

STUDIU PRIVIND AMPLASAREA OPTIMALĂ A UNOR CENTURI DE RIGIDIZARE PE O MANTA TRONCONICĂ CU PERETE SUBȚIRE

SĂNDULESCU Andrei-Tudor¹, SÎMBOTIN Ionelia²

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Adriana SANDU**, Prof. dr. ing. **Marin Sandu**

REZUMAT: Lucrarea constă în analiza comportării unei piese tronconice cu perete subțire. Aceasta are ca scop studiul influenței unor centuri de rigidizare, amplasate la capete și pe mantaua conică, asupra sarcinii capabile a piesei. S-a studiat comportamentul structurii, atât la solicitare statică cât și la flambaj, în urma aplicării unei sarcini în partea superioară a acesteia, sub forma unei presiuni uniform distribuite. Au fost realizate modele cu elemente finite de placă curbă groasă, cu și fără inel de rigidizare intermediar, pentru a evidenția influența poziției și dimensiunilor acestuia asupra rezistenței și stabilității structurii.

1 INTRODUCERE

S-a început cu un calcul preliminar la o manta tronconică fără inele de rigidizare, folosind materialul *Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures*. Calculul a avut ca scop determinarea numerică a zonelor critice și coeficienții de siguranță la flambaj în zonele respective.

Au fost fixate valorile parametrilor h, r_1, r_2, t, β , indicați în Fig.1

Calculul simplificat propus în *Eurocode 3* se bazează pe noțiunea de cilindru echivalent cu raza r_e și lungimea l_e :

$$r_e = r / \cos(\beta);]$$

$$l_e = h / \cos(\beta).$$

Au rezultat valorile $r'_e = 577.37\text{mm}$; $r''_e = 977.3\text{mm}$ și $l_e = 692.84\text{mm}$.

Se constată că zonele critice pentru flambaj sunt capetele (bazele) trunchiului de con.

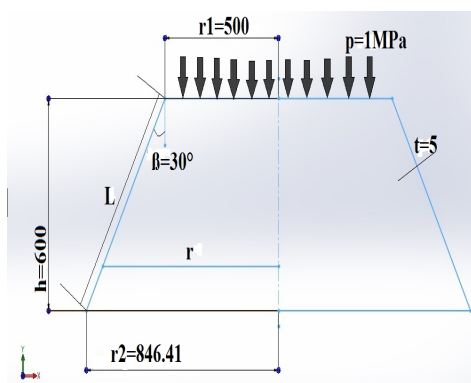


Fig.1 – Manta Tronconică simplă

Pentru sarcină

$$p_{z1} = \frac{F_z}{2\pi r_1} = 100\text{N/mm}, \text{ distribuită uniform pe}$$

marginea superioară, s-a determinat tensiunea axială de referință:

$$\sigma_{x,max} = \frac{F_z}{2\pi r_1 t \cos(\beta)} = 23\text{MPa}.$$

Pentru a calcula tensiunea meridiană de flambaj pentru cilindrii echivalenți asociați cu razele bazelor, s-au determinat coeficienții de lungime:

$$\omega_1 = \frac{l_e}{\sqrt{r'_e \cdot t}}; \omega_2 = \frac{l_e}{\sqrt{r''_e \cdot t}}.$$

A rezultat $\omega_1 = 12,9$ și $\omega_2 = 9,91$.

Deoarece $1,7 \leq \omega_1 \leq \frac{r'_e}{2t}$; $1,7 \leq \omega_2 \leq \frac{r''_e}{2t}$ cilindrii

echivalenți sunt de lungime medie, și se consideră coeficientul $c_x = 1$.

