

STUDIUL FLAMBAJ CILINDRU HIDRAULIC

HYDRAULIC ACTUATOR ROD BUCKLING STUDY

Ștefan MOCANU

Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania
mocanustef@gmail.com

Rezumat

Articolul de față se dorește a fi un studiu comparat privind diverse metode de estimare a sarcinii critice de flambaj, studiu datorat unui caz de cedare catastrofică survenit în cazul unui echipament de lucru cu brațe articulate și acționare hidraulică.

Cuvinte cheie: flambaj, domeniu elastic, motor hidraulic, tijă, metodă de calcul, element finit.

Abstract

The present paper is focused on different computational methods concerning structural compression buckling behavior, a case study caused by severe structural collapse for a specific hydraulic actuated articulated - arm building equipment.

Keywords: buckling, elastic, hydraulic, rod, computational method, finite element analysis.

1. DATELE INIȚIALE ALE STUDIULUI

Scopul studiului constă în estimarea valorii sarcinii critice de flambaj a **tijeii motorului hidraulic** demontat de pe o platformă mobilă tip Genie Z135, în urma evenimentului produs prin deformarea plastică severă a tijeii, deformare ce a avut drept urmare colapsul general al structurii (fig.1)



fig.1

În urma datelor obținute prin relevu direct in situ, precum și a informațiilor oferite de buletinul de analiză metalografică întocmit după evaluarea amănunțită a motorului hidraulic propriu-zis, au fost stabilite ca date de intrare de calcul:

- dimensiunea secțiunii transversale a tijei motorului hidraulic (pentru zona expusă – fig.2);

$$D = 94,5\text{mm}; d = 70\text{mm},$$

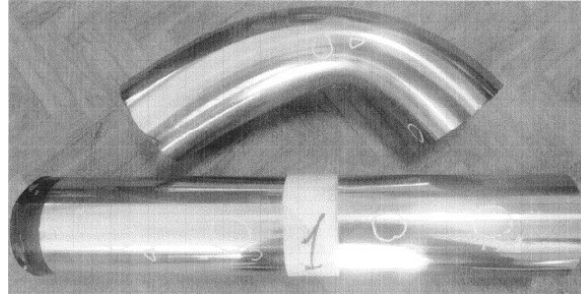


fig.2

- lungimea expusă a tijei actuatorului, pentru poziția la care a survenit evenimentul (fig.3);

$$l = 1525\text{mm},$$

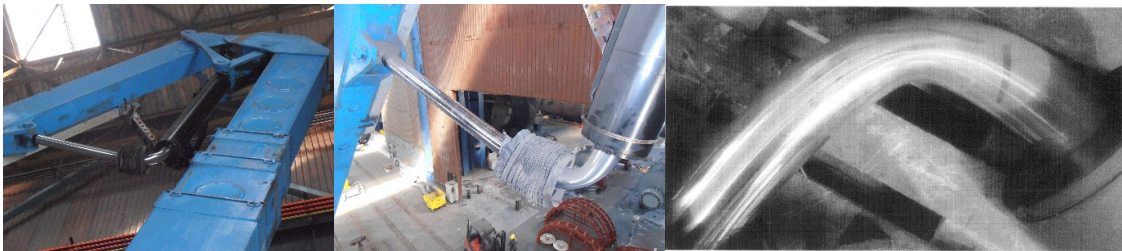


fig.3

- caracteristicile mecanice ale materialului din care a fost confecționată tija motorului hidraulic, în conformitate cu rezultatele buletinului de analiză metalografică – rezultatele încercării la tracțiune a unei epruvete prelevată din zona nedeformată a tijei pistonului (poziția 1, fig.2), precum și informațiile obținute cu privire la compoziția chimică a materialului, conform analizei spectrale de emisie optică efectuate (fig.4);

Nr. epruveta	Diametru (mm)	Sectiune (mm ²)	F _c (N)	R _c (N/mm ²)	F _m (N)	R _m (N/mm ²)	A (%)	Z (%)
615.02.01	Ø10	78,5	35 200	448,4	44 300	564,3	20	24

