

ANALIZA COMPARATIVĂ A PERFORMANȚELOR A DOUĂ SISTEME STRUCTURALE REALIZATE DIN LEMN

COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO WOOD STRUCTURAL SYSTEM PERFORMANCES

DORINA ISOPESCU*, IULIAN ASTANEI

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași, Bd. Dimitrie Mangeron nr. 43, 700050 Iași, România

Articolul prezintă o analiză comparativă privind evaluarea a două sisteme constructive pentru structuri de rezistență realizate cu elemente din lemn. Analiza este realizată pe un modul structural utilizat frecvent la executarea construcțiilor, parter cu pod, cu funcțiunea de locuință temporară.

Analiza structurală cu elemente finite evidențiază stările de tensiuni, deformări și deplasări pentru elementele portante caracteristice, subliniind avantajele și dezavantajele utilizării pentru fiecare sistem.

În ultima parte sunt formulate concluziile pe baza rezultatelor obținute, perspective și recomandări pentru dezvoltări ulterioare.

The article presents a comparative analysis on the evaluation of two building systems for strength structures made with timber. The analysis is performed on a structural module commonly used for execution of construction, ground floor and attic, with temporary housing function.

Structural finite element analysis evaluates tensions, deformations and displacements for the characteristic structural elements, highlighting the advantages and disadvantages of using each building system.

In the last part are drawn conclusions based on results, outlooks and recommendations for further developments.

Keywords: wood, conventional structure, framing structure

1. Introducere

Lemnul și piatra au fost materialele de construcții folosite de om încă din cele mai vechi timpuri. Apariția oțelului, a cimentului și mai târziu a materialelor compozite, au determinat o diminuare a utilizării în construcții a acestor două materiale. Lemnul însă, cu toate fluctuațiile privind utilizarea lui în construcții, pozitive sau negative, a rămas unul din cele mai atractive materiale de construcții. Spre deosebire de concurenții săi, cum ar fi piatra, cărămidă, oțelul și materialele compozite, care sunt toate derivate din resurse epuizabile, lemnul prezintă o particularitate care este unică printre materialele de construcții: este un material biologic care poate fi obținut prin cultură, oriunde și oricând [1 - 4].

Pentru orice construcție, structura de rezistență reprezintă un set de elemente asamblate astfel încât să asigure stabilitatea și durabilitatea acesteia. Proiectarea structurii de rezistență a unei clădiri este un proces complex și soluția aleasă trebuie să îndeplinească un set de cerințe de bază și anume:

- ingineresci - siguranță satisfăcătoare în ceea ce privește rezistență și stabilitate;
- arhitecturale - structura trebuie să asigure funcțiuni și să prezinte calități estetice;
- privind protecția mediului - folosirea materialelor locale și mai puțin a celor energofage, consumuri și pierderi energetice minime.

1. Introduction

Wood and stone have been the construction materials used by man since ancient times. The emergence of steel, cement and later the composite materials have led to a decrease in construction use of these two materials. Wood, however, remains one of the most attractive construction materials, despite all the fluctuations on its use in construction, positive or negative. Unlike its competitors, such as stone, brick, steel and composite materials, which are all derived from exhaustible resources, wood has a feature that is unique among construction materials: it is a biological material that can be obtained as a crop, anywhere and anytime, [1 - 4].

For any building, the strength structure represents a set of elements assembled to ensure its stability and sustainability. The design of a building strength structure is a complex process and the chosen solution must fulfill a set of basic requirements, namely:

- engineering – satisfying safety in terms of strength and stability;
- architecture – the structure must ensure the functionality and provide aesthetic qualities;
- environmental protection – use of local materials and a less usage of energy-intensive consumption and minimum energy loss.

The importance of knowing the strength properties of the material as well as the configu-

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel. +4 0722 374 034 , e-mail:dorina_isopescu@yahoo.co.uk

Cunoașterea proprietăților de rezistență ale materialului, precum și ipotezele și modul de aplicare a încărcărilor sunt esențiale pentru proiectare. Lemnul, fiind un material biologic, are structură cu caracteristici fizico-mecanice variabile. Variabilitatea proprietăților mecanice ale lemnului ca material poate fi considerată un dezavantaj. Această variabilitate poate fi însă un avantaj prin faptul că utilizatorul va găsi întotdeauna un produs adecvat unui anumit scop.

Produsele din lemn prezintă proprietăți mecanice dependente de direcția fibrelor, de existența defectelor naturale din perioada biologică de formare, de acțiunea factorilor din mediul înconjurător (umiditate și temperatură), precum și o sensibilitate la acțiunea factorilor biologici (insecte, ciuperci etc.).

Fiecare structură ia naștere din speranțele și visele viitorilor ocupanți aduse la realitate de limitările bugetului și cerințele sănătății. Astăzi, construirea structurilor din lemn la cele mai înalte standarde necesită o mai bună înțelegere a teoriei și multă practică combinată cu puțină creativitate și flexibilitate. Produsele noi de construcții din lemn și din compozite pe bază de lemn, precum și metodele noi de construire au determinat înlocuirea sistemelor structurale tradiționale cu sisteme structurale din cadre ușoare, schimbând, astfel, perspectiva asupra caselor din lemn.

Structurile de rezistență din cadre din lemn alcătuite din stâlpi și grinzi, (figura 1), sunt realizate prin tehnologii tradiționale, în final rezultând un cadru rigid spațial care asigură structura portantă a clădirilor. Cu un număr relativ redus de elemente structurale din lemn, dar care prezintă în secțiune transversală dimensiuni mari, această tehnologie de execuție poate crea structuri portante puternice, care pot fi completate pentru închideri și compartimentări, fie prin umplerea cu diverse materiale a golurilor create de cadrele din lemn, sau prin învelirea completă a cadrelor cu o varietate de alte materiale sub formă de panouri.

Structura de rezistență din cadre ușoare din lemn, cunoscută în literatura de specialitate ca structura „framing”, (figura 2), are mai multe în comun cu proiectarea și realizarea mobilierului din lemn decât cu procedurile de construcții convenționale. Structura „framing” este o soluție tehnică de structură care presupune realizarea unui sistem portant spațial realizat din cadre transversale sub forma unor grinzi Vierendeel formate din stâlpi/montanți, grinzi și căpriori, de care se atașează celelalte elemente de completare a sistemului portant. În esență, structurile „framing” creează un „schelet” pentru clădire care se completează cu materiale termoizolante și fonoabsorbante, precum și cu plăci pentru realizarea învelitorii și a compartimentărilor interioare.

Alegerea lemnului în locul altor materiale este adesea bazată pe formă și aspect, dar eco-

ration of applied loads are determinant for design. Wood is a biological material which has variable physical and mechanical characteristics. Variability in the mechanical properties of wood as a material can be considered a disadvantage. This variability may however be an advantage in that the user will always find a suitable product for a particular purpose.

The wood products have mechanical properties which are dependent on the grain direction, the existence of natural defects from the growth period, the action of the environmental factors (humidity and temperature) and have, also, a sensitivity to the action of biological factors (insects, fungi, etc.)

Each frame arises from the hopes and dreams of the future occupants brought down to earth by budget limitations and site requirements. Today to build wood structures to the highest standards requires a broad understanding of theory and good practice and all combined with some creativity and flexibility. New construction wood and wood-based composites products, as well as the new construction techniques have determined the replacement of the conventional structural systems with light framing systems, changing in such way the perspective on the wooden houses.

