Aplicația AEF-A.A.10

CUVINTE CHEIE

Analiza statică liniară, Optimizare constructivă, Material liniar, Model geometric 2D, Element finit 2D, Element finit liniar, Parametrii de proiectare, Parametrii de stare, Funcție obiectiv,

CUPRINS

- A. DESCRIEREA PROBLEMEI
- B. MODELUL DE AEF
- C. PREPROCESAREA MODELULUI DE AEF
- D. REZOLVAREA MODELULUI DE AEF
- E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR AEF
- F. PREPROCESAREA MODELULUI DE OPTIMIZARE
- G. REZOLVAREA MODELULUI DE OPTIMIZARE
- H. PREPROCESAREA REZULTATELOR
- I. ANALIZA REZULTATELOR
- G. CONCLUZII

A. DESCRIEREA PROBLEMEI

A.1. Introducere În general AEF determină valori ale parametrilor de ieșire (deformații, deplasări, tensiuni) în funcție de parametrii modelului predefiniți preliminar. Unele pachete de AEF au module distincte de optimizare care pentru o structură analizată preliminar permit determinarea unor parametri independenți, consecință a rezolvării unui model de optimizare care presupune minimizarea/maximizarea unor funcții scop în timp ce sunt impuse restricții ale altor parametrii dependenți. A.2. Descrierea aplicației Pentru întocmirea modelului de optimizare constructivă a barei încastrată și L încărcată cu forța F din fig. a se consideră: parametrii predefiniți: L, a, G; parametrii de proiectare (de intrare): D,H; F parametrul de stare (de ieșire): σ_{ech} (tensiunea echivalentă vonMises). Modelul de optimizare Restrictii: $D_{min} < D < D_{min};$ $H_{min} < H < H_{min};$ Grosimea. G а $\sigma_{ech} < \sigma_a$ (tensiunea admisibilă impusă). Funcția obiectiv, a. Masa \rightarrow min. A.3. Scopul aplicației

În această aplicație se prezintă, folosind analiza cu elemente finite, algoritmul de rezolvare a problemei de optimizare constructivă dimensională a structurii din fig. a de mai sus. Pentru AEF preliminară se consideră: L = 50 mm, H = 40 mm, G = 10 mm, a = 20 mm. Valorile parametrilor modelului de optimizare sunt: D_{min} = 14 mm, D_{max} = 18 mm, H_{min} = 35 mm, H_{min} = 44 mm, σ_a = 140 MPa

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI DE AEF

B.1. Definirea modelului

Pentru analiza și optimizarea cu EF se adoptă următoarele ipoteze simplificatoare:

- comportare liniară a materialului,
- adoptarea constrângerilor asociate proprietăților de simetrie,
- încărcare exterioară prin forță distribuită pe suprafață,
- problema propusă se rezolvă în două etape: analiza structurală și optimizare.