Tensiunile meridiane critice, cât și coeficienții de siguranță la flambaj sunt date de relația:

$$\sigma_{x,R_{cr}} = 0,605E \cdot c_x \cdot \frac{t}{r}, \text{ unde } E \text{ este modulul de elasticitate al materialului (} E=210000 \text{ MPa).}$$

Rezultă:

$$\sigma'_{x,R_{cr}} = 1048 \text{ MPa}; \sigma''_{x,R_{cr}} = 619 \text{ MPa}.$$

Coeficienții de siguranță sunt:

$$c'_f = \frac{\sigma'_{x,R_{cr}}}{\sigma_{x,max}} = 45,5; \quad c''_f = \frac{\sigma''_{x,R_{cr}}}{\sigma_{x,max}} = 26,9.$$

Putem constata că, în urma calculului efectuat conform normei Eurocode 3, s-a obținut un coeficient de siguranță acceptabil.

¹ – anul II, Design Industrial, F.I.M.M.;

² – anul II, Design Industrial, F.I.M.M.; e-mail: andrei.tudor26@gmail.com

STUDIUL PRIVIND AMPLASAREA OPTIMALĂ A UNOR CENTURI DE RIGIDIZARE PE O MANTA TRONCONICĂ CU PERETE SUBȚIRE

2. ANALIZĂ NUMERICĂ

Modelarea numerică a structurii tronconice cu inele de rigidizare s-a efectuat cu programul SolidWorks/COSMOSM.

Noua structură (Fig.2) constă din mantaua tronconică inițială, la care s-au adăugat flanșele de capăt și inelul intermediar, doar în unele cazuri.

Modelarea cu elemente finite s-a bazat pe valorile din tabelul 1 iar modelul de calcul numeric este dat în figura 3.

Se consideră drept variabile grosimile flanșelor, Fls (flanșa superioară) și Fli (flanșa inferioară) și poziția inelului de rigidizare X .

Descrierea cazurilor studiate

Se consideră următoarele cazuri pentru structura tronconică:

Conic 1: $Fls=20\text{mm}$; $Fli=10\text{mm}$;

Fără inel de rigidizare;

Conic 2: $Fls=Fli=20\text{mm}$;

Fără inel de rigidizare;

Cu inel de rigidizare la: 300, 350, 400, 500 și 540mm;

Conic 3: $Fls=Fli=15\text{mm}$;

Fără inel de rigidizare;

Cu inel de rigidizare la: 300,350,400,500 și 540mm;

Conic 4: $Fls=20\text{mm}$; $Fli=15\text{mm}$;

Fără inel de rigidizare.

Prin studierea acestor cazuri s-a dorit analiza comportării structurii la solicitare statică, cât și la flambaj și compararea rezultatelor obținute pentru a identifica soluția cea mai convenabilă.

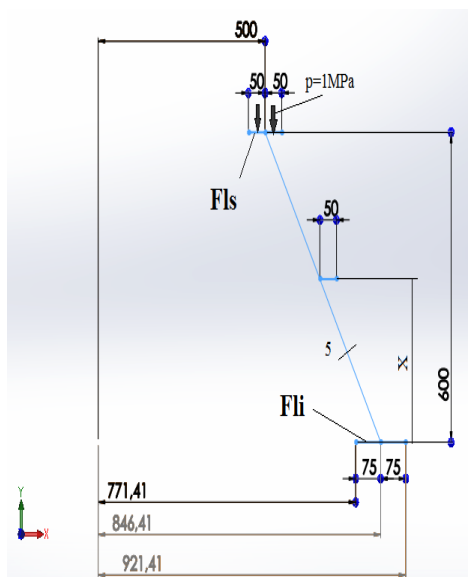


Fig.2 – Structură tronconică cu flanșe

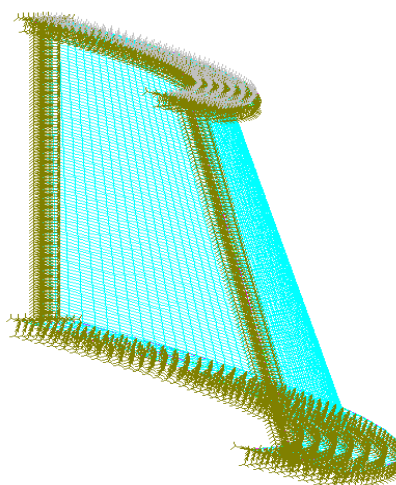


Fig.3 Structura studiată

Tabelul 1

	Valoare
Coefficientul lui Poisson ν	0,3
Modulul de elasticitate E	210000MPa
Tensiunea la curgere σ_c	250MPa
Greutatea specifică γ	78,5 N/dm ³
Înălțimea piesei h	600mm
Grosimea mantalei	5mm
Unghiul dintre generatoare și axa conului	30°
Tipul de material	OL37

3. Analiza cazurilor

Cazul Conic 1: $Fls=20\text{mm}$, $Fli=10\text{mm}$.