Conventional wood frame strength structures made of pillars (posts) and beams, (Figure 1), are built using ancient methods, and, in the end, the result is a rigid spatial frame which provides the strength structure of the building. With a relatively small number of heavy-duty wood elements, but which have large cross-sections; this technology can create strong load-bearing structures, which can then be completed for closures and partitions by either filling the gaps between the wooden structural members, or completely wrapping the frames with a variety of other materials in the form of blocks or panels.

Wood light framing strength structure, known in the technical literature as “framing” structure, (Figure 2), has more in common with designing and making wooden furniture than it has with conventional building procedures. Framing structure is a building technique which involves a spatial strength structure made of bearing cross-frameworks as Vierendeel trusses made of studs, joists, and rafters, and between these frameworks are attaching the bracings elements on perpendicular direction. Basically, “framing” structures creates a “skeleton” for the building which is completed with thermo-insulating and sound absorption materials, as well as, with cover panels to make the roof and the walls.

The selection of wood over other materials is often made on the basis of aesthetics, but economy, durability, and ease of maintenance also play important roles in determining the choice. Designer must carefully specify wood materials for

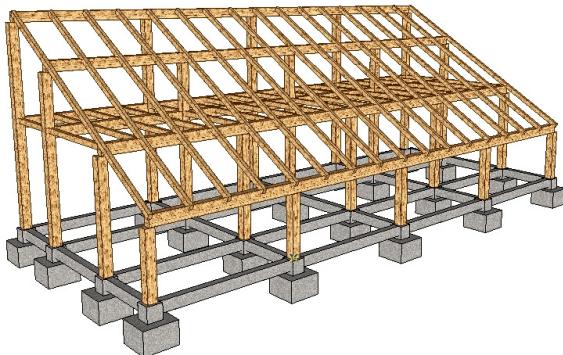


Fig. 1 - Structură pe cadre tradiționale din lemn realizată din stâlpi, grinzi și căpriori/Conventional wood frame strength structures made of pillars, beams and rafters

nomia de energie înglobată în material, durabilitatea și ușurința întreținerii joacă de asemenea un rol important în evaluare și decizie. Proiectantul trebuie să aleagă cu grijă produsele din lemn destinate construirii, iar aceasta înseamnă a se asigura că lemnul specificat este disponibil, că produsele respectă cerințele de conformitate în scopul satisfacerii exigențelor utilizatorilor, și că structura în ansamblu ei asigură realizarea și menținerea, pe întreaga durată de existență a construcțiilor, a cerințelor esențiale.

În continuare se va prezenta o analiză privind capacitatea portantă pentru elementele principale ale celor două tipuri de structuri de rezistență întâlnite frecvent la construcțiile din lemn, pentru a evidenția avantajele și dezavantajele utilizării acestora.

Studiul se va realiza pentru o structură parter și pod, cu destinația de casă de vacanță.

2. Structura de rezistență pe cadre tradiționale din lemn

În dispunerea cadrelor tradiționale se va urmări modularea deschiderilor pentru a crea o oarecare simetrie în plan și elevație. Structura are, în direcție longitudinală, patru deschideri cu lungimea $L = 4,20\text{m}$ fiecare, iar în direcție transversală, trei deschideri cu următoarele lungimi: $L_1 = 2,10\text{m}$; $L_2 = 3,00\text{m}$ și $L_3 = 2,10\text{m}$.

În varianta de structură pe cadre tradiționale se vor amplasa stâlpi din lemn masiv cu secțiune pătrată la intersecțiile axelor, pe care se vor rezema celelalte elemente structurale (figura 3). Pentru construcția cadrelor este necesar un volum de $14,5\text{ m}^3$ de elemente din lemn.

Din predimensionare, stâlpii au rezultat cu secțiunea $(b \times h)$ de $(250\text{mm} \times 250\text{mm})$, grinziile principale și panele au secțiunea de $(200\text{mm} \times 300\text{mm})$, iar grinziile secundare și căpriorii au secțiunea de $(100\text{mm} \times 150\text{ mm})$.

Materialul a fost definit ca fiind ortotrop (proprietăți diferite după fiecare axă/direcție principală). Având în vedere că pentru lemn,

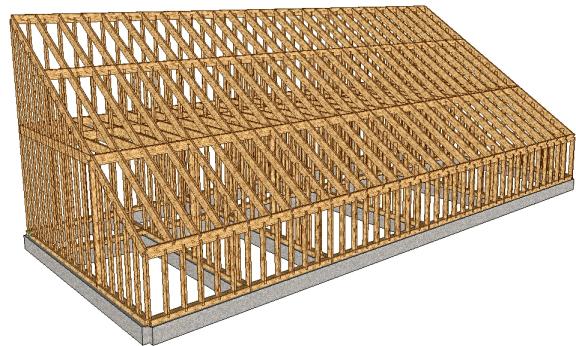


Fig. 2 – Structură pe cadre ușoare realizată din montanți, rgle și căpriori/Wood light framing strength structure made of studs, joists and rafters

the construction and this means to insure that the specified timber is available, that the material respects the quality compliance requirements to meet user requirements and that the whole structure can assure the achievement and the maintenance, throughout the construction life, of the essential requirements.

In the next chapters there shall be presented an analysis on the bearing capacity for the main structural elements of the two types of strength structures commonly encountered, to highlight the advantage and disadvantage of their usage.

The study will be made for a ground floor and attic structure, serving as holiday home.

2. Conventional wood frame strength structures

In the conventional wood frames disposal, the spans should be modulated to create certain symmetry in plan and elevation. The structure has, in the longitudinal direction, four spans with the length $L = 4,20\text{m}$ each, and in the transverse direction, three openings with the following lengths: $L_1 = 2,10\text{m}$; $L_2 = 3,00\text{m}$ and $L_3 = 2,10\text{m}$.

In the conventional wood frame structure case, at the axes intersections, will be placed wooden pillars with square section, on which will lean on the other structural elements, Figure 3. It is necessary a volume of $14,50\text{m}^3$ of wood elements to build the strength structure.

From the pre-design phase, the pillars cross-section, $(b \times h)$, will be $(250\text{mm} \times 250\text{mm})$, the main beams and the purlins have $(200\text{mm} \times 300\text{mm})$ cross-section, and the secondary beams and rafters have $(100\text{mm} \times 150)\text{mm}$ cross-section.

The material was defined as orthotropic (different properties on each axis/main direction). Due to the wood similar properties in the tangential and radial directions, there will be defined, related to grain direction, only two main directions:

- longitudinal direction, with $\alpha=0^\circ$
- transverse direction, with $\alpha=90^\circ$

raportat la direcția tangențială și la cea radială proprietățile sunt asemănătoare, se vor defini doar 2 direcții principale:

- direcția longitudinală, cu $\alpha=0^\circ$
- direcția transversală, cu $\alpha=90^\circ$

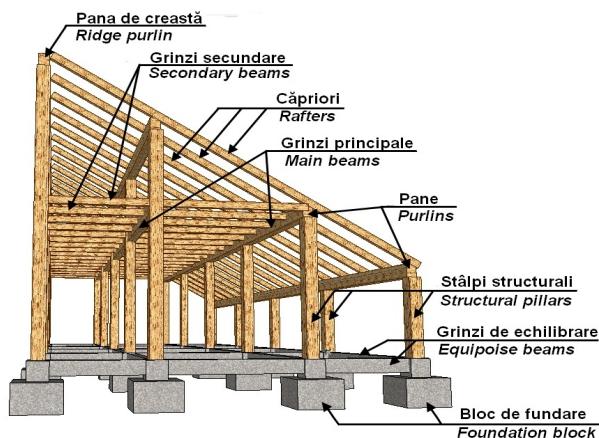


Fig. 3 - Elementele de rezistență ale structurii tradiționale
Conventional wood frame strength structure's elements.