B.2. Descrierea modelului						
În figura a se prezintă modelul de AEF și de	rosimea, 10					
optimizare asociat <u>modelului geometric plan</u>						
considerat în planul XY. Axa X este axa de simetrie	T					
a acestui model. În plus, se evidențiază pentru						
optimizare și parametrii de proiectare:	¹⁶ /(P1) E 1000					
diametrul găurii (P1) și lățimea (P2).	7)					
بر 🖍 🔪						
20	(P2)					
	*					
	50					
B.3. Caracteristicile materialului si mediulu	i					
Caracteristicile de rezistență ale materialului E335, pentru analiza cu elemente	e finite, sunt:					
• modulul de elasticitate longitudinală. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$:						
• coeficientul contractiei transversale (Poisson). $v = 0.3$.						
Temperatura medie de lucru a subansamblului, $T_0 = 20^0 C$.						
C. PREPROCESAREA MODELULUI	DE AEF					
C.1 Activarea și salvarea proiectului						
Activarea proiectului						
Toolbox : I Analysis Systems : I W Static Structural (apare automat fereastra s	ubprojectului[se_poate_schimba					
denumirea Static Structural în AEF-A.1.101.						
Setarea tipului problemei (3D)						
A. 1 Geometry Properties Schematic A3: Geometry Advance	ed Geometry Options					
$[se selecteaza din lista cu \rightarrow], \rightarrow [se inchide tereastra, \rightarrow].$						
<u>Salvarea proiectului</u>						
$\downarrow \boxtimes$ Save As $\rightarrow \bigwedge$ Save As, File name: [se introduce denumirea, AEF-A.1.10], $\rightarrow \downarrow$						
C.2 Modelarea caracteristicilor materialului și m	ediului					
\bigwedge , Project Schematic: \Box \checkmark Engineering Data \checkmark \checkmark \rightarrow \Box \checkmark \Box	Λ , Project Schematic: \Box Solutions of Schematic A2: Engineering Data \checkmark \downarrow \rightarrow \downarrow Solutions of Schematic A2: Engineering Data					
🚽 🗞 Structural Steel Properties of Outline Row 3: Structural Steel 😑 📔 Isotropic Elasticity 🛶 Young's Modulus . [se selectează						
în lista din coloana C (Unit) cu , MPa]. [se introduce în caseta din coloana B (Unit) valoarea. 210000]						
\rightarrow \downarrow Update Project \rightarrow \downarrow Return to Project (ceilalti parametri rămân impliciti)						
C.3 Modelarea geometrică						
C.3.1 Încărcarea modului DesignModeler	(DM)					
Geometry ?	er d OK					
C.3.2 Generarea schitei						
Vizualizare plan implicit (XY)						
Tree Outline : I Sketching - 🧟 (Look at face/Plane/Schetch) [se va vizualiza automat planul implicit						
XY]:						
Generare linie dreptunghiulară						
\Box Rectangle \rightarrow [se generează linia drentunghiulară în cadranele I și II marcând cu \Box coltul de						
pe axa Y (apare simbolul de coincidentă C) și eliberarea \perp în coltul opus în celălalt cadran fig al						
Generare linie circulară						
\downarrow S Circle \rightarrow [se generează o linie circulară marcând cu \downarrow centrul pe axa X (apare simbolul de coincidentă						
C) și eliberarea ↓ pe contur, fig. a].						
<u>Constrângere de tip simetrie</u>						





D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE



E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR



F. PREPROCESAREA MODELULUI DE OPTIMIZARE

F.1 Setarea parametrilor de intrare (pre	roiectare) și de ieșire (de stare)				
	▼ A				
Setarea parametrilor de intrare (proiectare)	1 🐷 Static Structural				
