastic parancsot és adjuk meg a rugalmassági moduluszt és a Poisson-tényezőt! E = 200 GPa, v = 0,3.

Végül a megadás után kattintsunk az OK gombra!



| 💠 Edit Material X |
|--|
| Name: acél |
| Description: |
| |
| Material Behaviors |
| Elastic |
| |
| |
| General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other |
| Flastic |
| |
| |
| Number of field variables: |
| Moduli time scale (for viscoelasticity): Long-term |
| |
| No tension |
| Data |
| Young's Poisson's Modulus Batio |
| 1 2e11 0.3 |
| |
| |
| |
| |
| OK Cancel |
| |

2. A Create Section parancesal hozzunk létre egy Section-t, amellyel a tulajdonságokat tudjuk a modellhez hozzárendelni! A Category-nál válasszuk a Solid opciót, a Type-nál pedig a Homogeneous opciót, majd kattintsunk a Continue gombra és végül adjuk meg az acél anyagot, amit korábban létrehoztunk és kattintsunk az OK gombra!

| Category | Туре | 🖨 Edit Section |
|-------------------|---|-----------------|
| Solid | Homogeneous Generalized plane strain | Name: Section-1 |
| O Beam | Eulerian Composite | Material: acel |
| ⊖ Beam ⊖ Other | Eulerian Composite | Material: acel |

3. Az Assign Section paranccsal hozzárendeljük az előbb létrehozott Sectiont a geometriához. Jelöljük ki az alkatrészünket majd a Select the regions to be assigned a section –nál kattintsunk a Done-ra! A megjelenő Edit Section Assignment ablakot okézzuk le!

| 2 | | |
|---------------------------|----------|--|
| 🛓 🧰 | | |
| XL 🚍 | | |
| Assign Section | | |
| 🕂 🧰 | | |
| 😚 📰 | | |
| / 🚍 | | |
| li, li, Z | | |
| + / | | |
| -tz | | |
| ^(XY2) 未 台 美 | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | A | |

| the state the state of the | У | 10 | | And Bulletinger | |
|--|-------------------|---|---|-----------------|--|
| Model Database 💡 🌲 🗄 | 8 | 2: | | | |
| Models (1) | | 4 | | | |
| Model-1 | | 2. Hall | | | |
| Parts (1) | | at m | | | |
| Calibrations | | | | | |
| | | H Car | | | |
| Edit Section Assignment | | × | | | |
| Region | | | | | |
| Region: Set-1 | | | | | |
| Section | | | | | |
| Fastion Casting 1 | 1 | | | | |
| Personal Personal" | 101 | | | | |
| Note: List contains only section applicable to the selected | f regions. | | | | |
| | | | | | |
| Type: Solid Homogeneous | | | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acél | | | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acél | | | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acél Thickness | | _ | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acél Thickness Assignment: ® From section (|) From ç | peometry | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: ® From section (OK | O From g | peometry 1 | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: ® From section (OK B5 LOADS |) From s | peometry | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: @ From section (OK B LOARS B CS | O From g | jeometry I I+ | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: From section (OK B Cos Predefined Fields | O From s | peometry I I I I I I I I I I I I I I I I I I I | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: @ From section (OK BS Coast B CS B CS Remeshing Rules Remeshing Rules | O From s | peometry +: 台(, , , , | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Assignment: From section (OK BCS Predefined Fields Premering Rules Continuation Tasks | C From g | peometry I I I I I I I I I I I I I I I I I I I | | | |
| Type Solid, Homogeneous Material: a cel Thickness Assignment: @ From section (OK B Cos B Prodefined Fields B Rementing Bules C Optimization Tasks Statches | O From g | jeometry I I I I I I I I I I I I I I I I I I I | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: acel Thickness Sasjamment: From section (OK Ba Toasis Pedefined Fields Perenting Rules Continuation Tasks School School | O From g | pometry ・、へ 出入 | | | |
| Type Solid, Homogeneous Material: a cel Thickness Assignment: @ From section (OK Bas Decision Fields Bas Predefined Fields Bas Predefined Fields Bas Setches Annotations Annotations Annotations Annotations | C From g | eometry E A E | | | |
| Type Solid, Homogeneous Material act Thickness Sagrament: (*) From section (*) OK Sagrament: (*) From section (*) OK Sagramenting Rules (*) Optimization Tasks Sachadows (*) Analysis (*) Analysis (*) Analysis (*) Analysis (*) Analysis | Cance | peometry 1 キ・ホー とり、こ、 | | | |
| Type: Solid, Homogeneous Material: act Thickness Assignment: Thickness Bos Bos Bos Bos Bos Bos Bos Bos Bos B | Cance | peometry 1 31 天 | | | |
| Type: Solid Homogeneous Material act Assignment: From section (CK B: From section (CK B: From section (CK B: Remenhing Bules B: Remenhing Bules B: Remenhing Bules B: Startules B: Start | O From g | icometry i + , 小, たり、、, | | | |
| Type: Solid Homogeneous Material and Solid Homogeneous Assignment: @ Frem section 1 @ Color B Solid D Optimization Trails D Optimization Trails D Optimization Trails D Amonthing Balance D Amonthing Balance | O From ç Cance | ieometry i t 大 | × | | |