Pentru ambele structuri se va folosi clasa de rezistență a lemnului C24, cu caracteristicile evaluate conform standardului de proiectare SR EN 1995-1-1:2004/A1:2008. Îmbinările între elementele structurale se realizează prin chertare folosind și tije metalice (sau din lemn) pentru preluarea eforturilor de forfecare din nod sau prin utilizarea sistemelor metalice de fixare la poziție și rigidizare prin plăcuțe multi-cui. Varianta de îmbinare prin rezemare și fixare cu agrafe sau scoabe este mai puțin uzitată, proiectanții apelând la ea doar în cazuri rare (de exemplu pentru crearea unei simple rezemări sau articulații în nod).

Apariția unor eforturi reduse în elementele care se îmbină impune ca nodurile, în general, să fie considerate în proiectare ca fiind rigide. În acest sens pentru realizarea îmbinărilor rigide, la structurile din lemn se folosesc piese și sisteme metalice care împiedică deplasările și/sau rotirile.

Datorită caracterului higroscopic al lemnului, continuitatea elementelor în nodurile structurii nu se poate considera ideală; umflările și contractările (longitudinale și transversale), care apar datorită variației umidității din mediul înconjurător vor slăbi în timp orice tip de îmbinare utilizat, permitând apariția unor ușoare rosturi în zona de nod. Pentru valori reduse ale eforturilor în câmp, îmbinările clasice ale elementelor din lemn sunt proiectate pentru a fi rigide. În realitate ele nu pot fi considerate astfel, așa că pentru a simula cât mai bine comportarea reală, rigiditatea capetelor de bară s-a redus la jumătate.

Structura se consideră încastrată la nivelul cotei ± 0.00 , datorită stâlpilor ancoreți în fundațiile pahar prefabricate (sistemul de fundații izolate prefabricate fiind cel mai corespunzător sistem de fundare pentru o astfel de structură).

For both structures will be used C24 strength class timber with the characteristics evaluated according to SR EN 1995-1-1:2004/A1:2008 standard. Joints between structural elements are achieved by wood carving and using metal rods (or wooden rods) for taking the shear efforts from the node or by using metal fixing systems for fastening into place and reinforcing by using pre-punched metal plates or hangers. Overlap jointing and fastening using clasps or staples is a less commonly used method, designers turning to it only in rare cases (as for creating a simple support or a hinge joint to the node).

The occurrence of low values of the efforts in the field, generally requires that the nodes are regarded as rigid in design. In order to achieve these stiff joints, metallic parts and systems are used for the wooden structures to prevent displacements and/or rotations.

Due to the hygroscopicity of wood, the element's continuity in the structure nodes can not be considered ideal, swelling and shrinkage (on the longitudinal and transverse direction), which can occur due to moisture variation in the environment, in time will weak any type of joints used, allowing the emergence of light gaps in the node area. For low values of the efforts in the field, the classical elements of wood joints are designed to be rigid. In reality they can not be regarded this way, so that, for a better simulation of the real behavior, the end of the bars rigidity is halved.

The structure is considered embedded at the level ± 0.00 , due to the pillars anchored into the prefabricated slab foundations (the isolated precast foundation system being the most appropriate foundation system for such a structure).

For this construction system, a significant rotation (to consider a node as a hinge) would be hindered by the other elements of the node and, therefore, in the modeling process, even at the level of the embedded base, the rigidities at the ends of the elements (at the entry in the node) will be halved.

To take into account the eccentricities effect, in the static calculation will be taken into account the eccentricities of positioning the underpinning element relative to the bearing support: rafters on purlins, main beam on the column's head, eccentricities of positioning on the main beam of the secondary beam, with the remark that the back side of the secondary beam must be in the same plane with the main beam back side.

As a result of the vibration analysis, it appears that the structure is a flexible one, feature highlighted by the fundamental period of vibration of 0.342s, value close to that of a concrete frame with the same level of height.

La acest sistem constructiv, o rotire semnificativă (pentru a considera nodul articulat) este împiedicată de celelalte elemente din nod și în consecință, în procesul de modelare, chiar și la nivelul încastrării bazei, se vor reduce rigiditățile elementelor la extremități (la intrarea în nod) la jumătate din valoarea efectivă.

Pentru a lua în considerare efectul excentricităților, în calculul static se vor lua în considerare și excentricitățile de poziționare a elementelor portante în raport cu cele de rezem: căpriorii pe pane, grinda principală pe capul stâlpului, precum și excentricitățile de poziționare a grinzelor secundare pe cele principale, cu observația că extradosul grinzelor secundare trebuie să fie în același plan cu extradosul grinzelor principale.

În urma analizei modurilor proprii de vibrații, se observă că structura este una flexibilă, caracteristică evidentiată de valoarea perioadei fundamentale de vibrație de 0,342s, valoare apropiată de cea a unui cadru din beton cu același regim de înălțime.

3. Structura de rezistență pe cadre ușoare din lemn de tip framing

După cum este sugerat și în denumire, "cadrele ușoare" sunt structuri de rezistență, alcătuite din panouri portante cu o greutate suficient de redusă încât doi oameni să le poată manevra cu ușurință în timpul execuției și montajului.

Structura mai este denumită și „structură pe cadre dese”, deoarece stâlpii poziționați la distanțe de câțiva metri la cadrele din lemn tradiționale devin montanți poziționați la distanța de 45 cm, dar cu același rol principal de preluare și transmitere la fundații a încărcărilor gravitaționale. Clădirea este compartimentată cu peretii portanți din lemn, realizati din panourile prezентate în figura 4, îmbinate rigid. Orice modificare ulterioară a funcționalului poate afecta rezistența și stabilitatea ansamblului constructiv.

Panoul este alcătuit din două componente:

- *rigla*, element orizontal sau înclinat, care este talpă superioară și inferioară de cuplare a montanților și buiandrug de susținere a gurilor de uși și ferestre. În cadrul structurii ea are rol de „legare” a panourilor la extremități și de asemenea rol de grindă sau pană acolo unde nu există perete de susținere la intrados;

- *montantul*, element vertical solicitat axial, preia doar încărcări gravitaționale, iar împreună cu celelalte elemente ale panoului participă la preluarea încărcărilor orizontale (figura 4).

Montanții, tălpile și buiandrugii vor avea în secțiune transversală dimensiuni ($b \times h$) de (50mm x 150mm), iar grinzelile dimensiuni de (50mm x 240mm). La intersecția axelor structurale, stâlpii cu

3. Wood light framing strength structure

As suggested by the name, "light frames", are strength structures, made up of bearing panels with a mass low enough that two people can handle them easily during construction and installation.

