

STUDIUL STRUCTURILOR DE REZISTENȚĂ

BĂIAȘU Mihai-Liviu¹, GRIGORE Andrei-Mădălin², MANEA Marilena³ și SANDU Diana-Ionela⁴

¹Facultatea: Ingineria Aerospațială, Specializarea:-, Anul de studii: al II-lea, e-mail: mihai_baiasu98@yahoo.ro

^{2,3,4}Facultatea: Ingineria Aerospațială, Specializarea:-, Anul de studii: al II-lea

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristian PETRE**, Conf.dr.ing. **Florin BACIU**

REZUMAT: Lucrarea este concentrată pe studiul structurilor de rezistență prin folosirea unui model de pod construit din paste, material fragil cu deformație plastică redusă. În urma rezultatelor obținute, ca urmare a experimentului, se poate face analogia cu un pod de dimensiuni mult mai mari realizat din materiale cu un comportament structural superior și îmbinări realizate conform industriei actuale.

CUVINTE CHEIE: Structură, pod, paste, studiu.

1. Introducere

Structurile de tip pod, la începuturi, au fost realizate din materiale precum lemnul și piatra, având lungimi reduse, iar în urma evoluției mijloacelor și capacității umane, s-au putut construi adevărate monumente de artă, impunătoare prin lungimea de ordinul zecilor (vezi figura 1) sau chiar sutelor de km, ancorate cu stâlpi și cabluri din oțel.



Fig. 1 Podul Qingdao Haiwan - China – 42,5 km

Scopul lucrării noastre este de a evidenția dezvoltarea structurilor de tip poduri. În acest caz, am ales drept material de construcție, paste fâinoase. Acestea au un raport greutate/rezistență impresionant. În încercarea de a obține performanțe structurale, am proiectat cu ajutorul unui material simplu o structură solidă care va fi supusă unei încercări în vederea determinării capacității portante.

2. Stadiul actual

Proiectul nostru constă în dezvoltarea unei structuri din paste fâinoase (macaroane, deoarece au secțiunea de tip inelar). Această structură, ulterior, va fi supusă unei solicitări cu scopul de a-i descoperi rezistența portantă.

Partea inferioara a podului a fost realizată prin lipirea pastelor în secțiune longitudinală. Ca adeziv, s-a folosit "hot glue gun" (pistol cu lipici fierbinte). Adezivul a fost aplicat prin punctare din centimetru in centimetru, nefiind întins pe toata suprafața de îmbinare dintre paste pentru a evita scurgerile acestuia în exces.



Fig. 2 Pod din paste - Model

Partea din centru a podului este alcătuită din cinci celule dreptunghiulare care au lungimea de 8 cm și înălțimea de 10 cm. Fiecare celula are diagonala ce unește colțul din stânga-jos cu cel din dreapta-sus materializată printr-o pastă lipită cu liant la ambele capete (vezi figura 2).

Cele doua capete ale podului sunt reprezentate de doua triunghiuri dreptunghice cu baza de 8 cm și înălțimea de 10 cm. Această formă a capetelor a fost aleasă atât pentru design, cât și pentru a rezista cât mai eficient greutateii la care va fi spusă structura.



Fig. 3 Sistemul de prindere

S-a utilizat ca mecanism de susținere a greutateii o agățătoare cu filet care a fost fixata pe o bucata de PAL, de dimensiuni 12cm lungime și 3,5cm lațime, cu ajutorul a doua șuruburi cu piulițe. Am utilizat o bucată de PAL pentru a nu fixa greutatea într-un singur punct, aceasta având rolul de a distribui forța aplicată pe toată suprafața ei (vezi figura 3).

Pastele utilizate au următoarele proprietăți la temperatură și umiditate normală :

- Tensiunea maximă de rupere[1] ~14 [MPa]
- Modulul de elasticitate longitudinal (Modulul lui Young)[1] ~70000 [MPa]

Pentru comparație, în aceleași condiții, aluminiul are:

- Tensiunea maximă de rupere ~70 [MPa]
- Modulul de elasticitate longitudinal (Modulul lui Young) ~70000 [MPa]

2.1 Rezistența la tracțiune

Acest material are o rezistență mare pe direcție longitudinală (vezi figura 4), o pastă cu diametrul de 2mm poate tine pana la 4,5Kg. O noțiune foarte importantă este că încărcerea maximă nu depinde de lungimea pasteii!

Încărcarea maximă este egală cu rezistența la tracțiune înmulțită cu secțiunea transversală a pasteii.



Fig. 4 Tracțiune longitudinală schematizată[1]

2.2 Rezistența la compresiune

Pastele au o rezistență mica la compresiune (vezi figura 5), dar daca se injumătățește lungimea acestora pot susține de până la 4 ori forța inițială. Cedarea este de doua feluri:

- Dacă $L/d < 10$ se face fără deformare elastică
- Dacă $L/d > 10$ se face cu deformare elastică

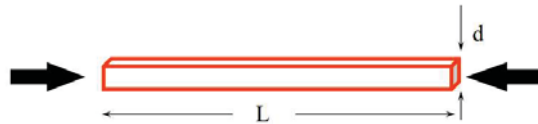


Fig. 5 Compresiune[1]

Putem determina coeficientul k de flambaj astfel:

$$F = k \frac{d^4}{L^2}, \quad (1)$$

Unde F este forța necesară cedării pastei prin compresiune, d diametrul pastei și L lungimea acesteia.