Nr. Crt	Marcaj/ Specimen	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %	Ni %	Cr %	Mo %	V %	Al %
1	Tijă cilindru hidraulic	0.23	0.20	0.82	0.018	0.006	0.01	0.01	0.02	0.003	0.001	0.025

fig.4

2. CALCUL ANALITIC

Cu datele inițiale de mai sus, se determină coeficientul de sveltețe pentru tronsonul de tijă expus, lungimea acestuia fiind dictată de poziția sistemului de bare la momentul producerii evenimentului (fig.5), astfel:

Studiu flambaj cilindru hidraulic

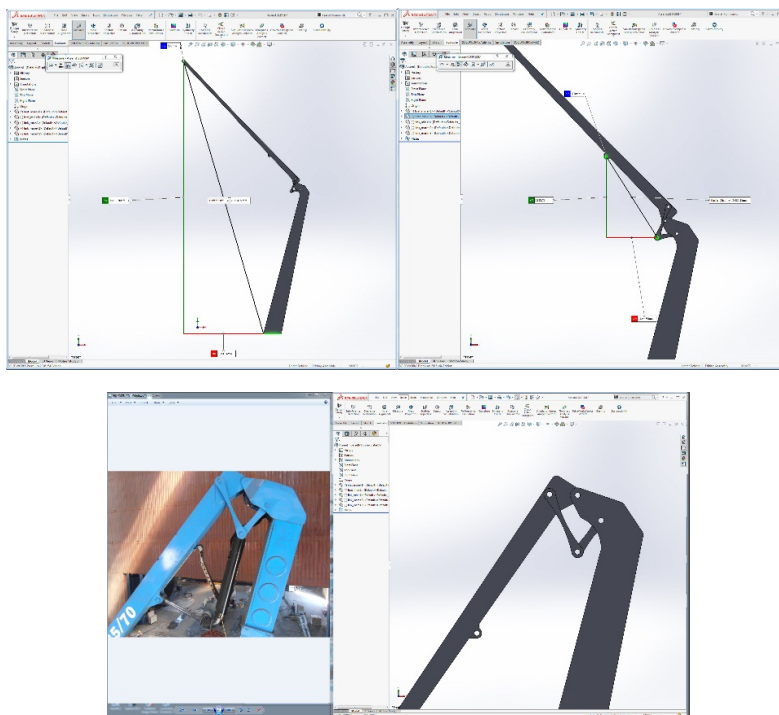


fig.5

$$\left. \begin{aligned} A_{ef} &= \frac{\pi}{4}(94,5^2 - 70^2); A_{ef} = 3165 \text{ mm}^2, \\ I_{ax} &= \frac{\pi}{64}(94,5^4 - 70^4); I_{ax} = 2,736 \cdot 10^6 \text{ mm}^4, \\ i_{ef} &= \sqrt{\frac{2,736 \cdot 10^6}{3165}}; i_{ef} = 29,4 \text{ mm}, \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{l_f=21}{29,4}; \lambda = 103,7, \quad (1)$$

fiind utilizate relațiile elementare din Rezistența Materialelor [1, 2, 3, 4].

În consecință, se poate exprima o primă valoare a sarcinii critice de flambaj utilizându-se relația Euler $\left(P_{cr.} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{l_f^2} \right)$, valoarea mare a coeficientului de sveltețe indicând, pentru un oțel de tipul celui analizat, domeniul elastic (uzual) de flambaj, astfel [1, 2, 3, 4]:

$$P_{cr.}^{Euler} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,736 \cdot 10^6}{(2 \cdot 1525)^2}; P_{cr.}^{Euler} = 609,6 \text{ kN}. \quad (2)$$

O a doua valoare privind estimarea sarcinii critice de flambaj se poate obține plecându-se de la relația Johnson (parabola Johnson – fig.6), algoritm de abordare ce prezintă cel puțin două avantaje majore, primul cu referire la caracterul general de valabilitate al schematizării (fie pentru zona de flambaj elastic, fie post-elastic), respectiv evitarea abordărilor cvasi-empirice de tip Tetmajer-Iasinski, de exemplu, metodă ce ar implica existența a trei domenii de flambaj (rezolvare greoaie și nesigură, coeficienți caracteristici funcție de material - greu de ales, etc.); astfel:

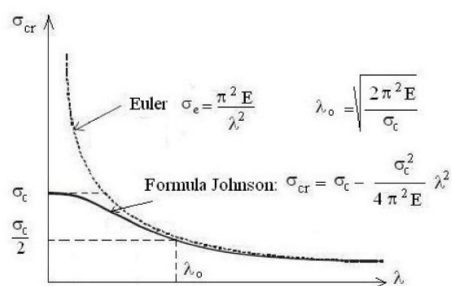


fig.6

$$\sigma_{cr.}^{Johnson} = 448,4 - \frac{448,4^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \cdot 103,7^2; \quad \sigma_{cr.}^{Johnson} = 187,6 \text{ N / mm}^2, \quad (3)$$

$$P_{cr.}^{Johnson} = 187,6 \cdot 3165; \quad P_{cr.}^{Johnson} = 593,8 \text{ kN}.$$

3. CALCUL PRIN METODA ELEMENTULUI FINIT

Pentru validarea rezultatelor obținute prin metodele analitice clasice, se impune modelarea comportamentului structurii studiate prin metoda elementului finit; ca primă etapă s-a ales studiul comportării tijei motorului hidraulic (fig.7), analiza fiind parcursă în două etape, astfel, un studiu în domeniul elastic de flambaj (Euler buckling), pentru verificarea corectitudinii schemei de rezemare (fig.8, 9) – **de care depinde lungimea de flambaj considerată** – urmată de o analiză neliniară (nonlinear analysis)[5, 6, 7], în vederea stabilirii valorii probabile a sarcinii critice de flambaj (fig.10).