The structure is also called "thick frame structure" because the pillars positioned at distances of several meters from the traditional frameworks become studs spaced 45 cm, but with the same main role to take over the gravitational loads. The building is compartmented with bearing wooden walls, made at their turn from the panels referred in Figure 4, joined together rigidly. Any subsequent changes to functionality can affect the strength and stability of the whole construction. Panel is made up of two components:

- *the thick plank*, as a horizontal or tilted element, that in the panel's composition is the top and bottom plate coupling the timber studs and lintel of the doors and windows span. Within the structure it serves for "binding" together the panels ends and also it acts as a joist or purlin where there is no wall to soffit;

- *the stud*, as vertical element loaded with axial force, takes over only gravity loads, and with the others elements of the panel is participating in taking horizontal loads (Figure 4).

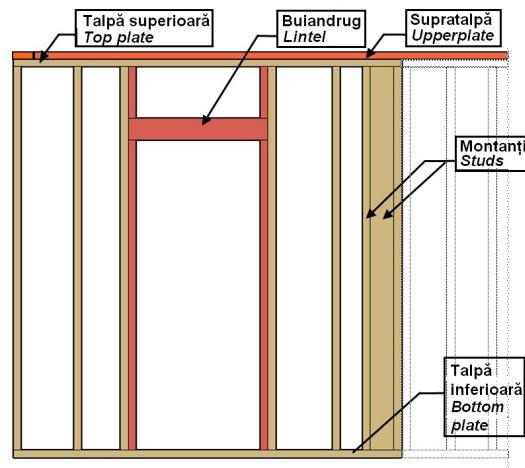


Fig. 4 – Schema constructivă a panoului de perete(element de rezistență a structurii framing/Wall panel's constructive scheme (framing structure strength element)).

The studs, the bottom and top plates, and the lintels will have the cross-section dimensions ($b \times h$) of (50 x 150)mm, and the beams sizes of (50 x 240)mm, to fulfill the rigidity condition. At the intersection of the structural axes, the pillars with rectangular section from the conventional strength structure are apparently replaced with composed-section studs, as shown in Figure 5.

Joints between the small dimensions elements (at least one side less than 100mm) can be considered continuous in the static calculation because node efforts are much lower than those

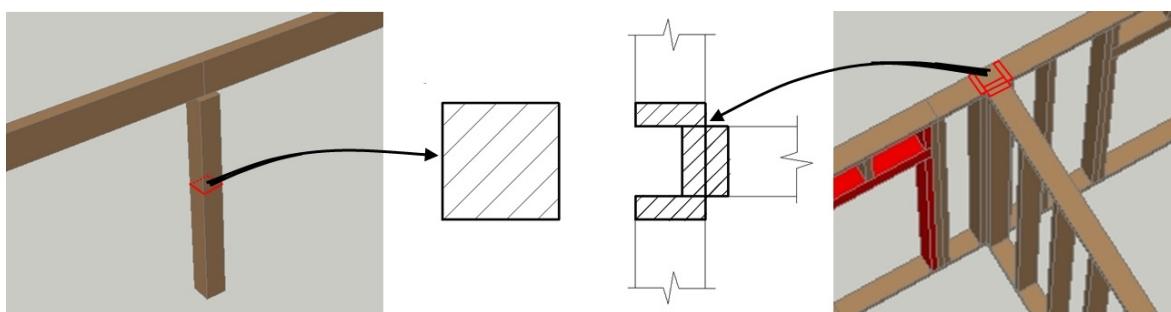


Fig. 5 – Secțiune transversală efectivă a stâlpului și a montantului pentru determinarea efortului sectional în cazul celor două structuri studiate/The effective cross-section of the pillar and the stud for determining the sectional efforts of the two studied structures.

secțiune rectangulară de la structura tradițională sunt înlocuiți aparent de stâlpi cu o secțiune compusă, așa cum este prezentată în figura 5.

Îmbinările dintre elementele din lemn cu dimensiuni mici (cel puțin o latură mai mică de 100mm), pot fi considerate continue în calculul static, deoarece eforturile din nod sunt mult mai mici decât în cazul nodurilor cadrelor tradiționale, iar elementele de tip tijă utilizate au arii suficient de mari (comparativ cu secțiunea) pentru a preveni strivirea locală.

În plan vertical elementul care conferă structurii rezistență și rigiditate este *panoul*, iar în plan orizontal, *planșeul*. Grinzile principale de planșeu din structura tradițională, sunt înlocuite de rgle mai zvelte (rezemate pe panourile de pereti), pe care vor rezema grinzile secundare (prin intermediul unor piese metalice). Cadrul orizontal al planșeului va fi rigidizat în totalitate cu plăci rigide stratificate alcătuite din aşchii de lemn orientate – OSB (ca și panourile de pereti), având aceeași comportare la acțiuni.

Suprastructura se încastrează în fundații cu ancore metalice.

Considerând reale aceste ipoteze, în modelarea cu elemente finite s-a considerat că structura este alcătuită din elemente liniare cu lungimea de 0,5m încastrate la ambele capete, încărcate conform schemelor de încărcare predefinite.

Conform P 100/1-2006 structura se încadrează la categoria "structură din panouri din lemn cu fețe îmbinate cu cuie pe scheletul din lemn". Perioada de vibrație cu efectul de contravântuire este de aproximativ 0,105s, funcție de caracteristicile placajului. Utilizarea contravântuirilor are ca efect reducerea perioadei de vibrație de la 0,842s (structură fără contravânturi) la aproximativ 0,105s (structură cu contravânturi).

Volumul de lemn necesar pentru ridicarea scheletului clădirii îl depășeste pe cel pentru cadrele tradiționale, ajungând la 22 m³ de lemn de răšinoase.

4. Analiza rezultatelor

Pentru simularea pe calculator a ambelor

efforts in conventional structure nodes, and the elements like utilized rods of any types have sufficient cross-sectional area (in comparison with the building element cross-section) to prevent the local crushing.

In the vertical plane, the element that gives the structure's strength and rigidity is the panel and in the horizontal plane, the deck. The main floor beams from the traditional structure are replaced by more slender thick planks (leaning on wall panels), on which will lean the side beams (by using metal fasteners). The entire horizontal framework will be fully reinforced with oriented strand board – OSB (as the wall panels), having the same behavior to actions.

The superstructure is locked into the foundations with metal anchors.

Considering this premises as being real, in the finite element modeling was considered that the structure consists of linear elements with a length of 0.5m embedded at both ends, loaded according to load predefined schemes.

According to P 100/1-2006 the structure is coming under category "wooden panels structure nail joined sides on the wooden frame." The vibration period considering the bracing effect is around 0.105s (usually higher) depending on the panel characteristics. The bracing effect is the reducing of the vibration period from 0,842s (structure without bracings) to 0.105s (structure with bracings).

The volume required for constructing the building's skeleton exceeds the volume of the conventional frameworks, reaching the value of 22 m³ of softwood.

4. Analysis of design results

For computer simulation of both types of structures it was used the modeling and structural analysis program based on finite elements, with the commercial code AXYS VM10 version 3g*. The finite element calculation model of the structures was created with presented material and cross section characteristics. The local and general system coordinate axes are presented in Figure 6.