În acest caz s-a constatat o distribuție neconvenabilă a tensiunilor modelului deoarece solicitarea maximă a modelului apare în interiorul flanșei inferioare (Fig.4).

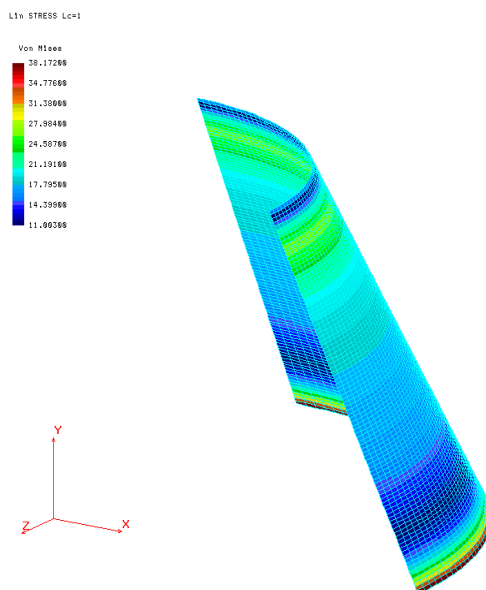


Fig.4 – Reprezentarea tensiunilor Conic 1

Pentru a rezolva această problemă, s-a mărit grosimea flanșei inferioare cu 10mm, rezultând cazul 2: **Conic 2**: $F_{ls}=F_{li}=20\text{mm}$.

Acest lucru a dus la apariția tensiunii maxime doar pe manta, flanșele fiind ușor solícitate (Fig.5). Se constată că solícitarea maximă apare la înălțimea de 540mm, pe manta, și, totodată, apariția unei solícitări mai mici în apropierea flanșei inferioare.

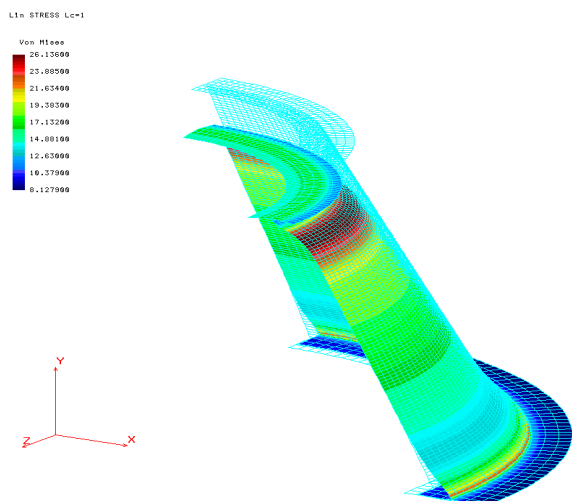


Fig.5 – Reprezentarea tensiunilor pentru Conic 2

S-au efectuat diferite încercări pe structură având ca variabilă înălțimea la care este poziționat inelul de rigidizare (300, 350, 400, 500 respectiv 540mm), și s-a constatat, în urma rezultatelor, că poziția optimă pentru centura de rigidizare este la 540mm, rezultând pentru acest caz $\sigma_{ech,max}=24,08\text{MPa}$, iar coeficientul de siguranță la flambaj, $cf=48,58$.

Luând în calcul problema economisirii volumului de material, s-a verificat stabilitatea structurii în cazul **Conic 3**: $F_{li}=F_{ls}=15\text{mm}$. De această dată, în urma evaluării rezultatelor, s-a constatat apariția tensiunii maxime atât pe manta, la înălțimea de 540mm, cât și pe flanșa superioară.

