A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

ELEMENTE ŞI STRUCTURI DE REZISTENȚĂ EFIECIENTE DIN LEMN LAMELAT ÎNCLEIAT

Dorin MAIER, Dumitru MARUSCIAC

EFFECTIVE ELEMENTS AND RESISTANCE STRUCTURE OF GLUED LAMINATED TIMBER

Given the advantages afforded by modern wood constructions the paper presents the main types of elements and structures for effective resistance laminated wood, namely wood and plywood construction, with features on how the composition and design considerations on the behavior and calculation of specific strength and stiffness.

Keywords: laminated wood structural elements
Cuvinte cheie: elemente structurale din lemn încleiat

1. Introducere

Lemnul, datorită multiplelor avantajelor pe care le prezintă din punct de vedere tehnic constructiv, a constituit în decursul timpului unul dintre principalele materiale de construcții, care a stat la baza realizării unor importante construcții civile şi inginereşti.

În prezent, lemnul lamelat încleiat, tratat împotriva focului şi biodegradării, reprezintă unul dintre materialele de construcții moderne, utilizat pe scară tot mai largă pentru realizarea elementelor şi structurilor moderne din lemn lamelat încleiat.

Grinzile din lemn lamelat încleiat reprezintă o categorie aparte, care prezintă un interes major atât din punct de vedere tehnic cât şi economic.

2. Grinzi din lemn lamelat încleiat

2.1. Considerații generale

Din punct de vedere constructiv grinzile încleiate se pot realiza drepte (cu moment de inerție constant), cu o pantă, cu două pante şi curbe, având moment de inerție variabil (figura 1).

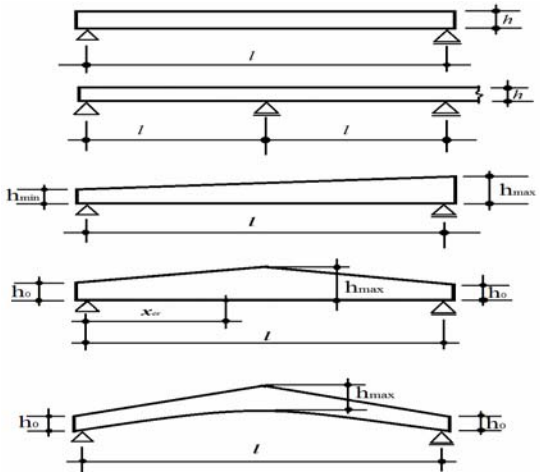

Fig. 1 Principalele tipuri de grinzi încleiate (drepte, cu o pantă, cu două pante şi cube)

După modul de alcătuire constructivă grinzile încleiate se pot executa din pachete de scânduri (dulapi) sau din scânduri (dulapi) şi produse noi pe baza de lemn (placaj de construcție etc.), având forma secțiunii transversale dreptunghiulară I, dublu T şi tip cutie (figura 2).

Cu grinzile încleiate se pot acoperi în condiții avantajoase din punct de vedere tehnico-economic deschideri de 5 – 20 (25) m. Grinzile încleiate se pot utiliza ca grinzi principale şi elemente secundare de acoperiş (pane, căpriori etc.), fie ca tălpi superioare ale fermelor inginereşti şi arcelor cu trei articulații etc.

În comparație cu variantele clasice de grinzi, grinzile încleiate se caracterizează în general printr-o rigiditate superioară şi o comportare în timp sub acțiunea încărcărilor asemănătoare secțiunilor pline (monolite).

Tipul constructiv şi forma secțiunii transversale a grinzilor încleiate se alege în funcție de tehnologia adoptată, ținând seama de destinația, rolul şi funcția îndeplinită, deschiderea şi mărimea încărcării.

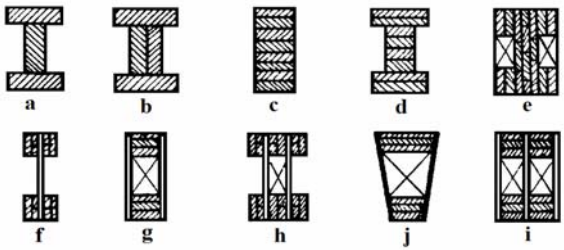

Fig. 2 Tipuri de secțiuni caracteristice pentru grinzile încleiate

2.2. Grinzi încleiate cu inima din scânduri pe muchie

Această categorie de grinzi încleiate se pot realiza, din punct de vedere constructiv de două tipuri principale şi anume: cu inima simplă sau dublă, având forma secțiunii transversale dublu T cu tălpile egale(figura 3 a, b).

