

STUDIUL EXPERIMENTAL AL ÎMBINĂRII ELEMENTELOR DIN LEMN SUPUSE ACȚIUNII MOMENTULUI ÎNCOVOIETOR

Autori: Anna PRODAN, Victor BRAȘOVEANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare se examinează comportamentul unei îmbinări a elementelor din lemn cu buloane amplasate circular, utilizate în construcții, care trebuie să preia un moment de încovoiere. Îmbinarea a fost încercată prin aplicarea unei forțe verticale la presa hidraulică, până la atingerea forței maxime de rupere. În urma încercării au fost analizate și comparate mărimile determinate prin calcul, și cele experimentale, au fost determinate cauzele erorilor, și în final s-au prezentat unele recomandări privind sporirea capacității portante a unor astfel de îmbinări cu tije metalice.

Cuvinte Cheie: îmbinare supusă la acțiunea momentului de încovoiere, capacitate portantă, deplasări, cedare, măsurări.

INTRODUCERE

În cadrul acestei comunicări vom urmări următoarele scopuri:

- explicarea actualității construcțiilor din lemn;
- prezentarea datelor inițiale privitor la îmbinarea supusă încercării;
- determinarea prin calcul a parametrilor îmbinării;
- expunerea datelor experimentale și compararea acestora cu rezultatele teoretice;
- formularea concluziilor și recomandări privind sporirea capacității portante a îmbinărilor la construcțiile din lemn.

Diversitatea domeniilor de utilizare a lemnului aduce dovada aportului major al acestui material în procesul de dezvoltare a speciei umane, având aceeași importanță ca aerul, apa sau focul. Pe lângă bine cunoscutele însușiri pozitive ale lemnului ca materie primă (densitate redusă, proprietăți fizice și mecanice favorabile, prelucrabilitate ușoară), în contextul problemelor de ordin ecologic în industria construcțiilor trebuie remarcate și unele caracteristici ale lemnului ca material de construcție, și anume: lemnul este 100% natural și are un caracter inofensiv pentru sănătatea omului, este un material regenerabil și reciclabil. Se consideră că în viitor, pentru orice țară, posesia resurselor de material lemnos va constitui un avantaj deosebit, deoarece alte materiale de construcție neregenerabile se vor diminua alarmant, vor deveni tot mai greu de procurat și tot mai scumpe.

Lemnul permite realizarea celor mai diverse structuri, cu îmbinări plane sau spațiale. Din punct de vedere arhitectural, structurile din lemn pot fi adaptate la orice ansamblu, fascinand prin noblețe și design. Costul de exploatare al construcțiilor din lemn se reduce cu cel puțin 20%, datorită coeficientului de transfer termic redus, ceea ce îl face un bun izolator termic.

În ce privește actualitatea temei, trebuie menționată utilizarea redusă a construcțiilor de lemn în Republica Moldova, care se datorează necunoașterii proprietăților lemnului speciilor autohtone și comportarea lui în timpul exploatarei. Fiind un material de construcție modern, lemnul prezintă un potențial imens în executarea structurilor cu deschideri mari, care trebuie să satisfacă nu doar exigențe de ordin mecanic (rezistență, rigiditate, stabilitate), ci trebuie să fie și simple în execuție și montaj, ușor de transportat. Anume în acest context, un rol esențial le revine îmbinărilor elementelor din lemn. În prezent în practică tot mai des întâlnim îmbinările mixte ale lemnului cu alte materiale (cel mai frecvent – combinația lemn-oțel), care au rolul de a se completa reciproc, și de a asigura rigiditatea și compactitatea acestora.

Execuția îmbinărilor care sunt solicitate la acțiunea momentului încovoietor și la eforturi axiale rămâne o problemă actuală, care merită a fi abordată și studiată în detaliu de către specialiști. Deaceia am ales să studiem în cadrul acestei lucrări unul dintre tipurile de îmbinări care fac posibilă transmiterea momentului încovoietor de la un element la altul asigurând o folosire rațională a lemnului - nodul de streășină al unei structuri în formă de cadru portal, care reprezintă o îmbinare simetrică, cu buloane dispuse circular ale elementelor din lemn de gorun. În lucrarea curentă am expus rezultatul încercării acestei îmbinări, care aduce dovada necesității studiului mai aprofundat de către specialiști a unor proprietăți mai puțin abordate de către normele în vigoare, cum ar fi comportamentul lemnului la acțiunea eforturilor unitare perpendiculare pe direcția fibrelor.