Am constatat în urma încercărilor anterioare că inelul de rigidizare nu influențează foarte mult structura tronconică, comportamentul structurii variind în mică măsură.

Astfel am considerat optim **cazul Conic 4**, fără inel, la care flanșa superioară este de 20mm, iar flanșa inferioară de 10mm (Fig.6). Locul în care apar tensiunile extreme rămâne aproape neschimbat, la fel ca și valoarea acestora.

În figurile 7 și 8 se prezintă rezultatele obținute pentru primul mod de pierdere a stabilității în cazurile Conic 2, cu inelul de rigidizare la diferite înălțimi.

Rezultatele obținute pentru toate cazurile studiate sunt prezentate în tabelul 2.

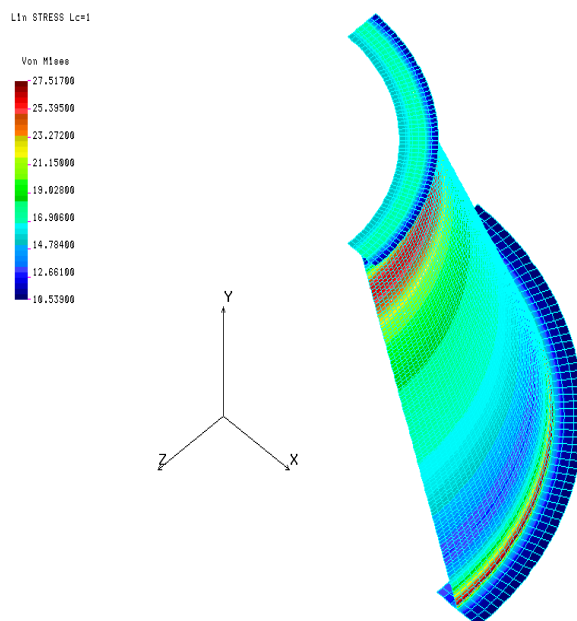


Fig.6 – Reprezentarea tensiunilor Conic 4 (Model Optim)