Structural analyses have led to obtain the

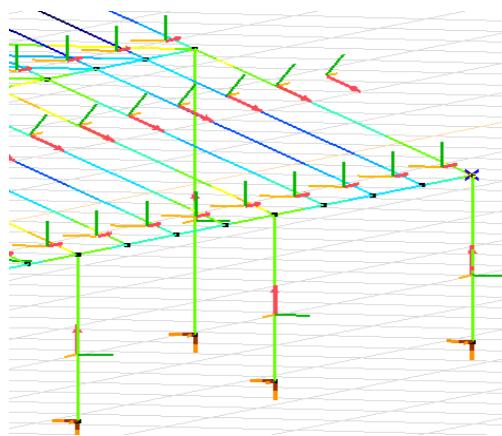


Fig. 6 – Cordonatele locale: x-roșu, y-galben, z-verde/The local coordinates: x-red, y-yellow, z-green

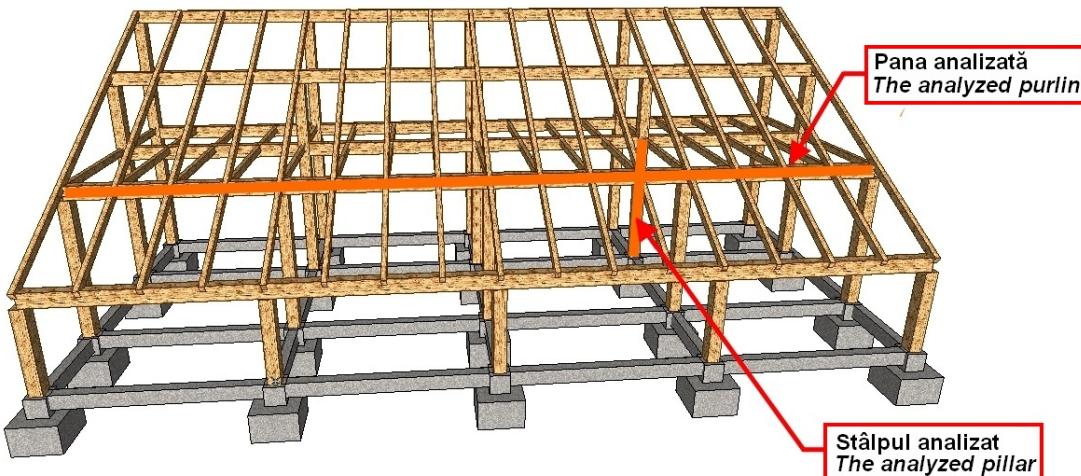
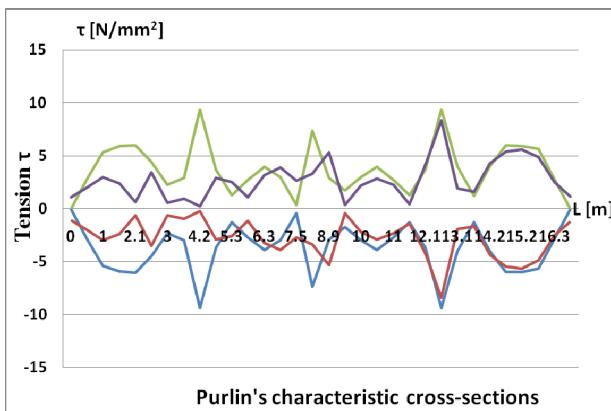


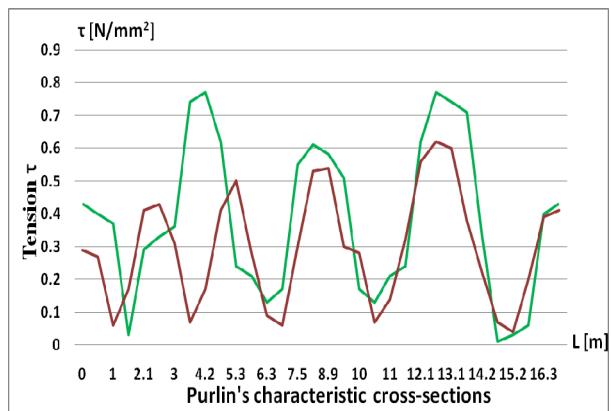
Fig. 7 – Elementele de comparație din cele două structuri/The strength structures elements to be compared



a) variația tensiunii σ / the variation of σ tension

Fig. 8 – Variația tensiunilor σ and τ de-a lungul axei longitudinale a panei.
The variation of σ and τ tension on the purlin's longitudinal axis.

tipuri de structuri s-a utilizat programul de modelare și analiză structurală utilizând elemente finite, cu denumirea comercială AXYST VM10 ediția 3g**. Modelul de calcul cu elemente finite al structurilor a fost creat cu materialele și secțiunile transversale prezentate. Sistemele de axe de coordonate locale și generale sunt prezentate în figura 6.



b) variația tensiunii τ / the variation of τ tension

following output results of the elements and nodes: maximum/minimum values for tensions related to local coordinates, values for the displacements and deflections. In the Figures 8 - 11 are presented the following variation diagrams along the element's length: the tensions and displacements or deflections, as appropriate, for the two bearing elements from the analyzed struc-