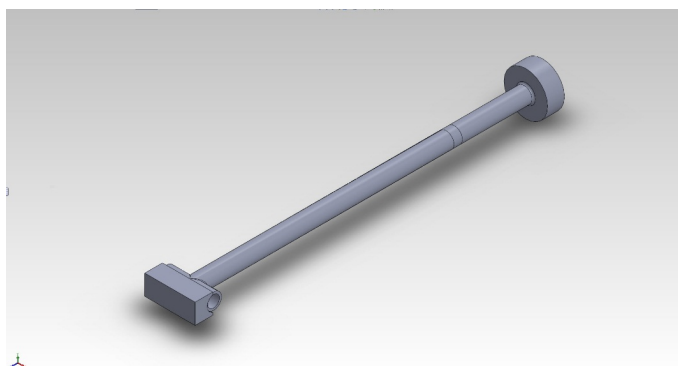


fig.7

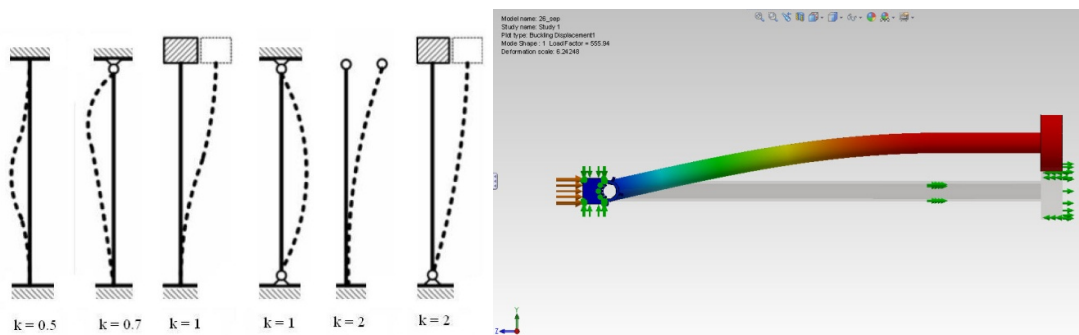


fig.8

Studiu flambaj cilindru hidraulic

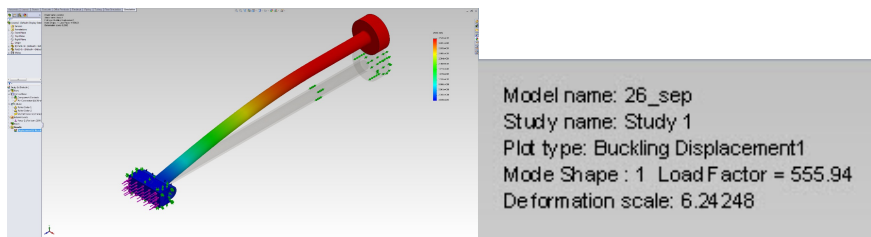


fig.9

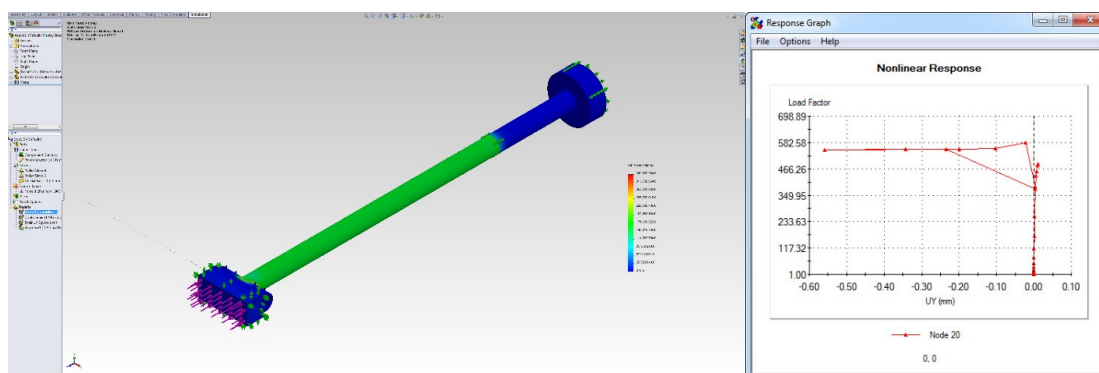


fig.10

În cea de-a doua instanță de modelare prin metoda elementului finit, se parcurg etapele precedente **pentru întreg ansamblul tijă-piston-cilindru** în discuție (fig.11), studiul de flambaj în domeniul Euler validând schema de rezemare utilizată (actuador articulată la ambele capete), în mod indirect fiind confirmată și ipoteza de rezemare pentru piesa tip tijă-piston – articulație și încastrare cu posibilitate de translație (fig.12, 13).