METODA DE ÎNCERCARE

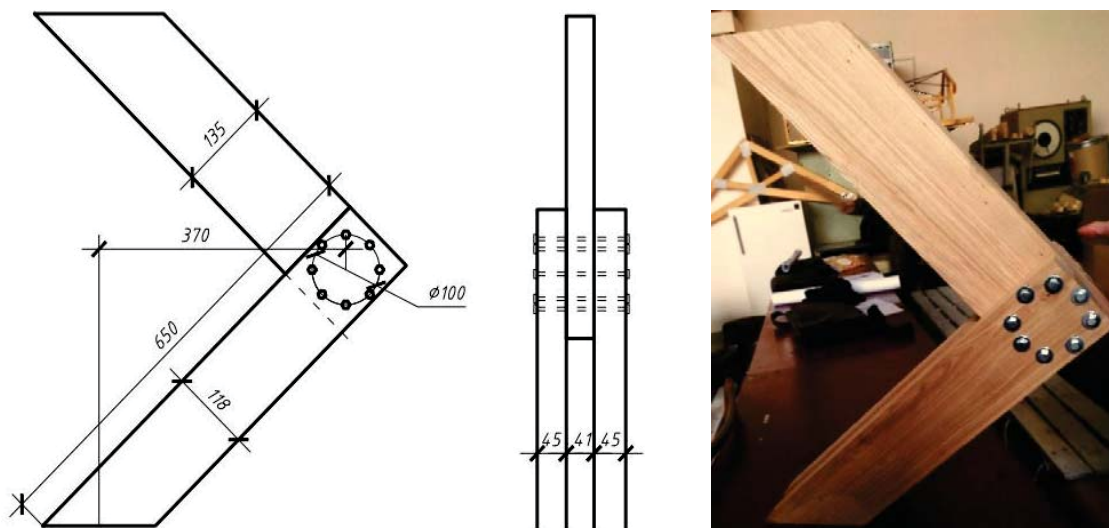


Figura 1. Schema și imaginea îmbinării

Îmbinarea studiată reprezintă un nod de streășină, care unește stîlpul cu două ramuri cu grinda cu inimă plină. Îmbinarea a fost articulată atît în partea inferioară (stîlpul) cît și în partea superioară (grinda), și a fost supusă acțiunii unei forțe verticale, care a determinat apariția unui moment încovoietor cu brațul de 370 mm (vezi figura 1). Evoluția în timp a deformațiilor a fost înregistrată de un comparator cu fir de transmitere a deplasărilor de pînă la 10 cm la distanță, indicațiile căruia au gradația minimă de 0,01 mm.

Teoretic, cedarea îmbinării poate surveni la una dintre cele 4 stări de tensiuni:

- 1) depășirea capacității portante a buloanelor la încovoiere;
- 2) depășirea capacității portante a elementelor marginale la strivire;
- 3) depășirea capacității portante a elementelor centrale la strivire;
- 4) depășirea capacității portante a lemnului la întindere perpendicular pe fibre.

Îmbinarea supusă încercării cedat la valoarea unui moment încovoietor de 34,8 kNm, înregistrînd deplasarea maximă de 5,67 cm. În figura 2 se prezintă graficul dependenței deformațiilor de valoarea momentului încovoietor. Se observă că această dependență aduce dovada comportamentului elasto-plastic al lemnului, adică cedarea se produce în mod treptat, datorită creșterii pronunțate a deformațiilor plastice.