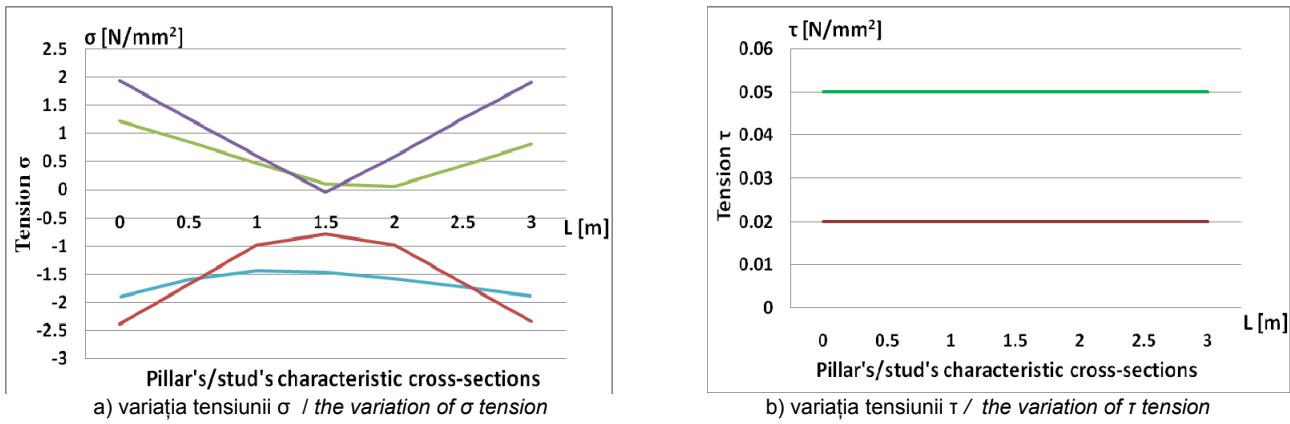
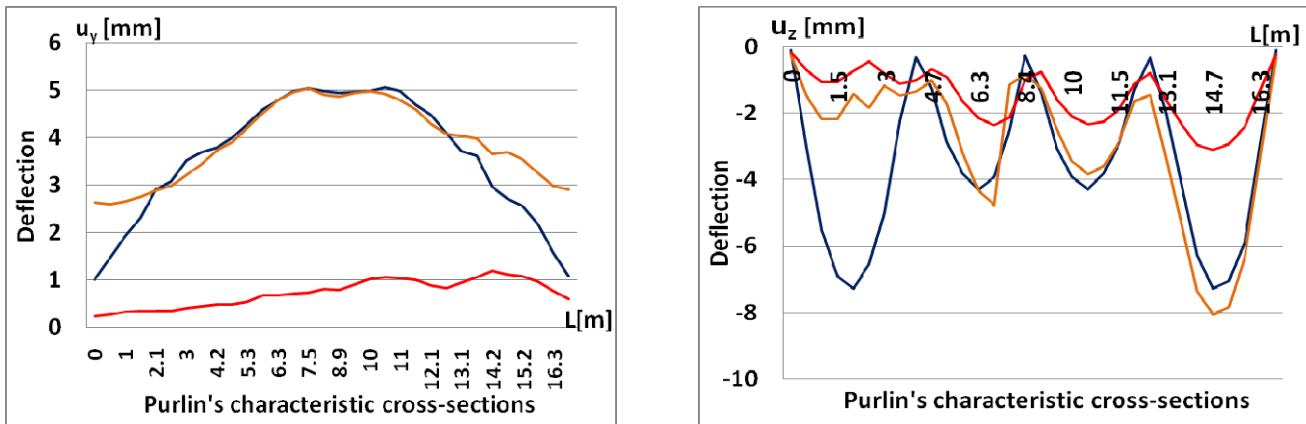
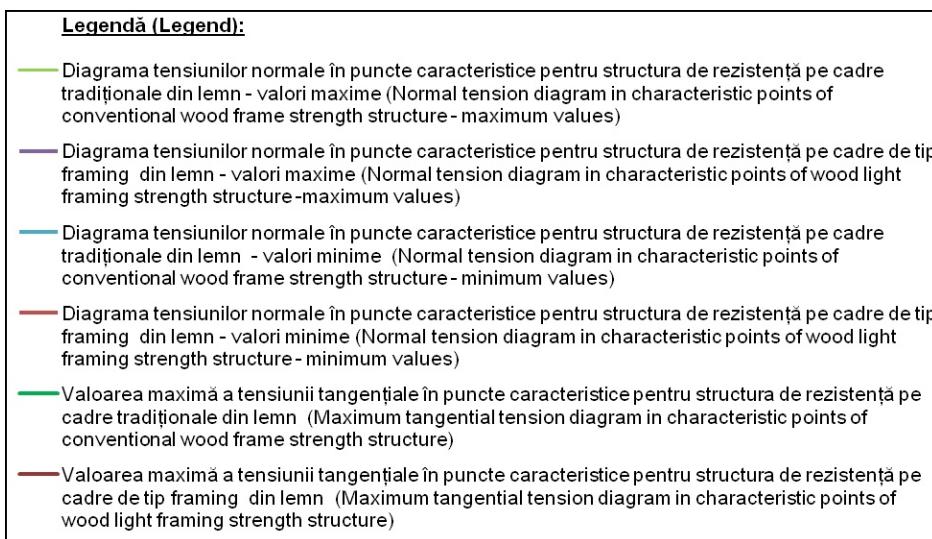


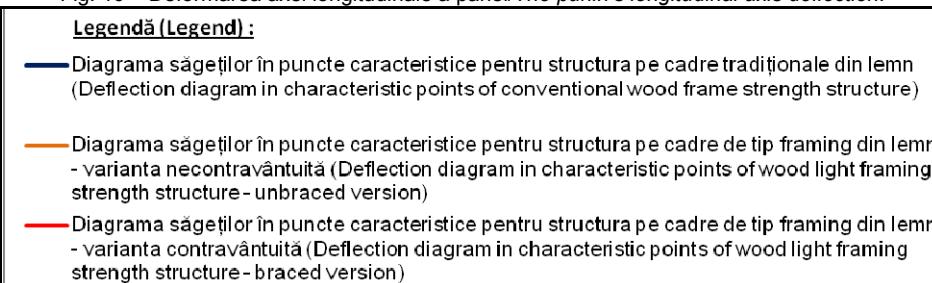
Fig. 9 – Variația tensiunilor σ și τ de-a lungul axei longitudinale a stâlpului/montantului/The variation of σ and τ tension on the pillar's/stud's longitudinal axis



a) deformare orizontală (pe direcția OY)
horizontal deflection (on OY direction)

b) deformare gravitațională
gravitational deflection

Fig. 10 – Deformarea axei longitudinale a paneli/The purlin's longitudinal axis deflection.