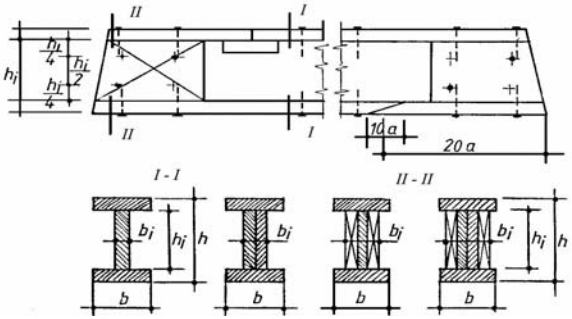

Fig. 3 Grinzi încleiate de formă dublu T, cu inima din scânduri pe muchie

Grinzile încleiate cu inimă plină din scânduri pe muchie se pot realiza ca grinzi continue (panele de acoperiş), sau ca grinzi cu o singură deschidere cu destinații diferite. În general grinzile cu inimă plină din scânduri pe muchie sunt eficiente pentru deschideri de la 3 la 5 m. Calculul grinzilor încleiate cu inimă din scânduri pe muchie constă în verificarea tensiunilor (eforturilor unitare) normale şi a rostului încleiat dintre inimă şi tălpile la forfecare (lunecare).

Verificarea grinzilor la starea limită de rezistență se face la încovoiere respectând condiția:

$$M \le M_{cap} \text{ sau } \frac{M}{W_n k_w k_f m_T} \le R_i^c \qquad (1)$$

unde: M – momentul încovoietor la secțiunea cea mai solicitată; W_n – modulul de rezistență net din secțiunea de calcul; K_w – coeficientul de corecție care ține seama de raportul dintre înălțimea şi lățimea secțiunii h/b; K_f – coeficientul de corecție care ține cont de forma secțiunii transversale; m_T – coeficient care ține cont de modul de tratare al lemnului; R_i^c – rezistența de calcul la încovoiere

Verificarea rostului încleiat la forfecare între talpa şi inima secțiunii se face în secțiunea cu forța tăietoare maximă, ținând seama de eventualele porțiuni neîncleiate, cu relația:

$$\frac{Q \cdot S}{I \cdot b \cdot k_r} \leq R_f^c \qquad (2)$$

unde: Q – forța tăietoare maximă, în daN; *S* – momentul static al secțiunii care lunecă în raport cu axa neutră, în cm^3; I – momentul de inerție brut al întregii secțiuni în cm^4; b – lățimea rostului încleiat (grosimea inimii), în cm; k_r – coeficient de corecție subunitar care ține seama de eventualele porțiuni neîncleiate, R_f^c – rezistența de calcul la forfecare.

2.3. Grinzi din lemn lamelat încleiat

Dintre tipurile constructive folosite în mod curent se numără grinzile drepte, cu moment de inerție constant sau variabil şi grinzile curbe (figura 4).

Grinzile drepte cu moment de inerție constant se pot realiza cu secțiune transversală dreptunghiulară sau I, iar cele cu moment de inerție variabil numai cu secțiune transversală dreptunghiulară(figura 4, a).

Cele mai eficiente din punct de vedere tehnico-economic şi constructiv sunt grinzile curbe cu moment de inerție variabil (figura 4, c). Prin intermediul grinzilor încleiate se pot acoperi în condiții avantajoase deschideri de la 10 la 15 (18) m.

În cazul în care pentru realizarea structurii portante a acoperişului se utilizează grinzi drepte, este indicat să se adopte sisteme constructive din grinzi cu console şi articulații. Cu asemenea sisteme se pot acoperi deschideri relativi mari în condiții deosebit de avantajoase din punct de vedere tehnico-economic.

Grinzile curbe (figura 4, c) cu moment de inerție variabil, datorită avantajelor pe care le prezintă din punct de vedre constructiv şi economic, se aplică pe scară tot mai largă atât în practica construcțiilor civile cât şi la construcțiile industriale şi agricole.

