

THE DESIGN, MODELING AND ASSEMBLY OF A BRIDGE STRUCTURE MADE OF WOOD STICKS

ZENCENCO Emanuel-Eduard

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: III,
e-mail: eduardzencenco@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Gabriel JIGA**

The purpose of my presentation is to make a comparative study between the numerical results offered by the Ansys software and the ones obtained by making an experimental structure designed and made by me.

CUVINTE CHEIE: CATIA V5, Ansys, triade, deformație, tensiune

1. Introducere

Din dorința de a-mi fructifica cunoștințele dobândite în cadrul disciplinei Rezistența Materialelor 1 și 2 am decis să realizez o temă de cercetare, proiectare și realizare referitoare la structurile de rezistență în cadrul cărora sunt folosite triadele.

2. Stadiul actual

Utilizarea triunghiului ca formă geometrică pentru baza de proiectare și construcție a structurilor datează de sute de ani, iar folosirea elementelor triunghiulare, ca soluție de proiectare structurală, a început în secolul XIX și continuă până în ziua de azi.



a



b

Fig. 1 – a Podul de flori de pe Prut, b Podul din Brooklyn

3. Elementele structurale ale unui pod

O grindă este alcătuită dintr-un cadru format din mai multe elemente structurale de forma triunghiulară. Triunghiul de baza este alcătuit din trei bare articulate în capete. Un triunghi pe cont propriu ar putea fi considerat o grindă simplă, dar cele mai multe structuri sunt compuse din mai multe triunghiuri conectate.

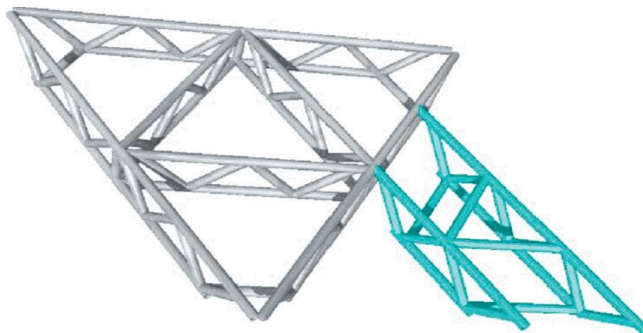


Fig. 2 - Exemplu de triade

Triada reprezintă un grup de trei elemente care formează împreună o unitate structurală.

4. Modelarea si asamblarea structurii

Pentru început a trebuit să realizez modelul 3D într-un software de proiectare asistată de calculator, pentru care am ales CatiaV5. Structurile cu elemente triunghiulare sunt realizate în mai multe versiuni: cu triunghiuri isoscele sau echilaterale. În urma parcurgerii unor notiuni introductive de elemente finite am înțeles ca structurile care se apropie de triunghiul echilateral ofera erori cat mai mici. Primul pas a fost acela de a modela bețișoarele din lemn cu ajutorul carora am realizat structura fizică.

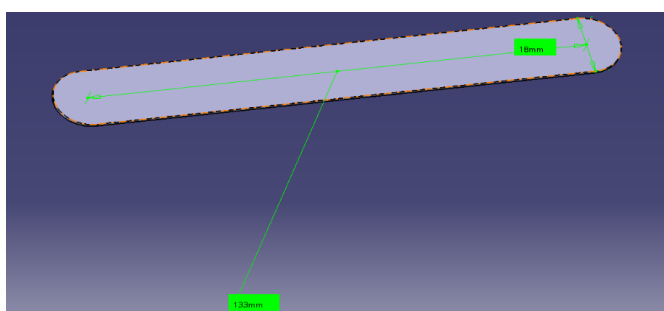


Fig. 3 - Modelarea unui bețișor din lemn

Cel de-al doilea pas a fost acela de a asambla mai multe elemente (bețișoare) pentru a forma structura de rezistență a podului.

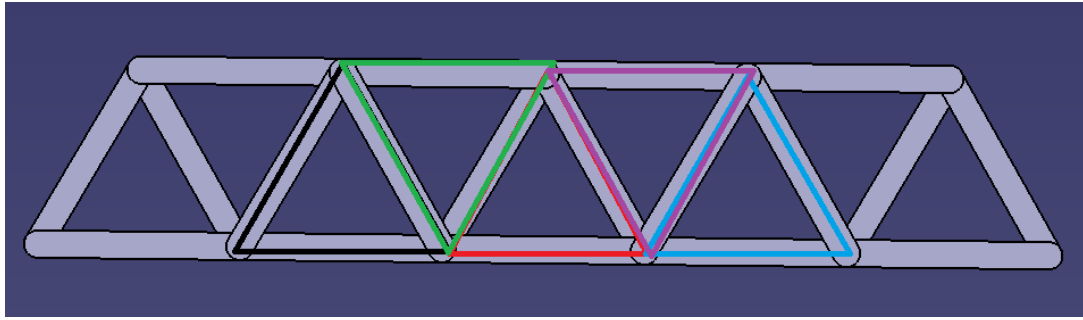


Fig. 4 - Modelarea partii laterale a structurii

Cel de-al treilea pas a fost acela de a realiza o structura simetrica și de a o uni cu cea initiala prin elemente de legatura.

