ASPECTE PRIVIND MODELAREA ȘI SIMULAREA STĂRILOR DE TENSIUNI ȘI DEFORMAȚII DIN GRINZILE DIN MATERIALE COMPOZITE SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

Stud. Marian NICA, **Stud.Vlăduț-Constantin GRIGORE**, **Prof. dr. ing. Camelia CERBU**

Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, Romania

REZUMAT. Nevoia de reducere a greutății structurilor, a condus la înlocuirea pe scară largă, a grinzilor din materiale clasice (oțel, lemn) cu grinzi din materiale compozite în diverse aplicații. Obiectivul principal al lucrării constă în analiza teoretică a stărilor de tensiuni și deformații din două tipuri de grinzi din materiale compozite, obținute prin îmbinarea a două profile U, solicitate la încovoiere. Se prezintă modelul numeric și rezultatele pentru grinda având secțiunea în formă de I și pentru grinda avînd secțiunea cu pereți subțiri de formă dreptunghiulară. În final, se constată că asamblarea celor două profile U sub formă de grindă având secțiunea în formă de I, conduce la reducerea cu 29,36 % a valorii maxime a tensiunii normale, comparativ cu grinda de secțiune dreptunghiulară cu pereți subțiri.

Cuvinte cheie: grinzi compozite, analiza cu elemente finite, încovoiere, fibre de sticlă.

ABSTRACT. The need to reduce the weight of structures, has led to the widespread replacement of beams made of classical materials (steel, wood) with beams made of composite materials in various applications. The main objective of the paper consists in the theoretical analysis of the states of stresses and strains developed in two types of beams made of composite materials, obtained by joining two U shapes, subjected to bending. The numerical model and the results are presented for the beam having I-shaped section and for the beam having rectangular section with thin walls. Finally, it is found that the assembly of U-shaped profiles in a beam having I shape cross section, leads to a reduction by 29.36% of the maximum value of the normal stress, compared with the beam having rectangular section with thin walls.

Keywords: composite beams, finite element analysis, bending, glass fibers.

1. INTRODUCERE

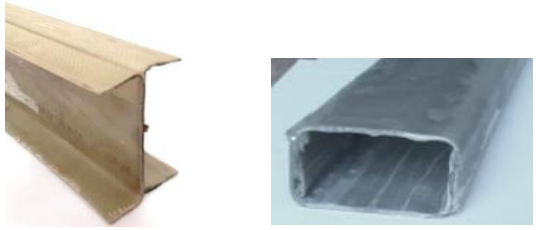
Materialele compozite s-au dezvoltat pentru a răspunde unor cerințe din diferite domenii, în ceea ce privește: raportul dintre rezistența mecanică și greutate; raportul dintre rigiditate și greutate; rezistența mai bună la coroziune și la acțiunea agenților chimici față de materialele metalice; stabilitate dimensională; rezistență la solicitări variabile, la șoc și la uzură.

Există o mare necesitate privind înlocuirea grinzilor din materiale clasice (oțel, lemn) cu grinzi fabricate din materiale compozite armate cu fibre de carbon sau cu fibre de sticlă, în diverse aplicații din domeniul construcțiilor, din industria de automobile și din alte domenii [2, 7].

În general, literatura de specialitate este săracă în ceea ce privește lucrările științifice care studiază stările de tensiuni și deformații din grinzile cu pereți subțiri din materiale compozite, solicitate la încovoiere.

În ultimii ani, s-au publicat lucrări care prezintă tehnologia de fabricație și rezultatele încercărilor mecanice pentru grinzi fabricate din rășini polimerice armate de obicei unidirecțional cu fibre de sticlă sau fibre de carbon, având secțiunea cu pereți subțiri, cu contur închis sau deschis [1, 4, 5].

Profilele comerciale din materiale compozite armate unidirecțional cu fibre, au în general secțiuni mici iar tehnologia de fabricație necesită investiții mari în echipamente.



(a) (b)

Fig. 1.1. Profile armate cu fibre de sticlă.