Pentru a determina constanta k am efectuat următorii pași:

1. Am măsurat lungimea și diametrul pastei testate
2. Am așezat pasta în poziție verticală
3. Am apăsăat pe pastă până la rupere;
4. Am stabilit forța(F);
5. Am calculat k.

3. DESIGN

Elementul principal de design este triunghiul, deoarece în îmbinările acestuia nu exista sollicitarea la încovoiere, acesta fiind supus doar la forțe de compresiune sau întindere. Aplicând o forță pe vârful triunghiului aceasta se va distribui în mod egal pe fiecare îmbinare de la bază (vezi figura 6). Cu cat forma geometrică este mai înaltă, cu atât rezistența acestuia crește.

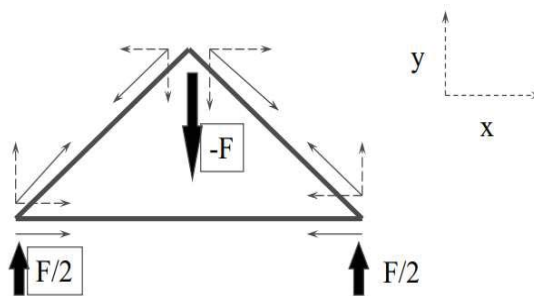


Fig. 6 Distribuirea sollicitării F pe celelalte două vârfuri[1]

Pentru un sistem compus forța se va distribui astfel [1] (vezi figura 7):

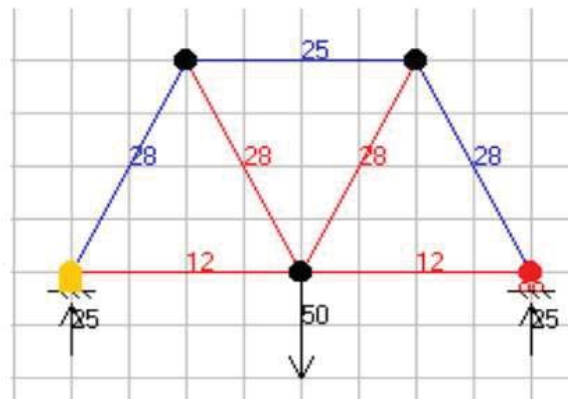


Fig. 7 Forța compusă[1]

4. EXPERIMENT

Pentru studiul experimental, s-au realizat două structuri cu o lungime de 60 de cm, construite din celule triunghiulare a caror înclinație față de bază este de 40° pentru primul tip de pod și 60° pentru cel de-al doilea[2] (vezi figura 8).

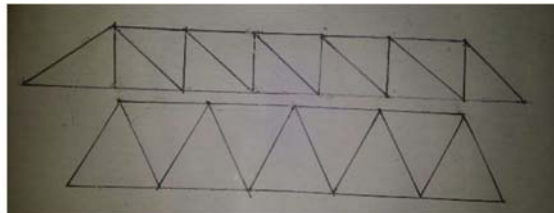


Fig. 8 Schița cu cele două variante de pod alese

S-a realizat o suprafață continuă pe toată baza podului cu scopul de a distribui forța la care va fi solicitat podul, în îndeplinirea aceluiași scop am adăugat o placă din PAL aceasta având în același timp și rolul de mecanism de prindere (vezi figura 9).



Fig. 9 Sistemul de încărcare a podului

S-a așezat podul între doi suporturi care ne-a permis simularea solicitării podului[3]. Greutatea pe care am aplicat-o structurii a fost reprezentată de o găleată pe care am umplut-o treptat cu o cantitate de apă până la cedarea sistemului (vezi figura 10).



Fig. 10 Testul structurii

În ciuda unor proprietati mecanice slabe ale pastelor acestea pot fi solícitate la forțe mari atunci când fac parte dintr-o structură complexă.

Dacă pastele pot rezista la o greutate mult mai mare decât cea proprie, atunci alte materiale precum oțelul, care are proprietăți mai bune, cu un raport rezistență/greutate mult mai mare, pot susține sarcini considerabil mai mari dacă sunt integrate în structuri elaborate.

5. CONCLUZII

În urma experimentului, s-a dovedit, contrar așteptărilor, că structura formată din elementele triunghiulare este una stabilă, rigidă, o greutate de doar 210 grame susținând o sarcină de 4,5 kg!

Prin această abordare am dorit să găsim un criteriu de similitudine între un pod din paste și un pod din oțel. Primul, format dintr-un material fragil, a reușit să reziste la o sarcină de 21 de ori mai mare decât greutatea sa. Studiul podurilor de oțel conduce la concluzii similare.

6. Bibliografie

[1]. <https://engineering.jhu.edu/ei/wp-content/uploads/sites/29/2014/01/Spaghetti-Bridge-Construction-Hints.pdf>

[2]. https://www.researchgate.net/publication/266293831_EVOLUTIA_STRUCTURILOR_DE_PODURI_METALICE_SUDATE

[3]. <https://www.wikihow.com/Build-a-Spaghetti-Bridge>