## ZMMiK Laboratorium 5 - Plastyczność. Proces walcowania.

## 1 Cel laboratorium

W ramach ćwiczenia laboratoryjnego analizie poddana zostanie belka o wymiarach: długość l = 200 mm, wysokość przekroju poprzecznego h = 20 mm oraz szerokość przekroju poprzecznego b = 1 mm. Schemat podparcia przedstawiony jest na rysunku 1. Przyjęto model materiałowy stali idealnie sprężystoplastycznej, charakteryzującej się granicą plastyczności  $R_e = 250 \text{ MPa}$ . Belka obciążona jest równomiernie rozłożonym obciążeniem ciągłym q (wyrażonym w N/mm), działającym na jej górnej powierzchni. W dalszej części laboratorium przedstawiony zostanie model walcowania miedzianego pręta.



Rysunek 1: Schemat belki swobodnie podpartej z obciążeniem ciągłym.

#### 1.1 Rozwiązanie analityczne

Rozwiązanie analityczne rozpoczyna się od wyznaczenia momentu plastycznego (nośności plastycznej przekroju), oznaczanego jako  $M_{pl}$ :

$$M_{pl} = \frac{bh^2}{4}R_e = \frac{1 \text{ mm} \cdot (20 \text{ mm})^2}{4} \cdot 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 25000 \text{ Nmm}$$
(1)

Rozkład momentu gnącego M(x) w belce swobodnie podpartej, obciążonej równomiernie obciążeniem ciągłym q, dany jest wzorem:

$$M(x) = \frac{q}{2} \left(\frac{l^2}{4} - x^2\right)$$
(2)

Porównując moment plastyczny  $M_{pl}$  z równania (1) z maksymalnym momentem gnącym  $M_{max} = M(x = 0)$  (na podstawie równania (2)), wyznaczamy obciążenie graniczne  $q^g$ , które powoduje pełne uplastycznienie przekroju:

$$q^{g} = \frac{8M_{pl}}{l^{2}} = \frac{8 \cdot 25000 \text{ Nmm}}{(200 \text{ mm})^{2}} = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$
(3)

Do dalszej analizy rozkładu stref plastycznych przyjmuje się obciążenie  $q^0$ , stanowiące 90% obciążenia granicznego  $q^g$ :

$$q^0 = 0.9 \cdot q^g = 0.9 \cdot 5 \frac{N}{mm} = 4.5 \frac{N}{mm}$$
 (4)

Aby wyznaczyć rozkład strefy sprężystej wzdłuż belki dla obciążenia  $q^0$ , przyrównujemy moment gnący M(x) (wywołany tym obciążeniem, zgodnie z równaniem (2) dla  $q = q^0$ ) do nośności momentowej  $M_{ep}$  częściowo uplastycznionego przekroju prostokątnego. Nośność ta dla przekroju prostokątnego wyraża się

wzorem:  $M_{ep} = \frac{bh^2 R_e}{12} \left[ 3 - \left(\frac{2z_g}{h}\right)^2 \right]$ , gdzie  $z_g$  to połowa wysokości rdzenia sprężystego (odległość od osi obojętnej do granicy strefy plastycznej w przekroju). Otrzymujemy zatem:

$$\frac{q^0}{2} \left( \frac{l^2}{4} - x^2 \right) = \frac{bh^2 R_e}{12} \left[ 3 - \left( \frac{2z_g}{h} \right)^2 \right]$$
(5)

Z powyższego równania wyznaczamy $z_g(\boldsymbol{x})$ :

$$z_g(x) = \sqrt{\frac{3}{4} \left(h^2 - \frac{2q^0\left(\frac{l^2}{4} - x^2\right)}{bR_e}\right)} = \sqrt{30 + 0.027x^2} \quad [mm]$$
(6)

Należy zauważyć, że powyższy wzór na <br/>  $z_g(x)$ jest słuszny tylko dla tych wartości<br/> x, dla których przekrój jest częściowo uplastyczniony, tz<br/>n. $0 \le z_g(x) < h/2.$ 

## 2 Model belki

#### 2.1 Właściwości materiałowe

- 1. Dodanie nieliniowego modelu materiałowego Rysunek 2.
  - 1: Zmian dokonujemy w *Engineering Data*.
  - 2: Do podstawowego materiału stali dodajemy *Bilinear Isotropic Hardening*, a następnie wypełniamy  $R_e = 250$  MPa, *Tangent Modulus*= 0 sprawi, że materiał będzie zachowywał się jak idealnie sprężysto-plastyczny.

