Aplicația AEF-A.1.12

CUVINTE CHEIE

Analiza dinamică, Analiză modală, Analiză armonică, Analiză tranzitorie, Material liniar, Model geometric 3D, Element finit 3D, Frecvențe proprii, Moduri proprii, Element de mașină

CUPRINS

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

A. DESCRIEREA PROBLEMEI

A.1 Introducere

În multe situații de instruire în vederea rezolvării de probleme de AEF, mai ales, ca *începător sau la inițierea în vederea folosirii unei noi platforme* de AEF, se recomandă rezolvarea *unor probleme simple care se reduc la modele clasice* cu soluții analitice cunoscute dar și prin evidențierea *situațiilor de funcționare* cât mai apropiat de realitate (de ex. comportarea dinamică) în aplicațiile practice curente.

Obiectivul principal al acestei aplicații presupune dezvoltarea unei probleme de AEF în care pornind de la analiza statică, pentru același model pentru analiză se dezvoltă analizele modală, armonică și tranzitorie, pentru o structură de tip bară plană încastrată.

A.2 Descrierea aplicației

În vederea dezvoltării analizelor statică și dinamice (modală, armonică și tranzitorie) se consideră o bară încastrată (fig. a) încărcată succesiv cu sarcină statică (fig. b), periodică (fig. c) și tranzitorie (fig. d).



A.3. Scopul aplicației

În cazul acestei aplicații se impune determinarea comportarea modală și a răspunsurilor la aplicarea încărcării static, armonic și tranzitoriu cu sarcina $P_0 = 120$ N și, respectiv pentru încărcarea tranzitorie, timpii, $t_1 = 0,05$ s, $t_1 = 0,5$ s, $t_1 = 5,05$ s. Bara executată din material plastic de tip policarbonat are lungimea L = 150 mm, și secțiune cornier cu aripi inegale: $l_1 = 40$ mm, $l_2 = 30$ mm, $g_1 = 2$ mm, $g_2 = 3$ mm, R = 3 mm.

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI PENTRU ANALIZĂ

B.1. Definirea modelului pentru analiză

Având în vedere că se impune analize cu luarea în considerare a masei se consideră pentru analiză model spațial (3D). Astfel, fără a se pierde mult din acuratețe, pentru problema de rezolvat se adoptă un model simplificat, ce presupune:

- forma geometrică simplă,
- adoptarea constrângerilor rezistenței materialelor (încastrare),

B.2. Descrierea modelului pentru analiză

Forma geometrică a modelului de analiză este structură spațială 3D. Pentru analiză structura este încastrată la un capăt și se încarcă cu sarcina P_0 la celălalt capăt, ținând cont de tipul analizei. Având în vedere că se urmărește rezolvarea unei probleme complexe, se pot parcurge următoarele succesiuni de analize: statică liniară și modală; modală (fără analiză statică preliminar); statică liniară și tranzitorie; statică liniară, modală și armonică.



B.3. Stabilirea caracteristicilor materialului

Pentru analiza cu elemente finite caracteristicile de rezistență ale materialului plastic de tip policarbonat, sunt:

- densitatea, $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$.
- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 2,2 \ 10^9 \ N/mm^2$;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), v = 0.37
- rezistența la rupere, $\sigma_r = 65$ MPa.

A. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ STATICĂ

C.1 Activarea și salvarea proiectului de analiză cu elemente finite

Toolbox : Analysis Systems : Analysis Systems : Toolbox : Analysis Systems : Toolbox :

[se selectează cu \dashv modulul, \dashv^{Modal}] \rightarrow [se menține această selecție și se deplasează (drag) peste etapele 2, 3, 4, 5 și 6 (se vor vizualiza în chenar roșu etapele ce se vor constitui legături de transfer, fig. a) ale proiectului A] \rightarrow [se eliberează \dashv] (apare automat tabelul subproiectului B (Modal) cu 4 legături de transfer între etape 2-2, 3-3, 4-4 și 6-5, fig. b);

[se selectează cu \downarrow modulul, $\downarrow^{\textcircled{}}$ Harmonic Response] \rightarrow [se menține această selecție și se deplasează (drag) peste etapele 2, 3, 4, (se vor vizualiza în chenar roșu etapele ce se vor constitui legături de transfer, fig. a) ale proiectului B] \rightarrow [se eliberează \downarrow] (apare automat tabelul subproiectului C (Harmonic Response) cu 3 legături de transfer între etape 2-2, 3-3 și 4-4, fig. b);

[se selectează cu \dashv modulul, \dashv Transient Structural] \rightarrow [se menține această selecție și se deplasează (drag) peste etapele 2, 3 și 4 (se vor vizualiza în chenar roșu etapele ce se vor constitui legături de transfer, fig. a) ale proiectului A] \rightarrow [se eliberează \dashv] (apare automat tabelul subproiectului D (Transient Structural) cu 3 legături de transfer între etape 2-2, 3-3 și 4-4, fig. b).