C MODULE ASSEMBLY

összeállítás

1. A Create Instance parancesal létrehozunk egy összeállítást.





8

D MODULE STEP

1. Lépjünk át a Step modulra és a **Create Step** paranccsal hozzunk létre egy **Static, General** Step-et az ábrán látható módon!

| Module: Step Model: Model-1 | Step: 🗘 Initial 🧹 | |
|-----------------------------|---|--|
| ••• 💼 | | |
| Create Step | | |
| | | |
| | | |
| 🚂 🦌 | | |
| (xyz) + | 🚔 Create Sten 🛛 🗙 | |
| | Name: Step 1 | |
| | Insert new step after | |
| | Initial | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | Procedure type: General | |
| | Dynamic, Temp-disp, Explicit ^ Geostatic | |
| | Heat transfer | |
| | Soils | |
| | Static, General Static, Riks V | |
| | < <u>></u> | |
| | Continue Cancel | |
| | | |
| Y | | |
| | | |
| 2 →→ × | | |
| | | |

| 📄 Edit Step | × |
|---|-----------------|
| lame: Step-1 | |
| ype: Static, General | |
| Basic Incrementation Other | |
| Description: | |
| Time period: 1 | |
| NIgeom: Orn (This setting controls the inclusion of nonlinear el On of large displacements and affects subsequent st | ffects eps.) |
| Automatic stabilization: None | |
| | |
| Include adiabatic heating effects | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |



E MODULE LOAD peremfeltételek megadása

Lépjünk át a Load modulra és a Create Load paranccsal hozzuk létre a terhelést! A Category-nál válasszuk a Mechanical-t a Types for Selected Step-nél pedig a Pressure opciót majd kattintsunk a Continue gombra! Ezt követően jelöljük ki a felső felületet, amin a terhelés működik, majd fogadjuk el a kijelölést a középső gombbal vagy alul a beviteli mezőben a Done gombbal! Ezután a felugró ablakban adjuk meg a nyomás értékét, -5e6 (azaz 5 MPa húzás), a Magnitude mezőben, majd kattintsunk az OK gombra!

| Model: 🛱 Model-1 岁 Step: 🛱 Step-1 🗸 | | | |
|---|---|--|--|
| | : | | |
| Create Load Name Load Step: Step: Step: Step: Category Mechanical Chemal Concentrated force Acoustic Chuid Checkicul/Magnetic Mass difficult Concentrated force Backicul Concentrated force Bac | | Edit Load Name: Load-1 Type: Presure Step: Step-1 (Static, General) Region: Surf-2 Distribution: Uniform Magnitude: 566 Amplitude: (Ramp) OK Cancel | |
| Gravity Bot load Continue Cancel | | | |