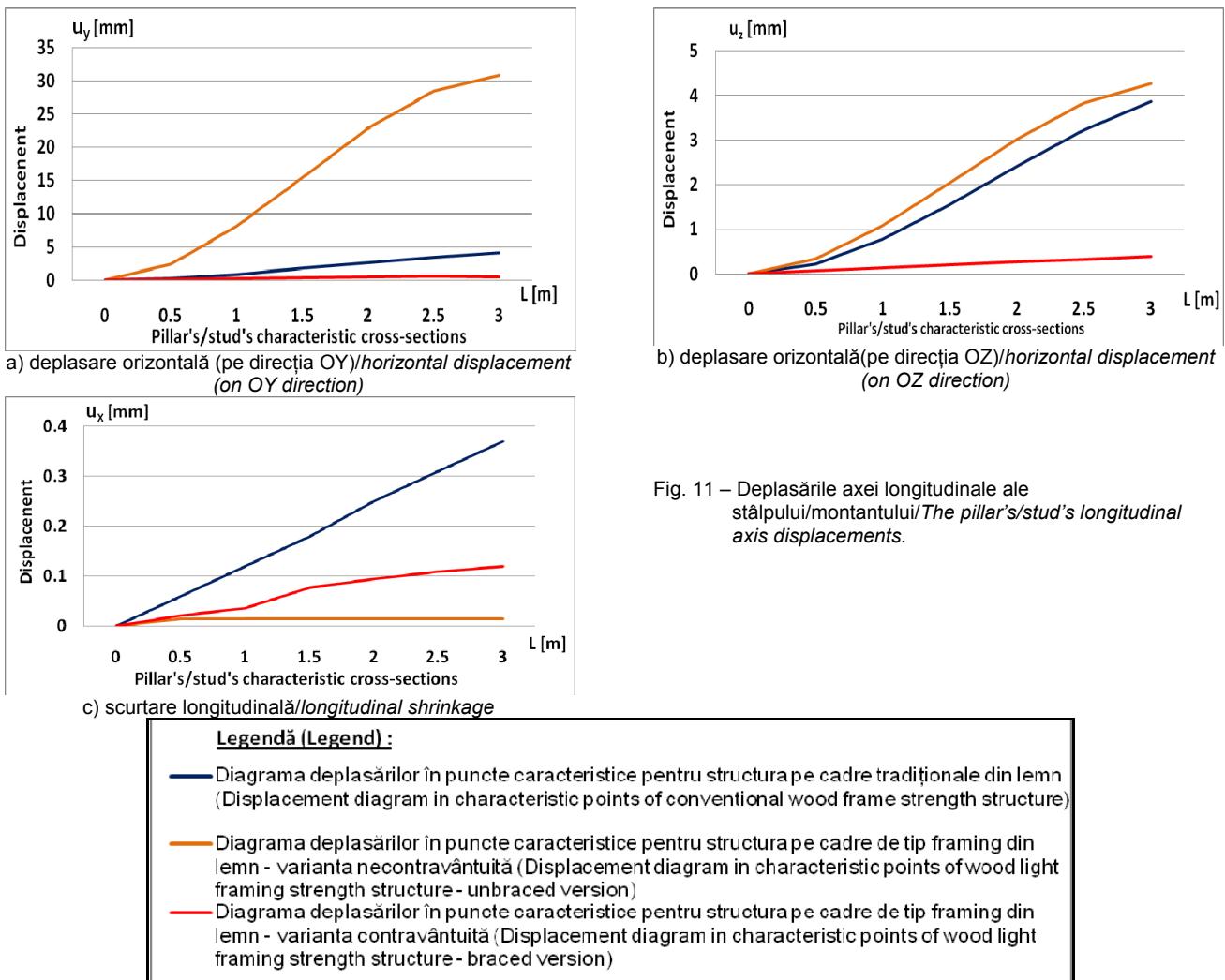


Fig. 11 – Deplasările axei longitudinale ale stâlpului/montantului/The pillar's/stud's longitudinal axis displacements.

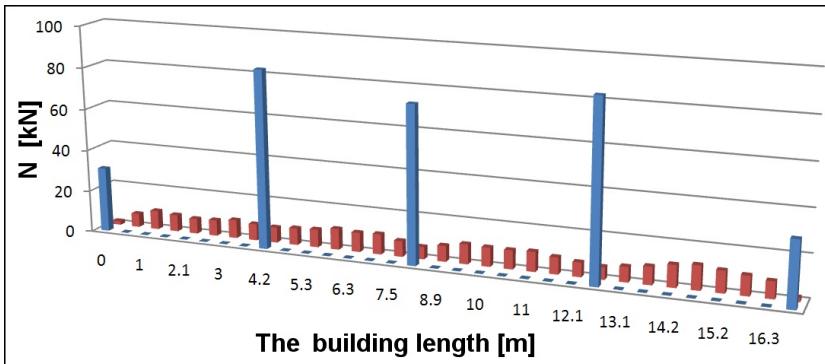
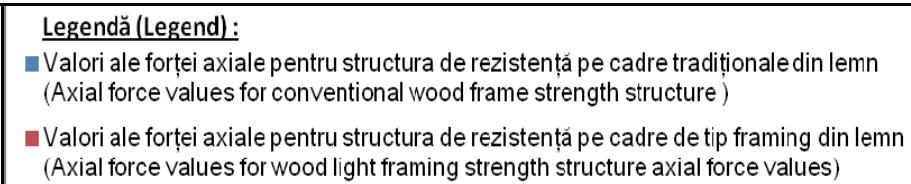


Fig. 12 – Valoarea forței axiale pentru elementele verticale ale structurii/The axial force value for the structures vertical elements.



Analizele structurale au condus la obținerea următoarelor rezultate pentru elemente și noduri: valori ale tensiunilor maxime/minime în coordonate locale, valori ale deplasărilor și săgeților.

În figurile 8 - 11 sunt prezentate diagramele de variație pe lungimea elementului ale tensiunilor și deplasărilor sau săgeților, după caz, pentru două

tures, the purlin and the pillar/corresponding stud shown in figure 7. In figure 12 there are presented the values of gravitational forces transmitted to the foundations by the pillars/corresponding studs.

5. Conclusions

- The framing structure, compared to the

elemente portante din structurile de rezistență din lemn analizate, pana și stâlpul precizate în figura 7. În figura 12 sunt prezentate valorile forțelor axiale la baza elementelor verticale din structura de rezistență.

5. Concluzii

- Structura de rezistență de tip „framing”, comparativ cu structura de rezistență convențională, este o structură spațială cu elemente portante și/sau reazeme suplimentare. Sub acțiunea încărcărilor, prezența acestor elemente și reazeme modifică în sens favorabil eforturile, și implicit stările de tensiuni, care apar în elementele determinante pentru capacitatea portantă a structurii în ansamblul ei, cu performanțe satisfăcătoare pentru asigurarea cerințelor esențiale de rezistență și stabilitate.

➤ Tensiunile care apar în elementul orizontal, tip pană, analizat, figurile 8-a și 8-b, din ipotezele de încărcări considerate, prezintă, comparativ, variații reduse privind valorile în secțiunile caracteristice. Pe prima parte a graficului, figura 8-a, pentru structura „framing”, valorile tensiunilor normale sunt înjumătățite datorită efectului de rezemare suplimentară produs de un perete despărțitor care, după modul de realizare, produce efecte diferite în cazul celor două structuri: la structura convențională se consideră că peretele este unul neportant, în timp ce la structura framing același perete realizat prin tehnologia specifică acestui sistem capătă rol de perete portant. Aceeași observație este valabilă și pentru tensiunile tangențiale, figura 8-b.

➤ În cazul elementului vertical, tip stâlp, figurile 9-a și 9-b, se observă că starea de eforturi care se dezvoltă din acțiunea încărcărilor este de compresiune excentrică pentru ambele structuri de rezistență. Diferențele care apar în valorile tensiunilor sunt generate de prezența sistemului de contravânturi, precum și de valorile caracteristicilor geometrice ale secțiunii transversale ale stâlpilor: tensiunile normale sunt mai mici la stâlpii structurii de rezistență convenționale datorită ariei secțiunii transversale mai mari, în timp ce valoarea tensiunii tangențiale este redusă cu până la 50% în cazul structurii de rezistență de tip „framing” datorită sistemului de contravânturi orizontale din planul peretilor.

- Stabilitatea construcției este mai bună în cazul construcțiilor din lemn cu structura de rezistență de tip „framing” datorită panourilor de închidere la pereti care au rol de contravânturi. În acest sens se observă:

➤ Figura 10-a reprezintă înfășurătoarea săgeților în planul orizontal al panei

conventional strength structure is a spatial structure with bearing elements and / or additional supports. Under the action of loads, the presence of these elements and supports change in a better way the efforts, and therefore the tension states, which appear in the determined elements for the bearing capacity of the structure as a whole, with the essential requirements to ensure satisfactory performance of strength and stability.

- The tensions that arise in the horizontal element, the analyzed purlin, figure 8-a and 8-b, in the considered load hypotheses, have comparatively smaller variations of values in characteristic sections. On the first part of the graph, Figure 8-a, for the „framing” structure, normal stress values are halved due to additional bearing position effect produced by a partition wall that, after the manner of construction, produces different effects for the two structures: for the conventional structure is considered that the wall is a non-load bearing one, while the same wall in the framing structure, achieved through role-specific technology for this system, gets a bearing role. The same observation is also valid for the tangential stresses, figure 8-b.
- In the case of the vertical element, the analyzed pillar, figures 9-a and 9-b, it can be seen that the efforts state that develop from the loads action is the eccentric compression for both strength structures. The appearing differences in stress values are generated by the presence of the bracing system, as well as from the geometrical characteristics values for the pillars cross - section: normal stress values are smaller for the conventional structure pillars due to a larger cross-sectional area, while the tangential tension value is reduced up to 50% in the framing strength structure due the walls horizontal bracing system.