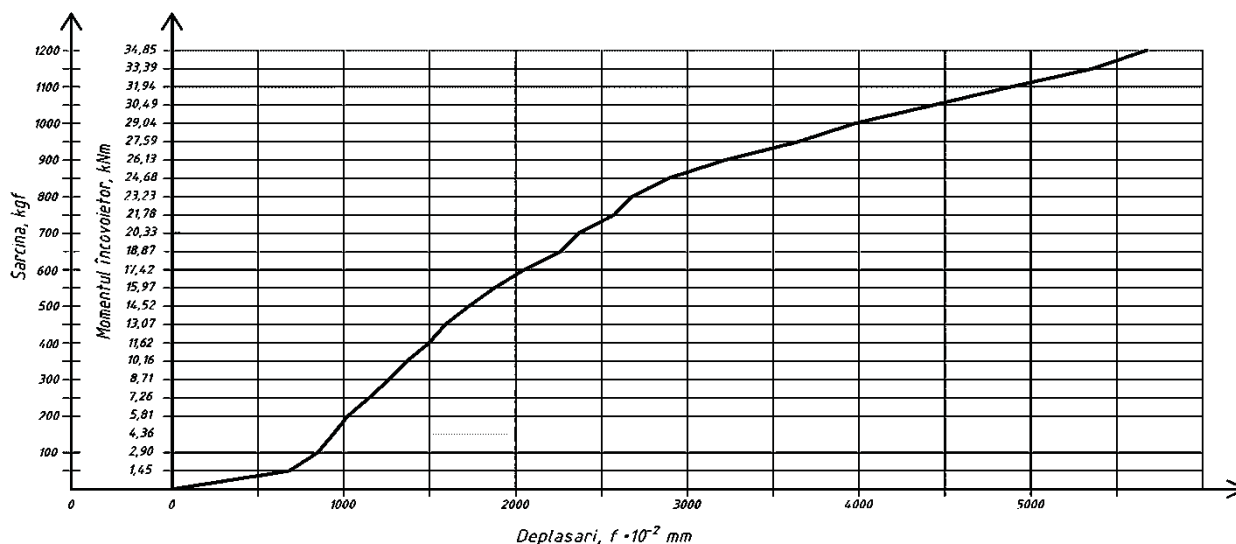
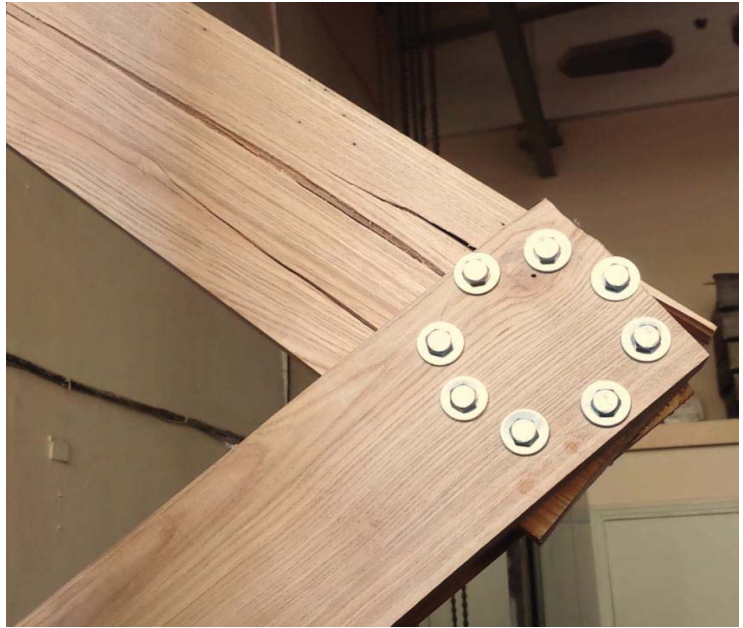


Figura 2. Graficul dependenței deformațiilor de sarcină, pe trepte de încărcare

Cedarea a fost cauzată de fenomenul întinderii perpendicular pe direcția fibrelor, fapt care se manifestă prin caracterul cedării elementului – efectul de smulgere. Unul dintre avantajele cedării acestei îmbinări este despicarea elementului interior pe lungimea lui, și nu spre muchie, cum ar fi fost de așteptat, ceea ce manifestă o diminuare ductilă a capacității portante. Trebuie de menționat și dispariția articulației în partea inferioară a îmbinării, care a fost teșită la acțiunea sarcinii verticale.



DISCUȚII

Capacitatea portantă a îmbinării se determină din condițiile de încovoiere a tije și strivire a lemnului în elementele marginale și cele de mijloc. Capacitatea portantă la forfecare se asigură prin amplasarea corespunzătoare a tijelor. Problema constă în dimensionarea corectă a îmbinării.

Conform CII 16.13330, §7.13, verificarea capacității portante a îmbinării cu tije metalice se efectuează cu următoarea relație:

$$n_H = \frac{N}{T \cdot n_{III}} \geq 2 \quad (1)$$

unde: $n_H = 8$ - numărul tijelor metalice (buloanelor);

$n_{III} = 2$ - numărul de planuri de forfecare.

Conform CII 16.13330, tabelul 20, capacitatea portantă minimă de calcul a unui bulon pe un singur plan de forfecare (T):

1) la strivirea elementelor centrale:

$$T = 0,5cd = 0,5 \cdot 4,1 \cdot 0,6 = 1,23kN \quad (2)$$

2) la strivirea elementelor marginale:

$$T = 0,8ad = 0,8 \cdot 4,5 \cdot 0,6 = 2,16kN \quad (3)$$

3) la încovoierea tije din oțel:

$$T = 1,8d^2 + 0,02a^2 = 1,8 \cdot 0,6^2 + 0,02 \cdot 4,5^2 = 1,053kN \quad (4)$$

unde: $a = 4,5cm$ - grosimea medie a elementelor marginale;

$c = 4,1cm$ - grosimea elementului central;

$d = 0,6cm$ - diametrul tije metalice.