Se pot obține de asemenea grinzi prin îmbinarea a două profile din materiale compozite armate cu țesătură bidirecțională din fibre de sticlă (Fig. 1.1) [3, 6]. În acest context, obiectivul lucrării este de a

modela și simula comportarea mecanică a unor astfel de grinzi în încercarea la încovoiere.

2. STRUCTURI ANALIZATE ȘI METODA DE LUCRU

Se urmărește să se analizeze cu elemente finite, stările de tensiuni și deformații din două tipuri de grinzi din material compozit, formate prin îmbinarea a două profile U: o grindă având secțiunea I cu pereți subțiri; o grindă având secțiunea drept-unghiulară cu pereți subțiri. Modele geometrice ale celor două tipuri de grinzi analizate, se prezintă în figurile 2.1 și 2.2.

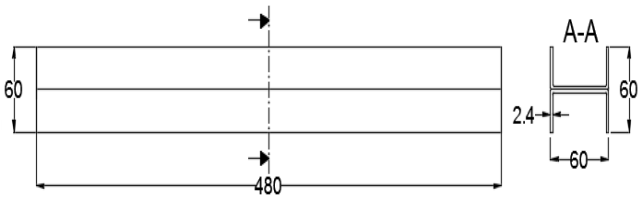


Fig. 2.1. Model 1: grinda având secțiunea I.

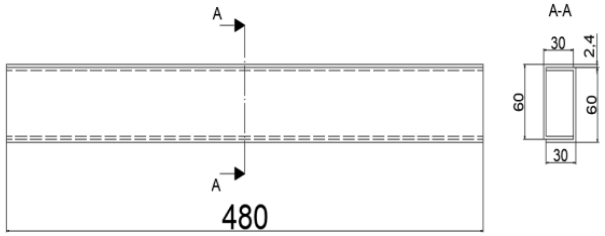


Fig. 2.2. Model 2: grinda având secțiunea dreptunghiulară cu pereți subțiri.

Ambele grinzi sunt formate din opt straturi de material compozit pe bază de rășină epoxi armată cu țesătură de sticlă bidirecțională, având densitatea de 200 g/m^2. Grosimea unui strat este de 0,3 mm iar grosimea totală a stratificatului din compozit este 2,4 mm. Țesătura din fibre de sticlă are același tip de fibre de sticlă pe ambele direcții. Ca urmare, stratul armat bidirecțional este ortotrop, având același modul de elasticitate pe cele două direcții. Proprietățile elastice ale stratului, care au fost introduse în modelul numeric, sunt: modulul de elasticitate $E_1 = E_2 = 14082{,}6$ MPa în direcțiile de armare cu fibre; coficientul lui Poisson ν_{12} este 0,15 în planul de armare cu fibre; modulul de elasticitate transversal G_{12} este 5600 MPa [3].

Toate straturile au aceeași orientare astfel încât o direcție a țesăturii de armare este paralelă cu axa grinzii. În acest context, în modelul cu elemente finite, se asociază orientarea materialului pentru fiecare suprafață plană a grinzii cu pereți subțiri.

Schema de încărcare utilizată pentru cele două modele corespunde încercării de încovoiere prin metoda celor trei puncte (Fig. 2.3). În ambele cazuri, distanța dintre reazeme este de 440 mm iar forța aplicată la mijlocul grinzii este de 1 kN. Diametrul rolelor de rezemare este de 20 mm.

Cele două profile U au fost asamblate între ele pentru a forma cele două tipuri de grinzi și s-a considerat o costrângere fixă, fără alunecare, care simulează asamblarea prin lipire. Contactul dintre role și grinzi se consideră cu frecare iar coeficientul de frecare este 0,15.

