

CALCULUL DE REZISTENȚĂ ȘI RIGIDITATE AL CUPOLELOR SFERICE REALIZATE DIN BARE

Drd. ing. Ciprian Petrică DIACONU¹, Ing. Gheorghe Corneliu MORARU²,
Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. Ioan CURTU¹

¹Universitatea „Transilvania” – Brașov

²SC East SRL – Brașov

REZUMAT. În lucrare este parcurs calculul structural pentru o nouă structură sferică realizată din bare, principial asemănătoare cu cupolele sferice. Calculul presupune respectarea prevederilor cuprinse în Stasurile și Normativele în vigoare. Analiza structurii cu MEF evidențiază acțiunea semnificativă doar a eforturilor axiale din bare, deformațiilor și tensiunilor rezultate în urma solicitării structurii de către factorii externi. Pentru o comportare corespunzătoare, structura se optimizează prin rigidizarea cu fire din oțel inextensibile. Acestea sunt destinate în nodurile chele și utilizate pentru a fi solicitate doar la întindere. Toate aceste prevederi sunt condiționate din motive de stabilitate a structurii prin studiul riguros al flambajului influențat de solicitările periculoase de compresiune. Structura astfel optimizată este capabilă să preia și să transmită fundațiilor încărcări exterioare mari, să reziste optim la acțiunea unui eventual seism prin ductilitatea structurii rezultată din forma geometrică a acestora și nu prin crearea de articulații plastice folosite la construcțiile convenționale.

Cuvinte cheie: cupolă sferică, dom geodezic, poligoane regulate, hexagoane regulate.

ABSTRACT: The paper covers the structural calculus for a new spherical structure made of bars, mainly resembling spherical domes. The calculus presumes respecting the provisions comprised in Stas and Normative in force. The FEM analysis of the structure emphasizes only the significant action of axial exertion from bars, deformation and stress resulted from the stress of the structure by external factors. For a proper response, the structure optimizes through stiffness with inextensible steel wires. They are intended to key joints and utilized only to be stressed for traction. All these stipulations are conditioned from motives of structure stability by a rigorous study of buckling influenced by dangerous stress compression. The structure optimized this way is capable of taking over and transmitting to the soil foundation large exterior loads, it is capable of optimally resisting to the action of a possible seism due to the ductility of the structure resulting from its geometrical form and not from the creation of plastic hinges used in conventional constructions.

Keywords: spherical dome, geodesic dome, regular polygons, regular hexagons.

1. INTRODUCERE

Construcțiile de tip structuri sferice cu bare egale formate din pentagoane și hexagoane pot fi folosite în toate domeniile de activitate. Astfel de construcții sunt extrem de convenabile în diverse activități sportive cum ar fi: stadioane de fotbal, săli de sport ș.a.; pentru construcția de hale industriale și agricole, principalul avantaj fiind posibilitatea utilizării maxime a volumului interior pentru instalarea și desfășurarea productivității utilajelor instalate pe verticală prin necondiționarea sprijinirii acoperișului prin elemente structurale de tip stâlpi sau diafragme. O altă utilitate convenabilă a acestor structuri este cea în domeniul construcțiilor civile prin multiplele avantaje dintre care amintim: cost minim de întreținere și execuție; comportament complet ecologic – prin utilizarea de materiale ecologice la conceperea structurii și prin producerea proprie de

energie; răspunsul structural optim al construcției la acțiunea factorilor externi, dar mai ales comportamentul mult superior comparativ cu structurile convenționale în cazul acțiunilor accidentale (seism, dezastru natural, explozii etc.).

2. ANALIZA CU FEM A UNEI STRUCTURI DE TIP SFERICE CU BARE EGALE FORMATĂ DIN PENTAGOANE ȘI HEXAGOANE

S-a ales pentru calculul relevant secțiunea 4 provenită din structura cu 90 de bare egale și 60 de noduri identice. Structura semisferică are următoarele caracteristici: 55 de bare egale, 40 de noduri identice, 10 hexagoane, 6 pentagoane și la bază: 5 trapeze isoscele rezultate din același număr de hexagoane (Fig. 1).