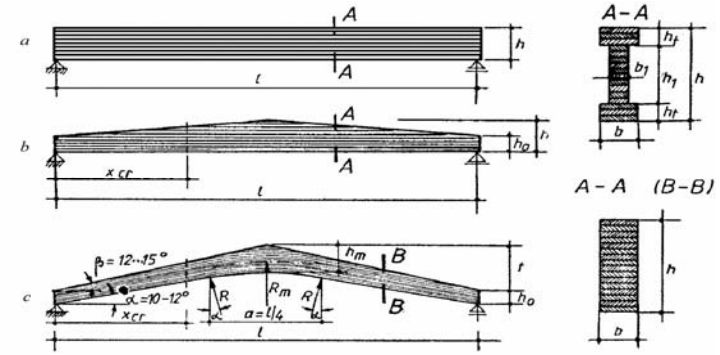

Fig. 4 Date constructive pentru principalele tipuri de grinzi încleiate din pachete de scânduri aşezate pe lat

În cazul utilizării grinzilor curbe este indicat ca talpa inferioară din zona centrală, pe o porțiune $a = l/4$, să se execute sub forma unui arc de cerc cu raza $R = a/2\sin\alpha$.

În cazul deschiderilor şi încărcărilor mai mari este avantajos ca în locul grinzilor încleiate cu secțiune dreptunghiulară sau I, realizate din pachete de scânduri dispuse pe lat, să se utilizeze grinzile încleiate având forma secțiunii transversale I sau T, cu inimi din scânduri încrucişate (figura 5). În general, grinzile încleiate cu inima din scânduri încrucişate se remarcă printr-o rigiditate mare, motiv pentru care sunt indicate pentru acoperirea deschiderilor mari l = 25…40 m.

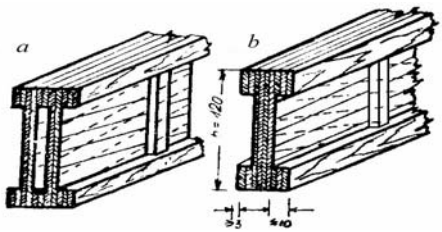

Fig. 5 Tipuri de grinzi încleiate cu inima din două, trei sau mai multe rânduri de scânduri încrucişate

Calculul grinzilor din pachete de scânduri încleiate se face în acelaşi mod ca şi în cazul grinzilor cu secțiune monolită, cu deosebirea că în acest caz se introduc coeficienții de corecție care țin seama de forma secțiunii transversale şi de dimensiunile absolute ale secțiunii. Valorile coeficienților de corecție se determină în funcție de înălțimea h

şi lățimea *b* a secțiunii transversale, iar in cazul grinzilor cu secțiunea *I* în funcție de raportul dintre grosimea inimii b_1 şi lățimea tălpii.

În cazul grinzilor încleiate cu secțiune I sau dublu T, din condiția de rigiditate se impune ca raportul dintre înălțimea secțiunii h şi deschiderea grinzii sa se stabilească în funcție de raportul dintre grosimea inimii b_1 şi lățimea tălpii b.

În cazul grinzilor cu moment de inerție variabil, trebuie să se țină seama că secțiunea critică în care apar tensiuni (eforturile unitare) normale maxime nu coincide cu secțiunea în care momentul încovoietor atinge valoarea maximă.

Verificare rostului încleiat la forfecare se face ținând seama de eventualele porțiuni neîncleiate, prin corectarea rezistenței de calcul cu un coeficient de rost $k_r = 0,5$.

Verificarea rigidității (săgeții) grinzilor cu moment de inerție constant se face în modul cunoscut, iar la grinzi cu moment de inerție variabil (cu una sau doua pante etc.), prin determinarea săgeții echivalente, cu relația:

$$f = \frac{f_m}{k} \tag{3}$$

în care: f_m este săgeata calculată ca pentru o grindă cu secțiune constantă, egală cu secțiunea grinzii de la mijlocul deschiderii; k – coeficient care tine cont de variația secțiunii.

2.4. Grinzi încleiate din lemn asociat cu produse noi din lemn

Datorită avantajelor pe care le prezintă din punct de vedere tehnico-economic, au căpătat o utilitate tot mai largă în construcții. Avantajul principal al acestor grinzi constă în reducerea substanțială a greutății proprii şi în posibilitatea înlocuirii materialelor de construcții deficitare (lemn) cu produse noi pe bază de lemn (placaj şi PFL dur).

Grinzi încleiate din lemn asociat cu produse noi din lemn se pot realiza cu momentul de inerție constant, sau cu moment de inerție variabil (figura 6).

După formă grinzile încleiate cu inimă plină din placaj pot fi cu tălpi paralele, cu o pantă, cu două pante. Grinzile cu tălpi paralele se utilizează fie ca pene, fie ca tălpi superioare a fermelor. Grinzile cu o pantă sau cu două pante se utilizează ca grinzi principale de acoperiş cu deschideri de 9 – 12 (15) m. Cele mai răspândite sunt grinzile cu două pante de tip cutie.