File Edit View Tools Units Ex	A2:Engineerir	g Data ×			
Y Filter Engineering Data 🏙 Engineering t	ata sources	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
oobox 🔹 🖡	X Outine	of Schematic A2: Engineering Data			
Physical Properties		A		в	
Elinear Elastic	1	Contents of Engineering Da	ta 🗦		
🔁 Isotropic Elastidty	2	<ul> <li>Material</li> </ul>			
<ul> <li>Orthotropic Elastidty</li> <li>Anisotropic Elastidty</li> </ul>	3	📎 Structural Steel			
Hyperelastic Experimental Data	*	Click here to add a new material			
Hyperelastic	2				
Chaboche Test Data	- <b>Z</b>	•			
I Plasticity		•			
🔀 Bilinear Isotropic Hardening					
Multilinear Isotropic Hardening	-				
Bilinear Kinematic Hardening	ic Hardenin				
Multilinear Kinematic H		<u> </u>			
Chaboche Kinematic Hardening					
Anand Viscoplasticity					
Gurson Mode	-				
± Creep					
		<b>V</b>			
27					
Bilinear Isotropic Hardening					
Bilinear Isotropic Hardening     Yield Strength			250	MPa	

Rysunek 2: Dodanie modelu plastyczności.

#### 2.2 Geometria

- 1. Przygotowanie geometrii: prostokąt o wymiarach  $100 \times 20$  mm, następnie podzielenie jednej z pionowych krawędzi w celu przygotowania miejsca pod warunek brzegowy - Rysunek 3.
  - 1: Wybieramy opcję *Split*.
  - 2: Zaznaczenie opcji dzielenia krawędzi.
  - 3: Krawędź dzielimy na połowę.



Rysunek 3: Przygotowanie geometrii.

- 2. Ustawienia dwuwymiarowego modelu Rysunek 4
  - 1: Przed przejściem do modułu *Model* należy w głownym schemacie projektu zmienić w szczegółach geometrii typ analizy na 2D.
  - 2: Po otwarciu Mechanical w szczegółach geometrii zaznaczyć PSN.
  - **3**: Jeżeli grubość modelu nie została nadana na etapie modelowania geometrii, należy ją uzupełnić na tym etapie.



Rysunek 4: Ustawienia analizy 2D.

#### 2.3 Siatka MES oraz warunki brzegowe

- 1. Ustawienia siatki Rysunek 5.
  - A: Podział na poziomych krawędziach.
  - **B**: Podział na pionowych krawędziach (**Uwaga:** po podzieleniu jednej z nich mamy łącznie 3 pionowe krawędzie).
  - C: Ustawienia nadane na powierzchnię.

Outline	•	Face Meshing				
1 🔄 🗠 🗉 🔒 🛊	4	Edge Sizing				
Project		Coge during				
B- G Model (A4)		E Edge sizing 2				
- dg Geometry	-6	Face Meshing				
E Materiale	a lace					
E Coordinate S	Svstems					
⊟, AB Mesh						
- 20 - 20	ano ano Istano Istano Istano Istano Information					D
		B.2				
Details of "Multiple Selection	on" 🔍					
A			B		С	<b>↓</b> • ×
Details of "Edge Sizing" - S	Sizing		Details of "Edge Sizir	a 2° - Sizina	 Details of "Eace Merbi	no" - Manned Face Mathing
Score	- T	1	F Scope		Scone	ng nappeorocemening T
Coope	Connector Extension		Scoping Method	Geometry Selection	 Consist Mathead	Computer Selection
Scoping Method	Geometry Selection		Geometry	3 Edges	 Committee	Ceolifety Section
Geometry	2 tages		- Definition		 Definition	1 Pace
Connected	114		Suppressed	No	 Communit	No
Suppressed	No.		Type	Flement Size	 Suppresseu	No
type	Number of Divisions		Flement Size	0.4 mm	 Mapped Mesh	15 Austriature
Number of Divisions	30		Advanced	v <sub>2</sub> .4 mm	 Method	Quadrilaterais
Advanced	las a		Pehavior	Hard	 Constrain Boundary	NO
Behavior	Hard		Cantura Cumptura	Ne	 - Advanced	
Capture Curvature	No		Capture Curvature	No	 Specified Sides	No Selection
Capture Proximity	No		Capture Proximity	No Disc	 Specified Corners	No Selection
Bias Type		4	was type	10.00	 Specified Ends	No selection
Bias Option	Blas Factor	G				
Bias Factor	30,	5				
Reverse Bias	1 Edge	l lei				

Rysunek 5: Ustawienia siatki.