$\mathfrak{W}_{:} \to \mathfrak{Details View}_{:} \square \mathfrak{Dimensions: 4}_{:}$ [se	2 🥏 Engineering Data 🗸 🖌				
activează cu 🚽 butonul asociat cotei diametrului	3 🕅 Geometry 🗸 🖌				
cercului, $\Box^{D D1} \rightarrow A$: Static Structural - DesignModeler,	4 🍘 Model 🗸 🗸				
Parameter Name:, [se introduce denumirea, Diametrul],	5 🏙 Setup				
, ^{OK} ; [se activează cu , butonul asociat cotei lățimii	6 Solution				
dreptunghiului, $D^{[2]} \rightarrow$	7 😭 Results 🧹				
A: Static Structural - DesignModeler, Parameter Name:, [se	→ 8 D Parameters				
introduce denumirea, Lățimea], \downarrow^{OK} (\downarrow^{\frown} \rightarrow	Shakia Shavehural				
Project Schematic : (apare automat bucla de setare a	Static Structural				
parametrilor de intrare, fig. a).					
	▼ A				
Setarea parametrilor de ieșire (de stare)	1 🐷 Static Structural				
$\bigcup_{i=1}^{n} (\text{Outline}) \rightarrow \exists \forall \forall \text{Geometry} \rightarrow \exists \text{Details of "Geometry"},$	2 🦪 Engineering Data 🗸 🖌				
Properties, [se activează cu ↓ butonul asociat masei,					
D Marco Sciution (A6)	3 随 Geometry 🗸 🖌				
$\begin{array}{c} \square \text{ Mass} \\ \square \end{array}; \square \\ \hline & & \\ \hline \\ \hline$	3 000 Geometry ✓ ▲ 4 66 Model ✓ ▲				
■ Mass]; $\square \bigcirc \bigcirc$ Solution (A6) $\rightarrow \square \bigcirc \bigcirc \bigcirc$ Equivalent Stress \rightarrow Details of "Equivalent Stress", \square Results, [se activează cu	3 00 Geometry ✓ 4 60 Model ✓ 5 60 Setup ✓				
P Mass]; \Box Solution (A6) \rightarrow \Box Equivalent Stress \rightarrow Details of "Equivalent Stress", \Box Results, [se activează cu \Box butonul asociat maximului tensiunii echivalente,	3 Image: Geometry ✓ ▲ 4 Image: Model ✓ ▲ 5 Image: Geometry ✓ ▲ 6 Image: Geometry ✓ ▲				
P Mass]; J Solution (A6) → J Equivalent Stress → Details of "Equivalent Stress", E Results, [se activează cu J butonul asociat maximului tensiunii echivalente, P Maximum], J OK (J A → Project Schematic: (apare automat huele de setare e marametrilar de issiste fie h)	3 Image: Geometry ✓ ▲ 4 Image: Model ✓ ▲ 5 Image: Geometry ✓ ▲ 6 Image: Geometry ✓ ▲ 7 Image: Geometry ✓ ▲				
P Mass]; J Solution (A6) → J Results, [se activează cu → Details of "Equivalent Stress", □ Results, [se activează cu J butonul asociat maximului tensiunii echivalente, P Maximum], J OK (J A Project Schematic: (apare automat bucla de setare a parametrilor de ieșire, fig. b).	3 Image: Geometry ✓ ▲ 4 Image: Model ✓ ▲ 5 Image: Setup ✓ ▲ 6 Image: Solution ✓ ▲ 7 Image: Results ✓ ▲ 8 Image: Results ✓ ▲				
P Mass]; J Solution (A6) → J Equivalent Stress → Details of "Equivalent Stress", □ Results, [se activează cu ↓ butonul asociat maximului tensiunii echivalente, P Maximum], J OK (J A Project Schematic: (apare automat bucla de setare a parametrilor de ieșire, fig. b).	3 Image: Geometry ✓ 4 Image: Model ✓ 5 Image: Geometry ✓ 6 Image: Geometry ✓ 6 Image: Geometry ✓ 7 Image: Geometry ✓ 8 Image: Geometry ✓				
P Mass]; J Solution (A6) → J Equivalent Stress → Details of "Equivalent Stress", E Results, [se activează cu J butonul asociat maximului tensiunii echivalente, P Maximum], J OK (J → Project Schematic: (apare automat bucla de setare a parametrilor de ieșire, fig. b).	3 Image: Geometry ✓ ▲ 4 Image: Model ✓ ▲ 5 Image: Setup ✓ ▲ 6 Image: Solution ✓ ▲ 7 Image: Results ✓ ▲ 8 Image: Parameters ■ ■ Static Structural Image: Static Structural ■				