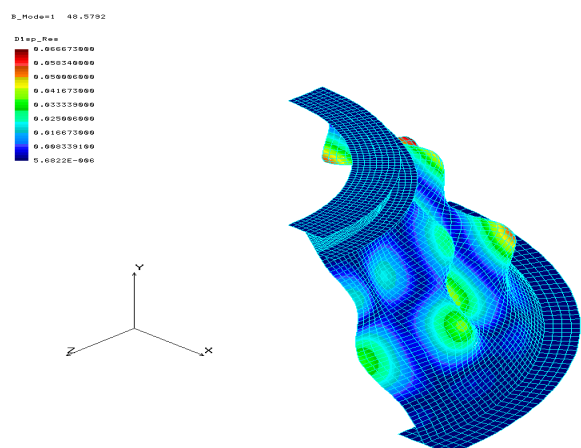


Fig.7 -Flambaj Conic 2 cu inel de rigidizare la înălțimea de 540mm

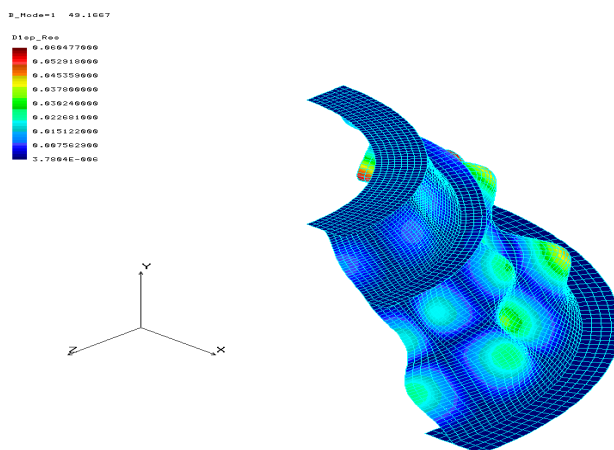


Fig.8 – Flambaj Conic 2 cu inel de rigidizare la înălțimea de 400mm

STUDIU PRIVIND AMPLASAREA OPTIMALĂ A UNOR CENTURI DE RIGIDIZARE PE O MANTA TRONCONICĂ CU PERETE SUBȚIRE

Nr. Crt.	Fls (mm)	Fli (mm)	X (mm)	σ_{ech} (MPa)	cf	Vm (m ³)
Conic 1	20	10		38,17	48,13	0,0281
Conic 2	20			26,13	48,22	0,0359
			300,00	26,03	50,42	0,0382
			350,00	26,08	49,77	0,0381
			400,00	26,28	49,16	0,0380
			500,00	26,50	48,52	0,0378
			540,00	24,08	48,58	0,0377
Conic 3	15			27,51	48,25	0,0303
			300,00	28,43	50,29	0,0326
			350,00	28,43	50,29	0,0325
			400,00	28,43	49,07	0,0324
			500,00	28,30	48,38	0,0322
			540,00	28,26	48,48	0,0321
Conic 4	20	15		27,51	48,27	0,0320

În figurile 9 și 10 sunt date rezultatele obținute pentru cazurile Conic 2 și Conic3.

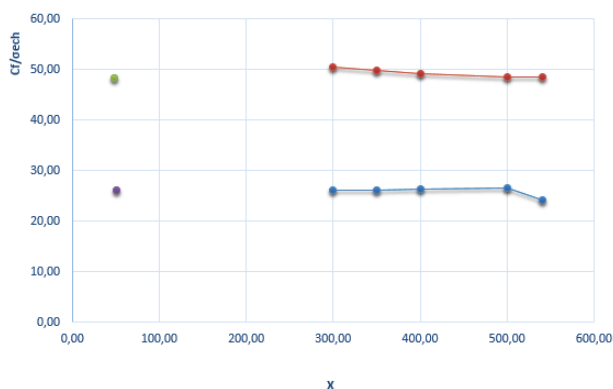


Fig.9 – Reprezentarea grafică a valorilor obținute pentru Conic 2

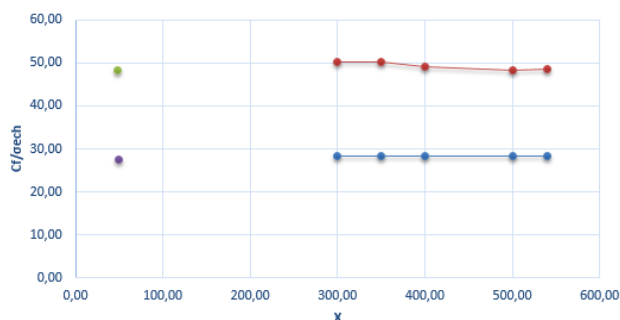


Fig. 10 – Reprezentarea grafică a rezultatelor obținute pentru Conic 3

4. CONCLUZII

Inelul de rigidizare nu influențează sensibil starea de tensiuni din structură, dar poate schimba coeficientul și modul de flambaj, în funcție de înălțimea la care este poziționat. Am constatat că este valabil principiul lui Saint-Venant.

În cazul în care se dorește utilizarea unei centuri de rigidizare intermediare, se recomandă poziționarea acestuia la două treimi de bază pentru economie de material și pentru creșterea coeficientului de siguranță la flambaj.

Pentru flanșe se consideră convenabile următoarele grosimi: Fli=15mm și Fls=20mm.

Comparând cazurile Conic 1 și Conic 4 (fără inel de rigidizare), se constată faptul că pentru o creștere de volum de material de 14% se obține o creștere a rezistenței la solicitare de 28%.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1]. Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures, February 2007
- [2]. Herbert Schmidt, “Stability of steel shell structures General Report”, Journal of Constructional Steel Research 55, 2000
- [3]. T. Weller, J. Singer, “Experimental Studies on Buckling of Ring-Stiffened Conical Shells under Axial Compression”, November 1970;