• Ostatecznie siatka elementów skończonych wygląda następująco:





- 2. Warunki brzegowe Rysunek 7.
  - A: Displacement na osi symetrii odebranie możliwości ruchu na kierunku X, składowa Y = Free.
  - B: *Displacement* w punkcie podpory przesuwnej na prawej krawędzi odebranie możliwości ruchu na kierunku *Y*, składowa *X* =*Free*.
  - C: *Pressure* na górnej krawędzi. Ze względu na modelowanie procesu obciążania i następnie odciążania wartości ciśnienia podajemy przy pomocy tabeli, do której wpisujemy odpowiednie wartości składowych.



Rysunek 7: Warunki brzegowe.

## 2.4 Ustawienia analizy i prezentacja wyników

- 1. Ustawienia analizy nieliniowej w dwóch krokach. Pomiędzy krokami "czasowymi" przełączamy się zmieniając *Current Step Number* Rysunek 8.
  - 1: ustawienia obciążania.
  - 2: ustawienia odciążania.

D	etails of "Analysis Setti	ngs"	4	4	Ш	Details of "Analysis Setti	ngs"		
F	Step Controls			^	IF	<ul> <li>Step Controls</li> </ul>			^
L	Number Of Steps	2,			ш	Number Of Steps	2,		
L	Current Step Number	1,			ш	Current Step Number	2,		
L	Step End Time	1, 5			Ш	Step End Time	2, s		
L	Auto Time Stepping	On			ш	Auto Time Stepping	Program Controlled	×	
L	Define By	Substeps			ll	<ul> <li>Solver Controls</li> </ul>			
L	Initial Substeps	100,			ш	Solver Type	Program Controlled		
L	Minimum Substeps	100,			Ш	Weak Springs	011		
L	Maximum Substeps	200,			ш	Solver Pivot Checking	Program Controlled		
ŀ	Solver Controls				Ш	Large Deflection	On		
L	Solver Type	Program Controlled			Ш	Inertia Relief	011		
L	Weak Springs	Off			IP	Rotordynamics Control	ols		
L	Solver Pivot Checking	Program Controlled			1	Restart Controls			
1	Large Deflection	On		•	ł	Nonlinear Controls			
L	Inertia Relief	Off			Ŀ	Output Controls			
Œ	Rotordynamics Contro	ols		~	Ŀ	E Analysis Data Manage	ement		v

Rysunek 8: Ustawienia analizy nieliniowej.

2. Przygotowanie ścieżki na osi symetrii - Rysunek 9

Outline				7	
Filter: Name	-				Path
🗟 🖉 🐎 🗉	🗟 🖉 t>> 🖽 😽 😫				
Project					Path
- 🗑 Model (A	4)				
🗄 – 🖓 Geon	netry				
🖃 – 🔎 Cons	truction Geom	netry			
	Path				
😟 🔏 Mate	rials				
🕀 🧹 🔆 Coor	dinate System	15			
🖃 – 🖓 Mesh	1. J.				
- <sup>1</sup>	Edge Sizing				
- A.	Edge Sizing 2				
	Hace Meshing	1(45)			
	Analysis Sett	in (AS)			
1	Dirolacement	ingo i			
	Displacement				
	Pressure	-			
B	Solution (A	6)			
- /	<li>Solution</li>	n Information			
	. —				
Details of "Path"				4	
Definition					
Path Type	Edge				2
Suppressed	No				
- scope					
Scoping Method	Geometry S	election			
Geometry	1 Edge				

Rysunek 9: Przygotowanie ścieżki.

- 3. Prezentowanie wyników z różnych kroków czasowych Rysunek 10
  - 1: Konkretny krok czasowy można ustawić w opcjach wyniku.
  - 2: Alternatywnie kroki czasowe można wybierać z wykresu Retrieve This Result.



Rysunek 10: Metody prezentowania wyników.

- 4. Wyniki analizy:
  - Naprężenia normalne na kierunku X  $\sigma_X$  dla maksymalnego obciążenia wraz z wykresem.



Rysunek 11: Naprężenia normalne  $\sigma_X(t=1)$ .

• Naprężenia normalne na kierunku <br/> X  $\sigma_X$  po odciążeniu wraz z wykresem.



Rysunek 12: Naprężenia normalne  $\sigma_X(t=2)$ .