b.



G. REZOLVAREA MODELULUI DE OPTIMIZARE

$\downarrow \Lambda \rightarrow B: \downarrow \Theta$ Optimization $2 4 \rightarrow$ Table of Schematic B4: Optimization , = Optimization Objectives								
Objective, [se selectează în coloana D din listă ↓ , ↓ Minimize], [se selectează în coloana E din listă ↓ ,								
_J Values <= Target]; Target Value, [se introduce în coloana D valoarea limită, 140]. Properties of Outline A2: Optimization,								
□ Optimization Pethod, [se selectează din listă , NLPQL].								
Outline of Schematic B4: Optimization 🕂 🚽 🗧 🍞 Optimization 🚬 🖉 Update (apare automat în fereastra								
Table of Schematic B4: Optimization liniile din fig. a).								
	11 E Candidate Points							
	12	Candidate A	17.6	26	0,1222	68,565		
	13	Verification A	17,6	30	0,1222	68,589		
<i>a</i> .								

Obs. Metoda NLPQL (Nonlinear Programming by Quadratic Lagrangean) are la bază algoritmul gradientului pentru modele cu o singură funcție obiectiv și multiple restricții.

H. POSTPROCESAREA REZULTATELOR

H.1 Actualizarea modelului inițial cu valorile de proiectare optime								
Introducerea valorilor parametrilor de proiectare optimi								
٨ لے	\rightarrow \downarrow \downarrow	🙀 Paramete	er Set \rightarrow Table of	Design Points	Current, [se intr	oduce în coloana	B valoarea c	ptimă, 17,6 (v.
tab.	de mai	sus)], [se	introduce îr	n coloana B	valoarea optim	ă, 36 (v. tab. de	mai sus)].	,」 <mark>≯</mark> Update (se
comp	letează	automat c	asetele din co	oloanele D și	E).			
Table of Design Points								
		A	В	С	D	E	F	G
	1	Name 💌	P1 - Diametrul	P2 - Latimea 💌	P3 - Geometry Mass	P4 - Equivalent Stress Maximum	Exported	Note 💌
	2	Units			kg	MPa		
	3	Current	17,6	36	0,1222	68,589		
					<i>a</i> .			
<u>Verif</u>	icarea v	<u>valorilor p</u>	arametrilor a	<u>le proiectare</u>	<u>optimi</u>			
۸ ل	— ج	Geometry	≤ → ح 🎽	ketching (se c	bservă valorile p	arametriilor D1 (l	Diametrul) ş	i L2 (Lațimea)
actua	lizate c	u valorile	optime, 17,6	și respectiv 3	36).	× ×	, ,	· · · ·
Upgr	adare p	proiect						
_ ≯ Update Project								
H.2. Vizualizarea câmpului de deplasări și de tensiuni echivalente postoptimizate								
\mathbf{M} , Outline: \mathbf{M} Solution (A6) \mathbf{M} Total Deformation (fig. a); \mathbf{M} $\mathbf{V} = \mathbf{M}$ Show Undeformed WireFrame								
(fig. a): , 🖓 Equivalent Stress (fig. b) Graph. , Animation 🕨 📕 (vizualizarea animatiei)								
$(\operatorname{ing. u}), \leftrightarrow \bullet$ $(\operatorname{ing. b}) \longrightarrow (\operatorname{ing. b})$								
- 0.020152 Max								
	0,0	16794			57,21	13		
0,013435								
0,010076								
	0,0	067174			23,08	34		
0,0033587								
🔜 0 Min 🛛 🔤 🖉 🖉 💭 💭 0,33216 Min 🔤 🔤 🖉								
	<i>a. b.</i>							

I. ANALIZA REZULTATELOR

I.1 Interpretarea rezultatelor

În urma analizei rezultatelor obținute, ca urmare, a modelării și postprocesării rezultatelor (subcap. E și H) se evidențiază următoarele:

- În urma procesului de deformare a elementului neoptimizat (D=16 mm, H=40 mm) ca urmare a acțiunii forței F (subcap. A.2, fig. a) se observă deplasarea maximă 0,0144468 mm (subcap. E.2, fig. a) în zona acțiunii forței; tensiunea echivalentă maximă are valoarea 56,614 MPa (subcap. E.2, fig. b) în zona de încastrare; masa elementului este 141,22 g (subcap. F.3, Table of Schematic B2;).
- În urma procesului de deformare a elementului optimizat (D=17,6 mm, H=36 mm) ca urmare a acțiunii forței F (subcap. A.2, fig. a) se observă deplasarea maximă 0,020152 mm (subcap. H.2, fig. a) în zona acțiunii forței; tensiunea echivalentă maximă are valoarea 68,589 MPa (subcap. H.2, fig. b) în zona de încastrare; masa elementului este 122,2 g (subcap. H.3, fig. a).

I.2 Studii pentru proiectare

Din analiza rezultatelor de mai sus se evidențiază scăderea masei elementului în urma rezolvării cu elemente finite a modelului de optimizare; totodată se observă creșterea deplasării maxime (rigidității).

În vederea optimizării legat de alte restricții de proiectare se impune modificarea modelului de analiză, readoptarea parametrilor de proiectare și de stare și a funcției obiectiv. Astfel, se impune, după modificările modelului de analiză și/sau de optimizare, rerezolvarea acestuia prin activarea comenzilor $\downarrow \textcircled{2}$ Refresh Geometry; $\downarrow \cancel{3}$ Solve. După ce se rezolvă modelul se reanalizează și se reinterpretează rezultatele.

J. CONCLUZII

Modelarea și analiza cu elemente finite din această lucrare s-au realizat și *cu scop didactic* urmărind *inițierea utilizatorului* cu etapele principale de dezvoltare a unei aplicații de optimizare cu elemente finite în ANSYS Workbench, în care se insistă, cu precădere, pe modelarea și analiza unui element deformabil care apoi este optimizat dimensional.

Modelul de optimizare considerat adoptat implică considerarea a doi parametrii geometrici ca variabile de proiectare, un parametru de stare (tensiunea echivalentă) limitat sub valoarea admisibilă și funcția obiectiv ce presupune minimizarea masei elementului.

Ca urmare a rezolvării modelului cu elemente finite de optimizare, adoptând metoda NLPQL (Nonlinear Programming by Quadratic Lagrangean) care are la bază algoritmul gradientului pentru modele cu o singură funcție obiectiv și multiple restricții, s-au obținut reducerea masei elementului în condițiile creșterii tensiunii echivalente maxime (dar nedepășind valoarea admisibilă) și creșterii rigidității elementului.