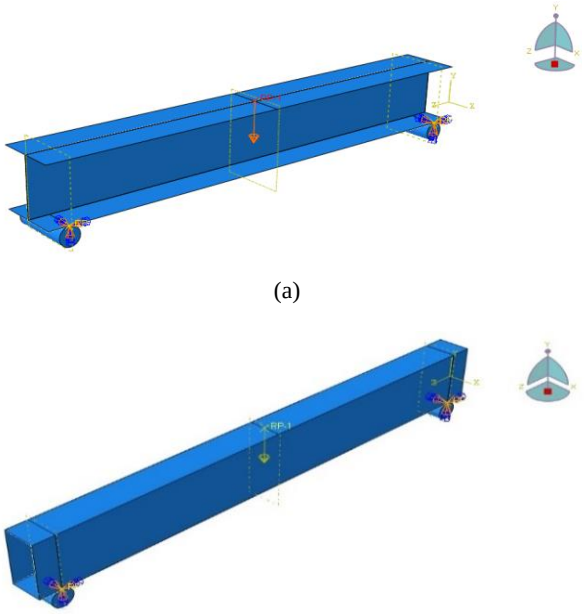


Fig. 2.3. Schema de încărcare: (a) model 1; (b) model 2.

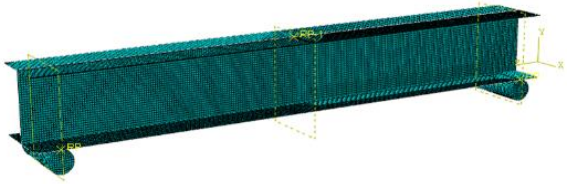


Fig. 2.4. Model 1 cu elemente finite

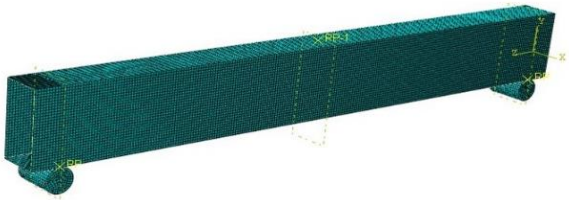
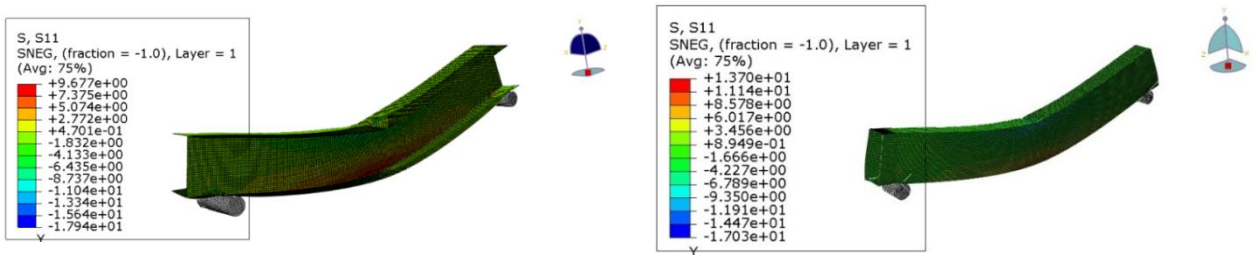


Fig. 2.5. Model 2 cu elemente finite.

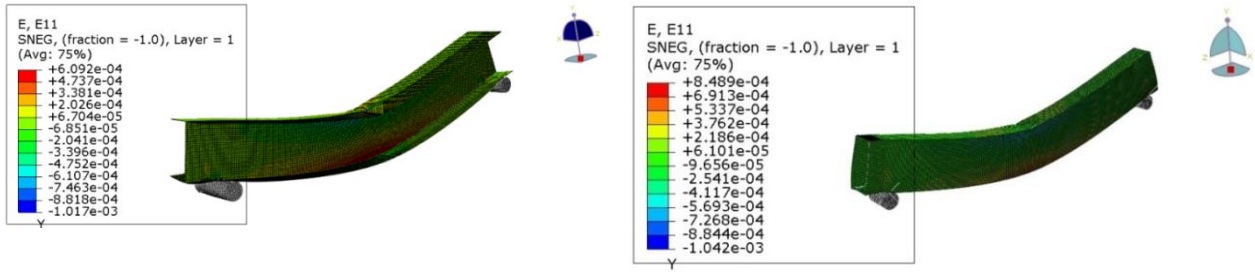
Modelele numerice ale grinzilor s-au obținut prin discretizarea cu elemente finite de tip shell liniare, cu patru noduri, având mărimea aproximativ 2 mm (Fig. 2.4 și 2.5.) [9].