• Strefy plastyczne według naprężeń zredukowanych <br/>- $\sigma_{SEQV}>249$ MPa





# 3 Walcowanie miedzianego pręta

### 3.1 Właściwości materiałowe

- Dodanie modelu materiałowego miedzi Rysunek 14.
  - 1: Do nowego materiału dodajemy właściwości izotropowe.
  - 2: Oraz właściwości plastyczności.



Rysunek 14: Właściwości materiałowe miedzi.

## 3.2 Geometria

• Szkic pręta.





- Szkic górnej rolki Rysunek 16.
  - 1: Środek zewnętrznego okręgu,  $R=17~{\rm mm}.$
  - 2: Szkic wewnętrznego okręgu,  $R=14~{\rm mm}.$



Rysunek 16: Geometria górnej rolki.

• Usunięcie nadmiarowej geometrii.



Rysunek 17: Usunięcie geometrii.

- Wyciągnięcie szkicu pręta Rysunek 18.
  - 1: Wybranie funkcji *Pull*.
  - 2: Zaznaczenie symetrycznego wyciągnięcia.
  - 3: Wyciągnięcie o 20 mm.



Rysunek 18: Wyciągnięcie szkicu.

- Wyciągnięcie szkicu rolki Rysunek 19.
  - 1: Powótrzenie operacji z poprzedniego punktu, Uwaga: wciąż używamy symetrycznego wyciągnięcia.
  - 2: Wyciągnięcie rolki o 40 mm.



Rysunek 19: Powtórzenie wyciągnięcia.

- Lustrzane odbicie geometrii Rysunek 20.
  - 1: Pozostała część geometrii zostanie wygenerowana przy pomocji lustrzanego odbicia *Mirror*.
  - 2: Jako płaszczyznę odbicia zaznaczamy dolną powierzchnię pręta.
  - 3: Wybieramy odbicie geometrii.
  - 4: Zaznaczamy pręt.
  - 5: Operację powtarzamy dla rolki.



Rysunek 20: Lustrzane odbicie geometrii.

• Gotowa geometria.



Rysunek 21: Gotowa geometria.

### 3.3 Ustawienia modelu MES

- 1. Nadanie właściwości materiałowych Rysunek 22.
  - 1: Materiał rolek.
  - 2: Materiał pręta.



Rysunek 22: Przypisanie materiałów.

- 2. Nadanie kontaktu Rysunek 23 oraz 24.
  - Kontakt między górną rolką a prętem UWAGA: wybieramy 5 powierzchni: front, dwie boczne i dwie górne.



Rysunek 23: Kontakt między górną rolką a prętem.

• Kontakt między dolną rolką a prętem - UWAGA: wybieramy 5 powierzchni: front, dwie boczne i dwie dolne.



Rysunek 24: Kontakt między dolną rolką a prętem.

3. Dodanie w module kontaktu połączeń typu Joint.



Rysunek 25: Połączenia Joint.

- 4. Dodanie połączenia obrotowego do górnej rolki: *Revolute* Rysunek 26.
  - 1: Zaznaczenie powierzchni obrotu.
  - 2: Uwaga: w tym typie połączenia niezwykle istotne jest ułożenie lokalnego układu współrzędnych związanego z połączeniem. Jeżeli jest on ułożony niepoprawnie, można go obrócić odpowiednio klikając na osie.



Rysunek 26: Dodanie połączenia obrotowego do górnej rolki.

5. Dodanie połączenia obrotowego do dolnej rolki: *Revolute*.



Rysunek 27: Dodanie połączenia obrotowego do górnej rolki.