Obs. Legăturile de transfer dintre subproiecte sunt, cu precădere, la același nivel (2-2, 3-3 și 4-4) spre deosebire de legătura de transfer 6-5 dintre subproiectele Static Structural și Modal care implică transferul rezultatelor (Solution) din primul subproiect ca date de intrare (Setup) pentru al doilea.

Setarea sistemului de unități de măsură Λ , \cup Units \rightarrow \cup Metric (tonne,mm,s, °C,mA,N,mV).

<u>Salvarea proiectului</u> $\downarrow \mathbb{R}$ Save As... $\rightarrow \bigwedge$ Save As, File name: [se introduce denumirea, AEF-A.1.12] $\rightarrow \downarrow$ Save



C.2 Modelarea caracteristicilor materialului și mediului (subproiectul A)
\land , Project Schematic, A (\blacksquare Static Structural): $\Box \diamondsuit$ Engineering Data $\checkmark \checkmark \rightarrow \Box \And$ Edit \rightarrow
Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data : \Box Click here to add a new material, [se introduce titlul, Policatbonat] \rightarrow
Toolbox, , I Physical Properties, , , , Properties of Outline Row 4: Policarbonat, , , , , Properties of Outline Row 4: Policarbonat, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
coloana B valoarea, 1200] (în coloana C este setat, kgm^{-3}) \rightarrow Table of Properties Row 2: Density, Temperature (C)
\rightarrow [se selectează din listă cu $\downarrow \stackrel{>}{\leftarrow}$ C (grade Celsius) și se introduce valoarea, 22]; Toobox, $\downarrow \stackrel{\blacksquare}{\leftarrow}$ Linear Elastic,
المالي العامة العامة العامة المعالي العامة العامة المعامة م معامة المعامة محمامة محمامة المعام معامة المعامة معامة المعامة محمامة المعامة المعامة المعامة المعامة المعامة المعامة محمامة محمامة المعامة المعامة محم
valoarea, 2,2E-9] (în coloana C este setat, Pa); , Poisson's Ratio, , Young's Modulus, [se introduce în coloana B
valoarea, 0,37]; $\downarrow \blacksquare$ Strength, $\downarrow \downarrow \blacksquare$ Tensile Ultimate Strength, \rightarrow Properties of Outline Row 4: Policarbonat
📭 🔀 Tensile Ultimate Strength, [se introduce în coloana B valoarea, 65E-6] (în coloana C este setat, Pa).





şi sisien	nutut de unitaji de masura
Lansarea modulului de modelare cu elemente	<u>e finite</u>
$\Lambda \to \operatorname{Project Schematic} \to \sqcup \widehat{\otimes} \operatorname{Model} \to \lrcorner \widehat{\otimes}$	Edit \rightarrow [se lansează modulul <i>Mechanical [ANSYS</i>]

Multiphysics].



rezultatele conform subcap. E.2.1.			~			
Cazul II: fără încărcare, se va șterge legătura de transfer transfe	er	6 – 5,	Solut 🕼	tion_ 💓 S	etup (sub	cap. 2.1, fig.
b) dintre subproiectele A (Static Structural) și B (Modal)	: 🤇	\checkmark \rightarrow	Project Sc	hematic _	→ [se sel	ectează cu ↓
linia de legătură 6-5] \rightarrow [se apasă tasta Delete] \rightarrow \bigwedge ANSYS Wo	rkb	ench	<mark>∟^{ок} (d</mark> i	spare leg	ătura de	transfer și în
modulul 🙆 fereastra Outline în modulul ⁄ Modal anare 🥪	Ē	Pre-St	ress (None)· rezult:	, atele dur	a rezolvarea
modelului sunt conform subcap. E.2.2.				, 102uiu	atore dup	
C.4.4.3 Modelarea încărcării în ca	zul	subpi	roiectulı	ui C		
Încărcarea se va face cu fortă constantă egală cu amplitudi	ne	a sarc	inii per	iodice co	e este eg	ală cu forta
statică. Astfel, se va copia forța din subproiectul A cu succesiur	iea	ı:	1			, J 3
\bigcirc \rightarrow Outline : $\square \doteq ?$ Static Structural (A5), [se selectează d	cu	ol ل	piectul c	constrâng	gere 🖵 🔍	🔎 Force], se
mentine 🚽 apăsat și se deplasează (drag) până se suprapune 🔊 Harmonic Response (C5) (apare objectul						
Force in blocul					1	
C.4.4.4 Modelarea încărcării în caz	ul	subpr	oiectulu	i D		
Generarea încărcării cu fortă variabilă cu timpul						
$\textcircled{0} \rightarrow \texttt{Outline} \rightarrow \textcircled{0}$ Transient (D5) $\textcircled{0}$ Loads $\rightarrow \textcircled{0}$ Force $\rightarrow \texttt{Details of "Force"} \oplus \texttt{Scope}$ Geometry $\rightarrow \textcircled{0}$						
(se activează filtrul de selectie punct) \rightarrow [se selectează cu \downarrow vârful] \rightarrow [Apply]. \Box Definition. Define By [se						
selectează din listă J	npe	$\frac{1}{2}$ \rightarrow	[se selec	etează di	n listă 🌙	Tabular
\downarrow Science daza din insta \downarrow \downarrow , \downarrow repetition \downarrow , \downarrow						
Inertial Standard Earth Gravity Details of "Standard Earth Gravity" In Definition: Iso solootooză din listă						
, Direction] (as întroduce încărearea de tin groutete proprie)						
Grad						
oraph +		Steps	Time [s]			Z [N]
0	1	1	0,	= 0,	0,	= 0.
~, \	2	1	5,e-002	0,	-120,	0,
	3	1	0,5	= 0,	-120,	= 0,
-/5, - {	4	1	0,505	= 0,	0,	= 0,
-120,	5	1	1,	= 0,	= 0,	= 0,
1,	*			-		
C.4.5 Salvarea proiec	tu	uu				
$\Psi \rightarrow \downarrow$ File $\rightarrow \blacksquare$ save Project						