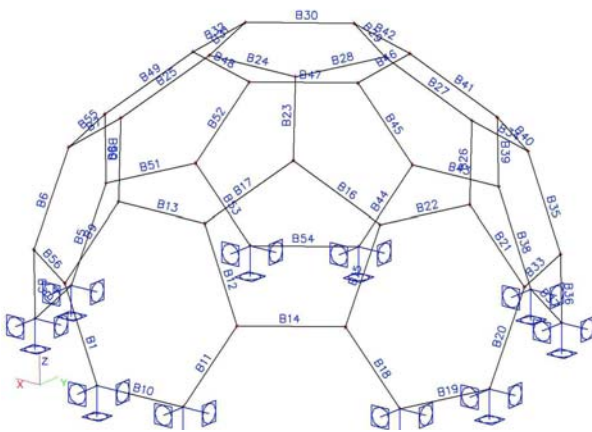


Fig. 1. Structura analizată.

Lungimea barei este de 1 metru, diametrul bazei structurii este de 4,882 metri și înălțimea de 2,752 metri.

Ca material de construcție al barelor s-a considerat lemnul de rășinoase. Structura se poate constitui și din alte materiale cum ar fi: oțelul sau betonul, dar, pentru a demonstra rentabilitatea de ordin economic s-a analizat ca material de construcție ieftin și ușor de manipulat, lemnul de rășinoase.

Pentru analizarea structurii s-a folosit programul de calcul SCIA.ESA PT. Acesta este un program de calcul al structurilor acționate de încărcări statice și/sau dinamice în concordanță cu Normativele naționale și internaționale aflate în vigoare. Modelarea elementelor se bazează pe metoda elementelor finite.

SCIA.ESA PT se referă la modulele de calcul pentru:

- calculul static liniar (incluzând caracteristici neliniare);
- calcul neliniar geometric;
- calculul modurilor proprii de vibrație;
- calcul seismic;
- analiza flambajului.

a. Încărcări

Toate încărcările ce solicită structura sunt forțe concentrate și au punctele de aplicație în noduri. Conform Normativului Românesc CR 0-2005 [3] încărcările sunt de 3 feluri: permanente, variabile și accidentale. Pentru calculul structurii vom folosi forțe concentrate cu punctul de aplicație în nodurile definite de îmbinarea a 3 bare identice ca dimensiuni. Considerăm locul de amplasare al construcției în județul Brașov.

Acțiuni permanente – se aplică în mod continuu, cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul.

Ca încărcare permanentă vom considera doar greutatea proprie a structurii din lemn, fără elemente adiționale, de închidere sau izolare.

Conform STAS 10101 / 1 – 78 „Greutăți tehnice și încărcări permanente” greutatea tehnică a lemnului de rășinoase (uscat în aer liber) 15 % umiditate este de

6000 N / m³ [4]. Greutatea unei bare este calculată în funcție de forma și mărimea secțiunii transversale aleasă pentru bare. În funcție de unghiul pe care îl formează cu proiecția orizontală, forțele concentrate din noduri sunt diferite (Fig. 2).

Pentru ca punctele de aplicație a încărcărilor permanente să fie în noduri, se efectuează următoarele modificări: transformarea forțelor uniform distribuite pe lungimea laturii în forțe concentrate ce acționează la jumătățile barelor; împărțirea forțelor concentrate ce revin fiecărei bare la 2 și considerarea că cele două forțe acționează în capetele barelor. Fiecare forță se descompune după cele două direcții X și Y.

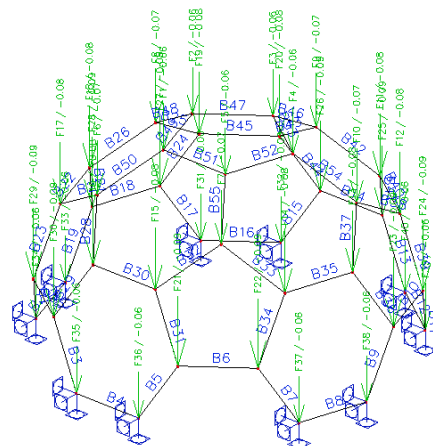


Fig. 2. Aplicarea încărcării permanente pe structură.

Acțiuni variabile – se aplică în mod intermitent, sau cu o intensitate variabilă în raport cu timpul.