6. Dodanie połączenia przesuwnego do tylnej powierzchni pręta.

	B : Static Structural - Mechanical [ANSYS Mechanical Enterprise]	1	- o ×
Descriptions         Charles windows         Charles windo	File Edit View Units Tools Help 🛛 🖸 🕶 🔰 🖇	lve + 🔤 New Analysis + 2/ Show Errors 🏥 📓 🖄 🛆 🕥 + 🕼 Worksheet  🗽 🗞 🕴 😤 🖅 🧏 💱 👘 🛅 🛅 🐻 📓 🖗 🖗 + 😂 💠	0् ⊕   @ @ Q Q ╦ /? 🗑 🙍 हे   □ -
	F Show Vertices A Close Vertices 0,12 (Auto Scale)	🗸 🥵 Wireframe   📲 Show Mesh 🔺 📕 Random 🔗 Preferences   🚑 📜 🚑 😓 🚑 🖕 🕌 🕼 🕌 🛛 🕹 🛛 🖬 Convert 💌 🗘 Miscellaneous 🕶 🐼 1	Tolerances Clipboard • [Empty]
		ssembly Center 🔹 📗 Edge Coloring 🔹 🍂 - 🍂 - 🍂 - 🌾 🖈 🚺 🔚 Thicken	
	Connections 🍘 Connection Group 👔 Contact 👻 🕷 Spot We	ald 🍜 End Release 🛤 Body Interaction   🛸 Body-Ground 💌 🛸 Body-Body 🔻 🎆 Body Views 🔒 Sync Views 📗	
Control       Image: Contr	Joint Configure 👔 Configure 🎀 Assemble 🛛 🌢 = 0	診 Set LA Revert	
	Outline 4		Reference Body View 🕴 🗴
	Filter: Name 💌	Translational - Ground To SYS-1\Solid	
	🖸 🖉 🐎 🗉 🛜 😫		
Image:	Project		
Image income        Image income			
Image: Normality of the second is type: 1 and 1 a	→		
Image Voce	v 🗑 SYS-1(Sold		
	🕀 🏑 🎯 Materials		
Image Vises     Image Vises <td>H- AN Connections</td> <td></td> <td></td>	H- AN Connections		
Brief Body   Brief Body <td>B Contacts</td> <td></td> <td></td>	B Contacts		
Bit Sector   Bit Sector <td>⊕</td> <td></td> <td></td>	⊕		
Image West     Image West <td>Revolute - Ground To SYS-1\Solid</td> <td></td> <td></td>	Revolute - Ground To SYS-1\Solid		
Balance APD: Notestand     Indexed APD: Notestand <td>⊕      ↓     ⊕ Translational - Ground To SYS-1\Solid     ⊕</td> <td></td> <td></td>	⊕      ↓     ⊕ Translational - Ground To SYS-1\Solid     ⊕		
Lanks of Translational - Ground Is 297-15/slift   Concretion hig: Roly Ground   par   Concretion hig: Roly Ground   par   Concretion hig: Roly Ground   Concretion hig: Role Role Roly Ground   Concretion hig: Role Role Role Role Role Role Role Role	H - F Static Structural (85)		
Statistical - Ground 15 375-11568***********************************			
Center of Mandale       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for found         Concerted in the flow for found       Concerted in the flow for flow for flow for flow for the flow fo			
Image Verse       0         Manage Verse       0 <td>Details of "Translational - Ground To SYS-1\Solid" 4</td> <td></td> <td></td>	Details of "Translational - Ground To SYS-1\Solid" 4		
Ipper Manufalinani     Departing discontentioned     Departin	Connection Type Body-Ground		
Inspect AP, Human AP, Hum	Type Translational		Mahila Radu View
Linder All Name   Linder All Name   Constraint	Suppressed No		mone doby new + x
Concentrate System       Interest Constants System         Goods       Concentrate System         Concentrate System       Concentrate System         Concentrate System </td <td>Element APDL Name</td> <td>Y</td> <td></td>	Element APDL Name	Y	
Looke       Coopen lefting	Coordinate System Reference Coordinate System		
Logong Marting General y Handling General y Logong Genera	B Mobile		
Stepper     1 free       Sody     1 free       Sody     1 free       Sody     Softward       Includ Pollon     Undamped       Softward     Softward       Type     Veloce       Softward     Nee       Undamped     Softward       Softward     Softward <t< td=""><td>Applied By Remote Attachment</td><td>Zantax</td><td></td></t<>	Applied By Remote Attachment	Zantax	
Independent of the related     Independent of the related     Independent of the related     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation     Independent of the relation       Independent of the relation     Independent of the rel	Scope 1 Face		
Index yourse     Index yourse	Body SYS-1\Solid		
Indext Regin     All     Indext Regin     Indext Reg	Initial Position Unchanged	Geometry ( Reist Densing ) Report Regime (	
in Steps     Capital Animologie Note     Unit Location X     Location Y     Location X       Message Vens     0     Vens     0     Vens     Vens       Section Plane     0     Vens     0     Vens       Section Plane     0     Vens     0       Message Xens     0     Vens     0       Section Plane     0     Vens     0       Message Xens     0     Vens     0	Pinball Region All	Constant And Andreas	
Manage Views I I I I X as at at I Sector Films I I I X As at I Messagin, Graphic Associations Messagin, Graphic Associations	E Stops	Type Value Note Unit Location X Location Z Association	
Manage Views			
ManageVens 0 x Left → ∞ An dit → ∞ Sector Planes 0 x [2] → x → off af Messagia, Graphics Annotations Messagia, Graphics Annotations			
Manage Versit and All regions			
If all Y and your and the set of all the set of a	Manage Views # ×		
Accounting the second s	in card too and a site card and tank		
Message Graphics Annotations	The Part X And X		Zandax
Messages uraphics Annotations	jun UIA 역 비 회		
		Messages, Graphics Annotations	

Rysunek 28: Dodanie połączenia przesuwnego.