Din cele descrise mai sus, efortul axial de calcul din îmbinarea supusă încercării respectiv momentul de încovoiere pentru buloanele amplasate circular cu brațul 0,37 m, va fi:

1. $N = n_H \cdot T \cdot n_{III} = 8 \cdot 1,23 \cdot 2 = 19,68kN$; $M = N \cdot n \cdot r = 58,25kNm$ - la strivirea elementului central;

2. $N = 8 \cdot 2,16 \cdot 2 = 34,56kN$ $M = 102,32kNm$ - la strivirea elementelor marginale;

3. $N = 8 \cdot 1,053 \cdot 2 = 16,848kN$; $M = 49,87kNm$ - la încovoierea tijelor din oțel.

ANALIZA ȘI COMPARAREA REZULTATELOR TEORETICE ȘI ALE CELOR EXPERIMENTALE

Tabelul 1. Tabel generalizator

În tabelul 1 au fost sistematizate datele experimentale, și rezultatele obținute prin calcul. În urma analizei, se pot formula următoarele concluzii:

- îmbinarea nu a fost dimensionată corect (nu se respectă distanțele normate între buloane și margini);
- de menționat că, întrucât distrugerea îmbinării a survenit ca urmare a cedării elementului din mijloc, (celelalte două rămânând intacte), se poate conchide că buloanele nu au asigurat conlucrarea elementelor îmbinării prin maximizarea suprafeței de contact dintre acestea;
- buloanele nu corespund standardului (pentru lungimea de 15 cm, diametrul minimal al bulonului este de 10 mm), deaceia nu am ținut cont în calcul de coeficientul care depinde de unghiul de acțiune al solicitării – k_a , stipulat în CII 16.13330, tabelul 21.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Deși calculul teoretic aduce dovada unei capacități portante mai înalte decât cea înregistrată experimental, îmbinarea a cedat la o stare de tensiuni care nu a fost abordată de normele în vigoare. În normativul CII 16.13330 „Деревянные конструкции” nu e stipulat studiul îmbinărilor elementelor din lemn la efortul de întindere perpendicular pe fibre, deaceia optimizarea comportamentului acestor îmbinări impune necesitatea unor noi cercetări care să completeze informațiile actuale privind comportamentul acestui material atât de des folosit și, totuși, nedescoperit în totalitate. Se recomandă executarea corectă a îmbinărilor, alegerea unor buloane standard, și analiza teoretică a comportamentului îmbinării la eforturile unitare perpendiculare pe direcția fibrelor.

BIBLIOGRAFIE:

1. Disponibil: <<http://www.woodwindow.ro/de-ce-constructiile-din-lemn-sunt-prietenose-cu-natura.html>> [Accesat 29 Noiembrie 2016]
2. Disponibil: <<http://casedinlemn.md/lemnul-ca-material-de-construcție>> [Accesat 2 Decembrie 2016]
3. Disponibil: <<http://www.agir.ro/buletine/1245.pdf>> [Accesat 28 Noiembrie 2016]
4. Disponibil: <<http://www.agir.ro/buletine/953.pdf>> [Accesat 28 Noiembrie 2016]
5. CII 16.13330.2011 „Деревянные конструкции”
6. *Пособие по проектированию деревянных конструкций* (к СНиП II-25-80) М.: Стройиздат, 1986.
7. ГОСТ 7798-70 „Болты с шестигранной головкой, класса точности В. Конструкция и размеры”

Nr. ord	Indicator	Valoare, formulă, rezultat
1	Esența lemnului	gorun
Grosimea elementelor, mm		
2	De margine	$t_1=45\text{ mm}$
3	De mijloc	$t'_1=41\text{ mm}$
4	Diametrul de amplasare a buloanelor	$t=100\text{ mm}$
5	Diametrul bulonului, mm	$d=6\text{ mm}$
6	Lungimea bulonului, mm	$l=150\text{ mm}$
Distanțe dintre buloane și margini, mm		
7	Între cuie în lungul fibrelor	$S_1=100\text{ mm}$
8	Până la capătul apropiat în lungul fibrelor	$S_2=5\text{ mm}$
9	Între cuie transversal fibrelor	$S_3=100\text{ mm}$
10	Până la muchia elementului	$S_4=7\text{ mm}$
Distanțe minimale normate dintre buloane și margini, mm		
11	Între cuie în lungul fibrelor	$S_{1,min}=42\text{ mm}$
12	Până la capătul apropiat în lungul fibrelor	$S_{2,min}=42\text{ mm}$
13	Între cuie transversal fibrelor	$S_{3,min}=21\text{ mm}$
14	Până la muchia elementului	$S_{4,min}=18\text{ mm}$
Capacitatea portantă de calcul, kN		
15	Strivire a elementului de margine	$19,68\text{ kN}$
16	Strivire a elementului de mijloc	$34,56\text{ kN}$
17	Încovoiere a cuiului	$16,85\text{ kN}$
18	Sarcina de cedare	$11,772\text{ kN}$
19	Deformația de lunecare totală, mm	$56,74$