D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1. Selectarea rezultatelor și lansarea modulului de rezolvare (subproiectul A)				
<u>Selectare deplasăre totală</u>				
\mathbf{M} , Outline: \mathbf{L} \oplus Solution (A6) \rightarrow \mathbf{J} Insert \rightarrow \mathbf{J} Deformation \rightarrow \mathbf{J} \mathbf{M} Total.				
<u>Selectare tensiune echivalentă</u>				
$\Box = 0$ Solution (A6) $\rightarrow \Box$ Insert $\rightarrow \Box$ Stress $\rightarrow \Box $ Equivalent (von-Mises)				
Lansarea modulului de rezolvare				
\mathbf{M} , Outline: \mathbf{M} Solution (A6) \mathbf{M} \mathbf{M} Solve				
D.2 Setarea parametrilor analizei și lansarea modulului de rezolvare (subproiectul B)				
$\underbrace{Setarea \ parametrilor \ analizei}_{Modal (B5)} \rightarrow \operatorname{Legen}_{Analysis Settings} \rightarrow \operatorname{Details of "Analysis Settings"}, \operatorname{Legen}_{Details of "Analysis Settings"}$				
\downarrow Max Modes to Find \rightarrow [se va indexa numărul de moduri proprii de găsit cu \downarrow] (valoarea				
implicită, 6).				
Lansarea modulului de rezolvare				
\mathbf{M} , Outline: \mathbf{M} Solution (B6) \mathbf{M} \mathbf{M} Solve.				
D.3 Setarea parametrilor analizei, selectarea rezultatelor și lansarea modulului de rezolvare				
(subproiectul C)				
Setarea parametrilor analizei				



E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR





Outline: , **Solution (B6)** (apare automat graficul frecvențelor, fig. a și tabelul valorilor frecvențelor fundamentale, fig. b).



Tabular Data					
	Mode	Frequency [Hz]			
1	1,	156,73			
2	2,	224,66			
3	З,	476,91			
4	4,	538,14			
5	5,	884,86			
6	6,	908,42			
7	7,	999,97			
8	8,	1405,6			
<i>b</i> .					





F. ANALIZA REZULTATELOR

F.1 Interpretarea rezultatelor

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

- În urma procesului de deformare statică a modelului (subproblema A) se observă deplasări mărite (max. 7,5217 mm, subcap. E.1,a) în zona de acțiune a forței. Tensiunea echivalentă are valoarea maximă (30,979 MPa, subcap. E.1,b) în zona de racordare
- În urma analizei modale (subproiectul B) se evidențiază 8 frecvențe proprii (subcap. E.2, a,b)
- În subcap. E.3 se prezintă două seturi de răspunsuri (variația amplitudinii și defazajului cu frecvența), primul (fig. E.3, a, c) corespunzător deplasărilor și cel de-al doilea tensiunilor (fig. E.3, a, c).
- În subcap. E.4 se prezintă, de asemenea, două seturi de răspunsuri (grafic și tabelar), primul corespunzător deplasărilor (fig. E.4, a, b) și cel de-al doilea, tensiunilor din zona selectată.

F.2 Studii pentru proiectare

Din analiza rezultatelor de mai sus prin compararea rezultatelor obținute în urma analizei statice și celor dinamice se evidențiază efectul nesemnificativ al solicitărilor dinamice. Această comportare se datorează, cu precădere, densității reduse a materialului dar și configurației geometrice a structurii. Pentru evidențierea influențelor caracteristicilor de material dar și a parametrilor geometrici se pot face modificări ale modelului de analiză. Astfel, după modificarea modelului de analiză și rerezolvarea acestuia prin parcurgerea succesiunilor: \mathbf{W} , Tree Outline: ... modificări ... $\mathbf{P} \in \mathbf{W}$ Geometry $\mathbf{P} \in \mathbf{W}$ Geometry $\mathbf{W} = \mathbf{W}$, se reanalizează și se reinterpretează rezultatele.

G. 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 AEF de dinamică în ANSYS Workbench, în care se insistă, cu precădere, pe modelarea și analiza unui element deformabil și, în această aplicație, aspectelor privind analizele dinamice (modală, armonică și tranzitorie). Ca urmare, a rezolvării subproblemelor modelului cu elemente finite s-au obținut rezultate care evidențiază comportarea la oboseală a structurii.