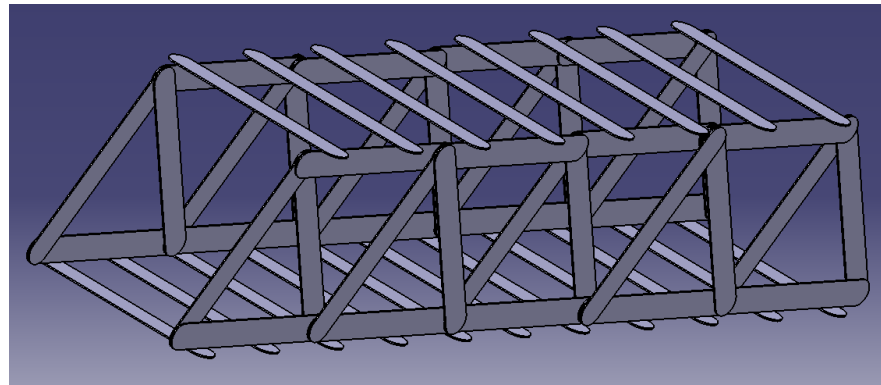


Fig. 5 - Modelarea structurii de ansamblu

Pentru a testa structura într-un mediu digital am folosit modulul Static Structural din Ansys.

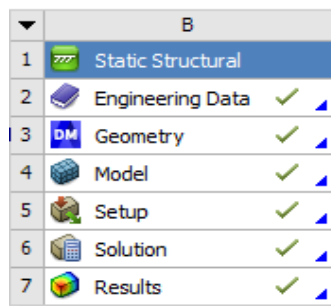


Fig. 6 - Arborele din Workbench-ul Ansys

Primul pas care trebuie făcut pentru o analiza de acest tip este definirea materialelor din care sunt confecționate elementele prezente în structura și implicit proprietățile lor fizice.

Acest lucru poate fi făcut în două moduri:

- 1) Alegerea unor materiale predefinite din librăria Ansys;
- 2) Definirea altor materiale în cazul în care se dorește o precizie mai bună a rezultatelor.

Am ales varianta 1), dar am făcut mici modificări.

Datorită faptului că pe cutia de bețișoare nu scrie nici tipul lemnului nici proprietățile fizice ale acestuia, am decis să introduc valorile maxime pentru densitate și proprietățile fizice ale unui lemn moale și anume 800 kg/m^3 .

Coeficientul de dilatare termică a rămas standard deoarece cercetarea mea va avea loc la o temperatură constantă de 28°C .

Modulul de elasticitate longitudinal (modulul lui Young) l-am ales ca fiind 12500 MPa , standard pentru lemn, iar coeficientul lui Poisson $\nu = 0,3$. Celelalte constante elastice au fost calculate automat.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^{-3}		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C^{-1}		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's ...			
8	Young's Modulus	$2\text{E}+11$	Pa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	$1.6667\text{E}+11$	Pa		
11	Shear Modulus	$7.6923\text{E}+10$	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	$2.5\text{E}+08$	Pa		
25	Compressive Yield Strength	$2.5\text{E}+08$	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	$4.6\text{E}+08$	Pa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Fig. 7 - Alegerea proprietatilor de material

Pasul următor este reprezentat de definirea tipurilor de rezeme ale structurii și definirea tipurilor, localizarea și marimilor forțelor aplicate. Pentru această cercetare am ales ca structura să fie cât mai asemănătoare cu cele existente în realitate din punct de vedere al modului de rezemare și anume, un capăt al structurii să fie rezemat, iar în celălalt capăt să fie articulată. În practică se face acest lucru pentru a permite deplasarea unui capăt pe direcție transversală pentru a servi unor deformații elastice în cazul încovoierii sau dilatării termice.

Programul Ansys oferă posibilitatea modelării structurii în cadrul modulului “Model”, dar datorită faptului că proiectarea a fost realizată în CatiaV5, modelul în format STEP va fi adăugat în modulul “Geometry”.

În partea stângă a structurii, pe al doilea bețișor am definit un reazem simplu. Fiind o structură tridimensională, am definit ca translațiile pe axele X și Y și rotațiile în jurul axelor Y și Z să fie nule. În partea dreaptă a structurii, simetric față de un plan imaginar generat de axele XY ale sistemului de axe de referință, am definit ca translațiile pe toate axele și rotațiile pe axele Y și Z să fie nule.