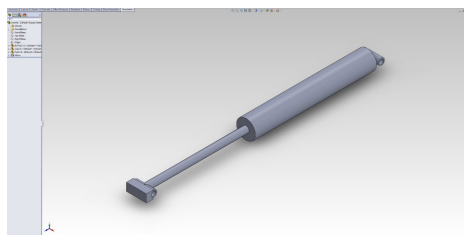


fig.11

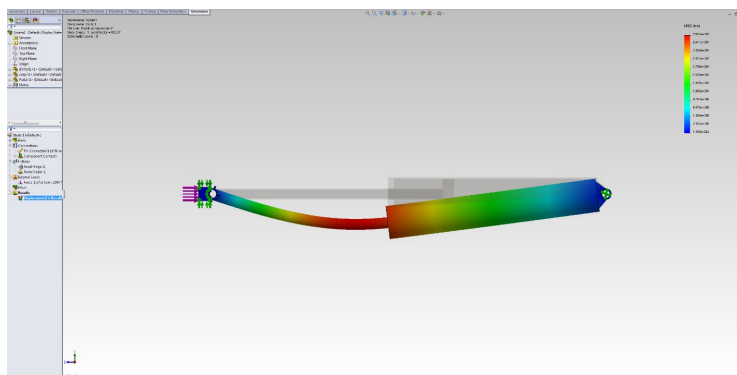


fig.12

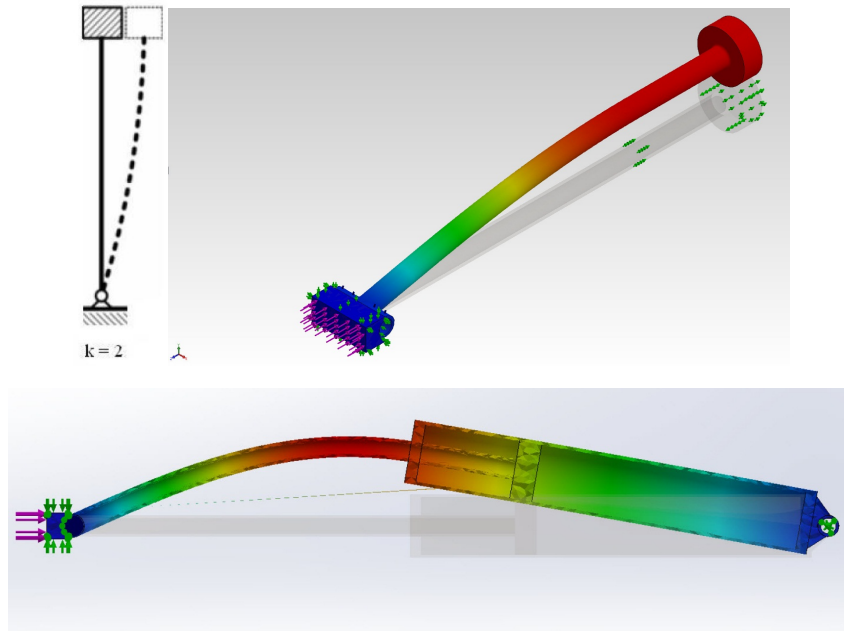


fig.13

Rezultatele analizei neliniare pentru ansamblul piston cilindru sunt cele din figura 14:

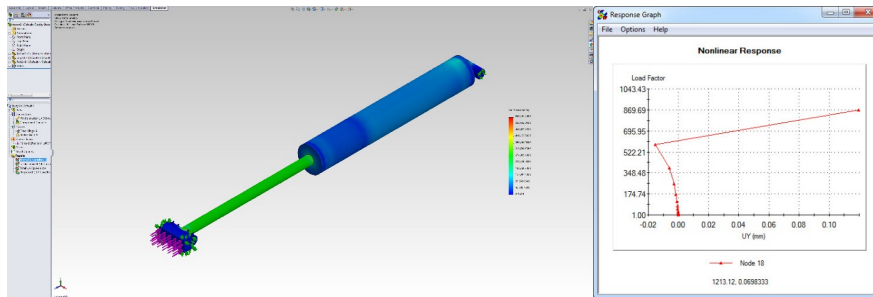


fig.14

4. CONCLUZII – REZULTATE FINALE

În tabelul de mai jos sunt reprezentate valorile comparative ale rezultatelor studiului, astfel:

Tabelul 1

Metoda utilizată	Sarcina critică de flambaj [kN]	Presiunea fluidului hidrolic in camera cilindrului [bar]
Euler	609,6	114,5
Johnson	593,8	111,51
Modelare neliniară M.E.F. – tijă-piston	555,94	104,4
Modelare neliniară M.E.F. – tijă-piston-cilindru (ansamblu)	586,99	110,24

Convergența soluției obținute este confirmată de către setul de mărimi de ieșire din

tabelul 1, fiind astfel validate metodele de calcul studiate.

Este de remarcat caracterul redus de împrăștiere al valorilor estimate pentru sarcina critică de flambaj, fapt ce confirmă valabilitatea parametrului obținut; se poate sublinia, încă o dată, importanța modelării schemei de rezemare pentru diversele cazuri considerate, cu implicații directe asupra preciziei marimilor de ieșire ale studiului.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Deutsch I.** , „*Rezistența materialelor*”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [2] **Ungureanu I., Ispas B., Constantinescu E.** , „*Rezistența materialelor*”, vol.II, Institutul de Construcții București, 1981.
- [3] **Popov E.P.** , „*Mechanics of Materials*”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1976.
- [4] **Andreescu I., Mocanu Șt.** , „*Compendiu de Rezistența Materialelor*”, Matrix Rom, București, 2005.
- [5] *** **COSMOS/M** – *Finite Element System, User Guide*, 1995.
- [6] **Mocanu Șt.**, „*Studiu privind influența sensului de aplicare a sarcinii utile asupra factorului de siguranță la flambajul elastic al unei piese de formă complexă*” **Articol**, Sinteze de mecanică teoretică și aplicată – vol.1(2010), Ed.MatrixRom. București, ISSN 2068 – 6331, pag.85-92, București, 2010.
- [7] **Mocanu Șt.**, „*Chestiuni privind utilizarea metodelor numerice la modelarea comportamentului structurilor dublu articulate solicitate la flambaj*”, **Comunicare**, Al XIV-lea Simpozion Național de Utilaje pentru Construcții – SINUC 2013, ISSN 2285 - 9209, ISSN-L 2285 - 9209 București, 12-13 decembrie 2013.