Prin modelarea numerică se urmărește să se analizeze comparativ deplasările în direcția forței de încărcare și stările de tensiuni și deformații pentru cele două modele analizate.



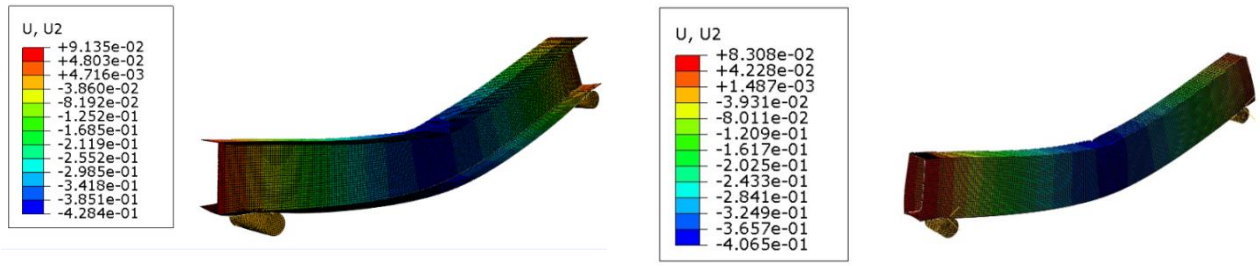
(a) (b)

Fig. 3.1. Distribuția tensiunilor normale σ_x în direcția axei grinzii, din stratul 1, pentru: (a) modelul 1; (b) modelul 2.



(a) (b)

Fig. 3.2. Distribuția tensiunilor normale ε_x în direcția axei grinzii, din stratul 1, pentru: (a) modelul 1; (b) modelul 2.



(a) (b)

Fig. 3.3. Deplasările u_2 în direcția axei *Oy* perpendiculară pe grindă pentru: (a) modelul 1; (b) modelul 2.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

În figura 3.1, se prezintă distribuția tensiunilor normale σ_x în direcția axei grinzii pentru stratul 1, pentru cele două modele analizate de grindă. Se menționează că în acest caz, distribuția tensiunilor nu este simetrică față de suprafața mediană a grinzii deoarece distribuția tensiunilor este pentru stratul 1 al elementelor de tip shell stratificate. Ca urmare, straturile 1 ale materialelor compozite corespunzătoare tălpilor profilului I, nu sunt dispuse simetric față de suprafața mediană a grinzii.

Se observă că valoarea maximă pozitivă a tensiunii normale σ_x în cazul grinzii având secțiunea în formă de I (9,677 MPa) este cu 29,36 % mai mică decât cea corespunzătoare grinzii având secțiunea de formă dreptunghiulară cu pereți subțiri (13,7 MPa).

În figura 3.2, se prezintă distribuția deformațiilor ε_x în direcția axei grinzii, pentru stratul 1, pentru cele două modele analizate de grindă.

Deplasările u_2 în direcția axei Oy perpendiculară pe axa grinzii, se prezintă în figura 3.3. Deplasarea maximă în mijlocul grinzii este de 0,4284 mm în cazul grinzii având secțiunea în formă de profil I și respectiv, de 0,4065 mm în cazul grinzii având secțiunea cu perete subțire de formă dreptunghiulară.

5. CONCLUZII

Cele două tipuri de grinzi analizate din materiale compozite, având pereți subțiri cu contur deschis (model 1) și cu contur închis (model 2), reprezintă două moduri practice de asamblare prin lipire a două profile U din materiale compozite care pot fi fabricate relativ ușor, din materiale compozite stratificate.

Din simularea stărilor de tensiuni și deformații, se constată că asamblarea profilelor U din materiale compozite astfel încât să formeze o grindă având secțiunea în formă de I, conduce la reducerea tensiunii normale σ_x maxime cu 29,36 % față de cazul grinzii având secțiunea de formă dreptunghiulară cu perete subțire.

În lucrările [3, 6] se prezintă tehnologia de fabricație a celor două tipuri de grinzi din material compozit stratificat armat cu țesătură din fibre de sticlă.