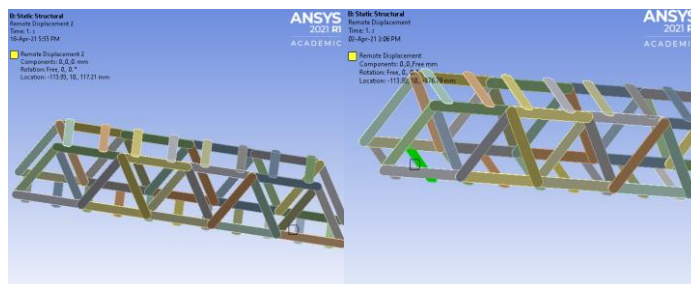


Fig. 8 - Definirea tipurilor de rezemare

Inițial, structura a fost încercată la două nivele de forță diferite și anume: de 20 N, de 40N pentru a se vedea dacă aceasta rezistă. În final, atât în modelarea numerică precum și în cea experimentală s-a aplicat o forță de 100 N, echivalentă unui bidon de 10 litri umplut cu apă. Astfel, am aplicat pe cele două bețișoare din mijloc două presiuni egale și în același sens de $2 \cdot 10^{-2}$ MPa.

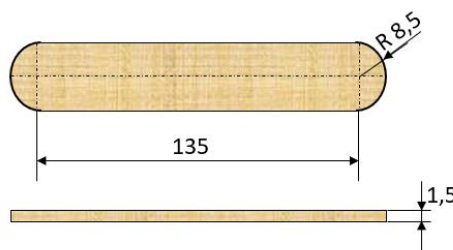


Fig. 9 - Cotele de gabarit ale unui bețișor

$$p = \frac{F}{S} = \frac{50}{135 \cdot 17 + \pi \cdot 8.5} = 1.982 \cdot 10^{-2} \text{ MPa} \quad (1)$$

5. Rezultate obținute

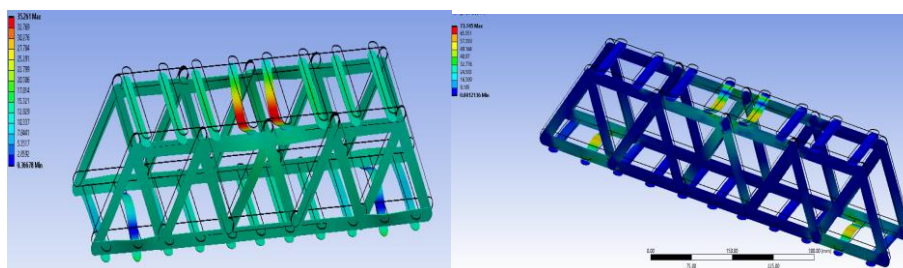


Fig. 10 - Distribuția deformației totale și a tensiunilor echivalente von-Mises a structurii corespunzătoare unei forțe de 100 N

6. Secvențe din timpul realizării și încercării structurii de pod



Fig. 11 - Secvențe din timpul realizării structurii de pod

Se poate observa că săgeata obținută în cazul testării structurii (18.5 mm) este ușor diferită de valoarea obținută în același punct în Ansys (17.814 mm). Eroarea totală poate fi explicată prin următoarea formulă:

$$\Delta_{total} = \Delta_{masa\ bidon} + \Delta_{parametri\ fizici} + \Delta_{aparat\ de\ masura} \quad (2)$$

7. Concluzii

Studiul prezentat atestă faptul că chiar și cu ajutorul unor materiale comune (bețișoare din lemn) pot fi realizate structuri ușoare și rezistente, utilizând elementele structural de tip triadă. Erorile obținute în urma încercărilor experimentale precum și cele rezultate în urma modelării structurii cu elemente finite au condus la rezultate remarcabile (eroari de maximum 3,7%). Această lucrare poate fi prezentată în cadrul unui curs introductiv de Rezistența materialelor, arătând modul judicios de dispunere al unor elemente de tip grindă în vederea rezilzării unei structuri rezistente cu un cost minim.

8. Bibliografie

- [1]. E. González Meza și J. Anaya Diaz (anul), Shapes and behavior of triangular grid structures. Current trends in architecture of the 21th. Century., Editură, Oraș, ISBN.
- [2]. <https://sciencing.com/simple-truss-10018330.html>

9. Notății

Δ_{total} = diferența obținută a săgeții în cele două cazuri

$\Delta_{masă\ bidon}$ = diferența de deformație generată de masa bidonului

$\Delta_{parametri\ fizici}$ = diferența de deformație generată de parametrii fizici din programul Ansys

$\Delta_{aparat\ de\ măsură}$ = diferența de deformație generată de aparatul de măsură