- 7. Siatka elementów skończonych Rysunek 29.
  - 1: Globalne ustawienia.
  - 2: Podział na 25 elementów nałożony na wszystkie okręgi.
  - 3: Wielkość elementów nałożona na pręt.



Rysunek 29: Nadanie parametrów siatki.

• Wygląd siatki.



Rysunek 30: Gotowa siatka.

- 8. Warunki brzegowe Rysunek 31.
  - A: Obrót o  $-90^{\circ}$  górnej rolki.
  - **B**: Obrót o 90° dolnej rolki.
  - C: Przemieszczenie o $-35~\mathrm{mm}$ tylnej powierzchni pręta.

B : Static Structural - Mechanical [ANSYS Mechanical Enterprise]			
File Edit View Units Tools Help 🛛 🖸 💀 📑 🕏 Solve 🝷 🔤 New Analys	is <b>~ ?</b> ,	Show Errors 🏥 😥 🔯 🗃 🖝 🕼 Worksheet 🦕 🇞 🛛 🛱 🎋 💱 🖕 🕅 🕅 🕅	) 🕅 🕅 🕷 🚱 - 🕃 🔄 Q 🕀 🔍 🔍 Q Q 🔍 💥 🕫 🗐 💆 🖶 🗔 -
🔎 Show Vertices 🛒 Close Vertices 0,12 (Auto Scale) -	Show	esh 🎄 📕 Random 🖉 Preferences   🛴 🛴 🛴 🛴 🛴 🍰   ↔ Size ▼ 👰 Location ▼ 🏢	Convert • OMiscellaneous • OTolerances Clipboard • [Empty]
Assembly Center	-    m	lae Coloring V AV AV AV AV AV A H H Thicken	
Outline	а		
	- T	B: Static Structural	
Fifter: Name		Joint - Displacement	
2		Time: 1, s	
B - Jege Contacts     B - Jege Contact	~	<ul> <li>Joirt - Betation -98.*</li> <li>Joirt - Diplacement - 35, mm</li> </ul>	× ×
⊞—	~		
Details of "Multiple Selection"	4		
Scope			
Joint			
Definition			
Type			
Magnitude			
Lock at Load Step Never	_		
Suppressed No			
Α		В	C
Details of "Joint - Rotation"	ą	Details of "Joint - Rotation"	Details of "Joint - Displacement"     #
Scope		E Scope	E Scope
Definition		Joint Revolute - Ground To SYS-1/Solid	Joint   Iranslational - Ground To SYS-1\Solid
DOF Botation 7		DOF Polation 7	DOE Y Dirplacement
Type Rotation		Type Rotation	Type Displacement
Magnitude -90.* (ramped)		Magnitude 90 * (ramped)	Magnitude 35 mm (ramped)
Lock at Load Step Never		Lock at Load Step Never	Lock at Load Step Never
Suppressed No		Suppressed No	Suppressed No

Rysunek 31: Warunki brzegowe zadania.

## 3.4 Ustawienia analizy i wyniki.

1. Ustawienia analizy numerycznej.

D	etails of "Analysis Settir	ngs"	<b>џ</b>			
	Step Controls	1				
	Number Of Steps	1,				
	Current Step Number	1,				
	Step End Time	1, s				
	Auto Time Stepping	On				
	Define By	Substeps				
	Initial Substeps	20,				
	Minimum Substeps	5,				
	Maximum Substeps	100,				
	Solver Controls					
	Solver Type	Program Controlled				
	Weak Springs	Off				
	Solver Pivot Checking	Program Controlled				
	Large Deflection	On				
	Inertia Relief	Off				
+	Rotordynamics Contro	ls				

Rysunek 32: Ustawienia analizy.

2. Całkowita deformacja całego modelu.







Rysunek 33: Całkowita deformacja.

3. Deformacja na kierunku Z pręta.



× ×

Rysunek 34: Deformacja pręta.