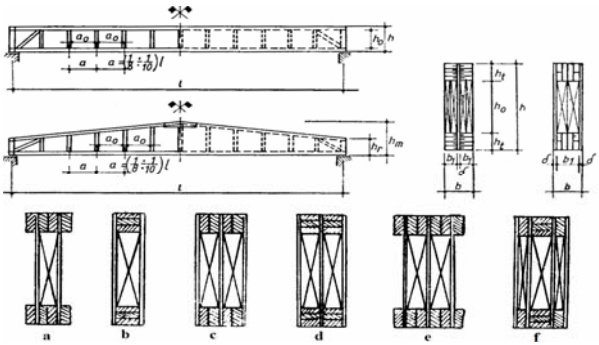

Fig. 6 Principalele tipuri de grinzi încleiate din lemn cu inima din placaj de construcție (cu moment de inerție constant şi variabil) şi secțiunile caracteristice

La alcătuirea grinzilor cu inima subțire din placaj de construcție, trebuie avut în vedere că în afara stabilității şi rigidității generale a grinzii, se impune să se asigure între nervurile de rigidizare şi stabilitatea inimii subțiri din placaj. Grosimea inimii δ sau valoarea raportului dintre înălțimea grinzii h şi grosimea inimii trebuie astfel determinate încât pericolul de pierdere a stabilității inimii subțiri să fie înlăturat

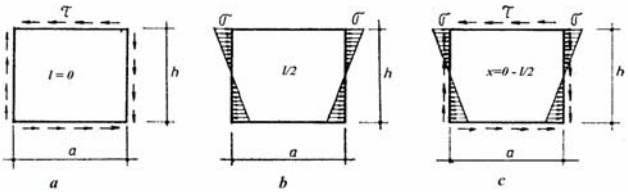

Fig. 7 Stările de tensiuni (eforturi) specifice grinzilor cu inimă subțire

În vederea asigurării unei proiectări raționale, pentru calculul stabilității elastice a inimii subțiri s-au luat în considerate următoarele stări de eforturi specifice supuse la încovoiere (figura 7):

a) În apropierea reazemelor - efortul de lunecare este factorul hotărâtor, iar porțiunea de inimă cuprinsă între două rigidizări transversale se poate considera ca o placă dreptunghiulară supusă la acțiunea tensiunilor tangențiale τ, uniform repartizate (figura 7, a);

b) La mijlocul deschiderii - lunecarea poate fi neglijată în comparație cu solicitarea la încovoiere, iar porțiunea din inima cuprinsă între doua rigidizări verticale se poate considera că este solicitată la încovoiere simplă (figura 7, *b).*

c) Porțiunile intermediare supuse unei stări complexe de tensiuni tangențiale şi normale (figura *7, c).*

3. Concluzii

■ Elementele structurale prezentate în această lucrare datorită multiplelor avantaje pe care le prezintă din punct de vedere tehnic, economic cât şi ecologic, reprezintă o soluție pentru înlocuirea cu succes a metodelor tradiționale de construcție.

■ Grinzile încleiate sunt cunoscute de foarte mult timp dar, datorită multiplelor avantaje pe care le prezintă, se dovedesc în continuare o soluție cât se poate de actuală pentru constructorul prezentului cât şi a viitorului.

Notă: Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "Studii doctorale în ştiințe inginereşti în scopul dezvoltării societății bazate pe cunoaştere - SIDOC", contract: POSDRU/88/1.5/S/60078, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013", în baza de date creată pentru Proiectul SIDOC**.**

BIBLIOGRAFIE

[1] Marusciac, D., *Construcții moderne din lemn,* Editura tehnică, Bucureşti, 1997.
[2] Marusciac, D., *Experimentări privind comportarea mecanică şi elastică a grinzilor din lemn încleiat,* În: Buletinul ştiințific al Institutului Politehnic Cluj - Napoca, 1969.
[3] Marusciac, D., *Cercetări privind comportarea mecanică şi elastică a grinzilor din lemn lamelat încleiat la încărcări statice de lungă durată,* În: Buletinul ştiințific al Institutului Politehnic Cluj - Napoca, 1971.
[4] Marusciac, D., *Cercetări privind comportarea grinzilor din lemn lamelat încleiat la încărcări statice repetate,* În: Buletinul ştiințific al Institutului Politehnic Cluj - Napoca, 1972.

Drd.Ing. Dorin MAIER
Prof.Dr.Ing. Dumitru MARUSCIAC
Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail: dorin_mayer@yahoo.com, dumitru.marusciac@cif.utcluj.ro
telefon: 0721336212, 0724222900