În cercetările viitoare, se dorește să se compare rezultatele obținute prin încercarea la încovoiere a celor două tipuri de grinzi, cu rezultatele obținute prin analiza cu elemente finite, prezentate în această lucrare. Deformațiile grinzilor cu pereți subțiri se pot determina cu precizie, utilizând metode digitale moderne [8].

BIBILOGRAFIE

[1] Estep, D.D., GangaRao, H.V.S., Dittenber, D.B., Qureshi, M.A., *Response of pultruded glass composite box beams under bending and shear*. Composites Part B-Engineering, **88**, 2016, 150-161.

[2] Garcia, P.R., Escamilla, A.C., Garcia, M.N.G., *Bending reinforcement of timber beams with composite carbon fiber and basalt fiber materials*. Composites Part B-Engineering, **55**, 2013, 528-536.

[3] Grigore, V.C., *Proiect de diplomă: Analiza starilor de tensiuni și deformații în grinzile din materiale compozite armate cu fibre, solicitate la încovoiere*, 2021, Transilvania University of Brașov (nepublicată).

[4] Huang, L., Zhang, C., Yan, L.B., Kasal, B., *Flexural behavior of U-shape FRP profile-RC composite beams with inner GFRP tube confinement at concrete compression zone*. Composite Structures, **184**, 2018, 674-687.

[5] Madenci, E., Ozkilic, Y.O., Gemi, L., *Experimental and theoretical investigation on flexure performance of pultruded GFRP composite beams with damage analyses*. Composite Structures, **242**, 2020, 15 pages.

[6] Nica M., *Proiect de diplomă: Modelarea și testarea grinzilor din materiale compozite, având secțiunea de tip profil I*, 2021, Transilvania University of Brașov (nepublicată).

[7] Rescalvo, F.J., Duriot, R., Pot, G., Gallego, A., Denaud, L., *Enhancement of bending properties of Douglas-fir and poplar laminate veneer lumber (LVL) beams with carbon and basalt fibers reinforcement*. Construction and Building Materials, **263**, 2020.

[8] Xu, D.; Cerbu, C.; Wang, H.; Rosca, I.C., *Analysis of the hybrid composite materials reinforced with natural fibers considering digital image correlation (DIC) measurements*. Mechanics of Materials, **135**, 2019, 46-56.

[9] *** https://edu.3ds.com/en/software/abaqus-student-edition

Despre autori

Student **Marian NICA**
Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, Romania

Student **Vlăduț-Constantin GRIGORE**
Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, Romania

Ambii sunt studenți în anul IV, la programul de studii Inginerie Mecanică, la Universitatea „Transilvania” din Brașov. Au participat la diverse manifestari științifice (Conferința națională SSING 2021, Brașov; AFCO 2021 organizată de Universitatea Tranilvania din Brașov) unde au prezentat rezultatele din proiectele de diplomă coordonate de prof. dr. ing. Camelia Cerbu.

Prof. dr. ing. **Camelia CERBU**
Universitatea „Transilvania” din Brașov, Brașov, Romania

Este absolventă a specializării Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Facultatea de Inginerie Tehnologică, Universitatea „Transilvania” din Brașov, promoția 1996. În anul 1997 a absolvit master-ul în cadrul aceleiași facultăți. A obținut titlul de doctor în inginerie mecanică în anul 2005. Este conducător de doctorat din anul 2015 când a susținut teza de abilitare. A participat la numeroase conferințe internaționale din țară și străinătate și a publicat 45 articole indexate ISI și în alte baze de date. A publicat un capitol de carte în editură internațională și 14 cărți de specialitate, dintre care 3 cărți singur autor, 3 cărți prim-autor și 8 cărți în colaborare. A coordonat trei granturi de cercetare științifică în calitate de director. Este interesată de următoarele direcții de cercetare: mecanica materialelor compozite; încercări mecanice; analiza stărilor de deformații și tensiuni; efectul factorilor de mediu agresiv asupra structurilor din materiale compozite; modelarea structurilor mecanice.