2. A következő lépésben adjuk meg a kinematikai peremfeltételt, vagyis a megfogást! Kattintsunk a Create Boundary Condition gombra és a felugró ablakban válasszuk a Mechanical és Displacement/Rotation opciókat! Majd a Continue... gomb következik. Ezután jelöljük ki az alsó felületet (az ábrán az alsó vonalat) és fogadjuk el a kijelölést a középső gombbal! A felugró ablakban pipáljuk be az U2, UR3 mezőket és adjunk meg 0 értéket mindegyikhez, majd kattintsunk az OK gombra!

| - | | | † | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|----------|--------------|--|----------|--|
| | | | | | | | |
| | | | | 🜩 Edit Bo | undary Condition | × | |
| | | | | Name: BC | 51 | | |
| | 💠 Create Boundary Cor | ndition X | | Type: Di | splacement/Rotation | | |
| | Name: BC-1 | | | Step: Ste | ep-1 (Static, General) | | |
| | Step: Step-1 | v | | Region: Se | t-3 | | |
| | Procedure: Static, Genera | 4 | | CSYS: (G1 | obal) 📘 🙏 | | |
| | Category Mechanical | Types for Selected Step | | Distribution | : Uniform 🗸 | f(x) | |
| | O Electrical/Magnetic | Displacement/Rotation | | 🗆 U1: | | | |
| | O Other | Velocity/Angular velocity | | 以 2: | 0 | | |
| | | Connector velocity | | UR3: | 8 | radians | |
| | | | | Amplitude | (Bamp) | Av I | |
| | | | | 7 mpillade | (minp) | | |
| | | | | Note: The | displacement value will b ntained in subsequent ste | e ps. | |
| | Continue | Cancel | | 0 | K | | |
| | Comment | Current | | 0 | Calici | | |

10

 F
 MODULE
 MESH
 háló elkészítése

 1.
 Lépjünk át a Mesh modulra! Az Object-et állítsuk Part-ra!

 Jle:
 Mesh
 Model:
 Object: O Assembly @ Part:
 próbatest

| <u>, </u> | | |
|-----------|--|--|
| !- | | |
| | | |
| Ľ | | |
| | | |

2. Állítsuk be, hogy háromszög elemeket használjon a program a hálózáshoz! Ehhez kattintsunk az Assign Mesh Controls-ra! Mesh Controls ablakban válasszuk a Tri-t! Okézzuk le!



Következő lépésben sűrítsük be az elemeket a lekerekítés környezetében! A **Seed Part**-ra való kattintás után a **Global Seeds** ablakban állítsuk az **Approximate global size**-ot 2-re! A **Curvature control**-nál a **Maximum deviation factor** legyen 0,001! Nyomjunk egy **OK**-t!

| 11 | > |
|----|--------|
| | \sim |

(



3. Kattintsunk a Mesh Part-ra majd alul a Yes-re az OK to mesh the part-nál!



G MODULE JOB a fela

a feladat megoldása

1. Lépjünk át a Job modulra és hozzunk létre egy új job-ot a **Create Job** paranccsal! A felugró ablakban kattintsunk a **Continue** majd az **OK** gombokra! Végül a létrehozott job-ra jobb kattintás után a **Submit** paranccsal tudjuk a modellt elküldeni megoldani.





| 🜩 Edit Job | × |
|---|---|
| Name: Job-1 Model: Model-1 | |
| Analysis product: Abaqus/Standard Description: | |
| Submission General Memory Parallelization Precision | |
| Ob Type OF Full analysis Recover (Explicit) Restart | |
| Run Mode | |
| Background () Queue: Host name: Type: | |
| Submit Time | |
| Immediately Wait: hrs. min. | |
| ⊖ At: | |
| OK |] |





Η RESULTS

9

eredmények kiértékelése

A job-ra jobb kattintás után a Results paranccsal tudjuk az eredményeket ábrázolni. A különböző mennyiségeket a következőképp választhatjuk ki (a három példa az elmozdulás-, a feszültség- és a deformációmező [U, S, E]):





Ha a View menüpontban az ODB display options -t választjuk, akkor három dimenziós testként, illetve annak metszeteként is megnézhetjük a próbatestet. A példa egy 270°-os, 100 darab szegmensből álló metszetet mutat.



14



| (| 15 | \supset |
|---|----|-----------|
| | | \sim |