- The construction stability is better for the wood construction with framing type strength structure due to the walls closing panels that act as bracings. In these meaning, it can be noticed:

➤ Figure 10-a represents the envelope of deflections in the horizontal plane of the analyzed purlin, determined by the loads grouped together for the exploitation limit states (including earthquake). The deflection value does not start from zero because they are combined with the displacements of the entire structure. For the framing structure, sets of deflection envelopes were made, for two cases: one is the structure without the covering panels, and the other is the braced version (with the covering panels). From the chart in figure 10, it can be noticed that deflection values in the horizontal plane are significantly reduced by the structural cladding.

- determinate de încărcările grupate pentru stări limită în exploatare (inclusiv seismul).
- Valorile săgeților nu pleacă din zero deoarece sunt cumulate cu deplasările întregii structuri. Pentru structura pe cadre dese („framing”) s-au realizat înfășurători ale săgeților pentru două situații: în varianta de structură liberă fără panourile din care se realizează învelitoarea pereților și în varianta contravântuită (cu panourile de placare). Din graficul din figura 10-a se observă că valorile săgeților în planul orizontal sunt considerabil reduse de placarea structurală.
 - Înfășurătoarea săgeților pe direcție gravitațională a panei, evidențiază de asemenea aportul pe care îl au panourile de placare ale pereților în cazul structurii de rezistență de tip „framing” (figura 10-b). Valorile săgeților din prima porțiune a graficului sunt reduse în cazul structurii „framing” datorită prezenței peretului de compartimentare portant.
 - În cazul stâlpilor, în prima variantă a modelului de calcul (cu montanții necontravântuiți) pe direcția „slabă” a montantului (axa oy în coordonate locale), în cazul structurii de rezistență de tip „framing” se produce o deplasare de 10 ori mai mare decât deplasarea pe aceeași direcție a stâlpului de la structura de rezistență convențională (figura 11-a). În cazul deplasărilor pe direcția (oy) a structurii „framing” cu montanții contravântuiți de panourile pereților nu se observă diferențe semnificative între valorile acestor deplasări și deplasările stâlpilor din structura de rezistență convențională, deplasările laterale ale montanților devin foarte mici, valorile fiind apropiate de zero. Deplasările pe direcția (oz), în sistemul de coordonate local prezintă aceleași aspecte ca și la deplasările pe direcția (oy).
 - Datorită diferenței de forță axială cu care sunt încărcați stâlpii din cazul structurii convenționale cu a montanților în cazul structurii „framing”, se pot observa diferențe între valorile comprimării în sens longitudinal ale elementului vertical (figura 11-c).
 - Din punct de vedere al acțiunii seismice, cadrele dese au o comportare unitară, toată structura fiind angrenată în preluarea acțiunii orizontale. La polul opus, cadrele tradiționale având elementele mai distanțate și îmbinările dintre ele semirigide, rolul de preluare a sarcinii orizontale se transferă pe element.
 - Consumul de material lemnos crește cu aproximativ 20%-25% în cazul structurii de rezistență de tip „framing” datorită numărului crescut de elemente, care nu este compensat volumetric de valorile reduse ale caracteristicilor geometrice în secțiune transversală. Consumul

- Deflection envelope for the gravitational direction also highlights the wall covering panels' contribution to the framing strength structure, figure 10-b. Values from the first part of the graph are reduced in the framing structure due to the presence of the bearing wall.
- For the studs, in the first version of the calculation model (with un-braced studs by wall panels) on the stud's weak direction (the oy axis in the local coordinates system), in the case of framing strength structure, a displacement occurs, 10 times bigger than the displacement on the same direction for the conventional frame structure's pillar, figure 11-a. For the case with the studs braced with the wall panels there can not be noticed significant differences between the values of the displacements for both structures and lateral displacement values become very small, values aiming to zero. Displacements on the (oz) direction, in the local coordinate system present the same aspects as the displacements on the direction (oy).
- The different values of axial forces which load the pillars for the conventional structure and the framing structure's studs produce differences between the longitudinal compression values for the element, figure 11-c.
- In terms of seismic action, thick framings have a consistent behavior, all elements of the structure being engaged in taking the horizontal action. In contrast, at the conventional frames with more spaced elements and semi-rigid joints, the horizontal load-taking role is transferred to the element.
- The wood material consumption increases around 20%-50% more for the framing strength structure due to the number of elements, which is not volumetric compensated by the lower values of cross-sectional geometric characteristics. Consumption of wood material can be compensated in the total cost of the building since the partition walls are already made.
- Fire resistance is higher in traditional structures exposed to fire due to a smaller exposed to fire surface compared to the framing structure. The problem can be solved through constructive measures and specific details: fireproofing, coating, etc.
- The conventional wood structures offers the freedom to modify the position of the partition walls without affecting the strength or stability of the structure.
- The framing system has a better behavior to seismic load and a better distribution of efforts (Figure 12), to the foundation soil.

de material lemnos se poate compensa în costul total al clădirii având în vedere că pereții despărțitori sunt deja realizați.

- Rezistența la foc este mai mare la structurile tradiționale având o suprafață expusă la foc mai mică comparativ cu structura de tip „framing”. Problema acțiunii focului se poate rezolva prin măsuri și detalii constructive specifice: ignifugare, placare etc.
- Cadrele din lemn tradiționale oferă libertatea recompartimentării spațiului interior fără a afecta rezistența sau stabilitatea structurii.
- Sistemul framing prezintă o mai bună comportare la sarcina seismică și o distribuție mai eficientă a eforturilor (figura 12), către terenul de fundare.

*** Autorii își mulțumeesc firmei Consoft România pentru sprijinul acordat în punerea la dispoziție a programului de modelare și analiză structurală utilizând elemente finite, cu denumirea comercială AXYS VM10.*

*** The autors would like to thank the Consoft Romania company for their support in providing the modeling and structural analysis using finite elements program with comercial code AXYS VM10*

REFERENCES

1. D. Isopescu, Timber Structures, Ed. „GH.ASACHI” Iași, 2002
2. xxx, Details for Conventional Wood Frame Construction, American Forest and Paper Association, Washington, 2001
3. xxx, Axis VM User's Guide
4. xxx, SR EN 1995-1-1: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for building.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS

7th International Scientific Conference WOOD & FIRE SAFETY

May 13 – 16, 2012
The Patria Hotel, Štrbské Pleso, Slovakia

The traditional conference of fire-fighting experts, with the predominant interest in wood and wood-based materials.

The main conference aim is to bring new knowledge into this multidisciplinary branch.

Scientific topics

- burning of materials, combustion tests, certification, fire modeling
- wood structures and properties (changes at burning)
- stages of wood burning (ignition, flaming, burning, charring, toxicity)
- fire retardant of wood and wood based materials
- fire safety in wooden buildings
- experience with liquidation (extinguishing fires in wooden buildings)
- forest fires

Contact: <http://www.wfs2012.sk/en/>

University of Žilina
Faculty of Special Engineering
Department of Fire Engineering
Ul. 1.maja 32
01026 Žilina
Slovakia
tel. 041 5136750
fax: 041 5136620
e-mail: michaela.colonova@fsi.uniza.sk