Acțiuni cvasipermanente – se aplică cu intensități ridicate pe durate lungi sau în mod frecvent. În cazul de față nu se iau în considerare.

Acțiuni variabile – intensitatea variază sensibil în raport cu timpul, sau încărcările pot lipsi total pe intervale lungi de timp. Sunt reprezentate de acțiunea zăpezii și acțiunea vântului.

Acțiunea zăpezii. Calculul pentru aflarea valorii acțiunii zăpezii asupra structurii se efectuează conform CR 1-1-3 – 2005 [5].

$$S_k = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{0,k} \quad (1)$$

unde: S_k este valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe acoperiș; μ_i – coeficient de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș; C_e – coeficient de expunere al amplasamentului construcției; C_t – coeficient termic; $s_{0,k}$ – valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol [kN/m²], în amplasament.

Coeficientul de formă μ_i se determină în funcție de numărul de pante ale acoperișului, de mărimea unghiurilor acestora și de aglomerarea sau neaglomerarea zăpezii pe acoperiș. Forma structurii nu permite aglomerarea zăpezii și nu împiedică alunecarea acesteia

de pe acoperiș. Zona superioară a structurii reprezentată de pentagonul regulat poziționat orizontal este cea mai solicitată de acțiunea zăpezii, aceasta fiind împiedicată de forma geometrică să alunece.

Coeficientul de expunere C_e se alege în funcție de condițiile de expunere ale construcției (atât la momentul proiectării cât și ulterior) $C_e = 1,00$ pentru tipul de expunere parțială.

Coeficientul termic pentru acoperișuri cu termoizolație uzuală este $C_t = 1,00$.

Valoarea caracteristică a încărcării din zăpada $s_{0,k}$ se alege în funcție de zona din care face parte construcția (Fig. 3).



Fig. 3. Zonarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol, $s_{0,k}$ [kN / m²].

Pentru calculul forțelor concentrate din noduri se aplică aceleași modificări forțelor uniform distribuite ca și la calculul încărcărilor permanente, structura arătând încărcată ca în figura 4.

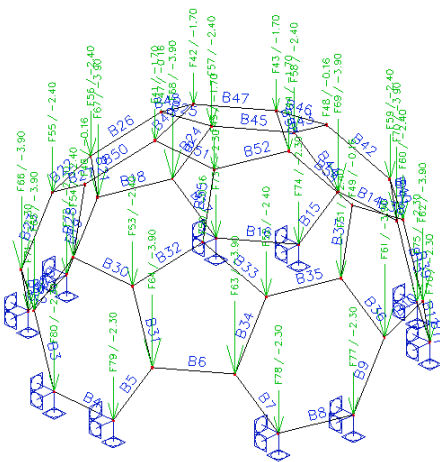


Fig. 4. Încărcarea structurii cu greutatea zăpezii.

Acțiunea vântului . Se determină conform NP – 082 – 04 [6]

Presiunea vântului la înălțimea z deasupra terenului, pe suprafețe rigide exterioare sau interioare ale structurii se determină cu relația:

$$p_{v,n} = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_p \quad (2)$$

unde: q_{ref} este presiunea de referință a vântului:

$$q_{ref} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (U_{ref})^2 \quad (3)$$

Se extrage din tabel A1, anexa A, viteza maximă anuală a vântului la 10 m (U_{ref}), mediată pe un minut, având 50 de ani interval mediu de recurență.

$c_e(z)$ este factorul de expunere la înălțimea z deasupra terenului:

$$c_e(z) = c_g(z) \cdot c_r(z) \quad (4)$$

$c_g(z)$ este factorul de rafală:

$$c_g(z) = 1 + g \cdot [2 \cdot I(z)] \quad (5)$$

unde: g este factorul de vârf; $I(z)$ – intensitatea turbulenței sau coeficient de variație a fluctuațiilor vitezei în jurul vitezei medii:

$$I(z) = \frac{\sqrt{\beta}}{2.3 \cdot \ln \frac{z}{z_0}} \quad (6)$$

unde: β se extrage tabelar în funcție de zona amplasamentului; z – înălțimea deasupra terenului; z_0 – valoarea lungimii de rugozitate;

$c_r(z)$ este factorul de rugozitate:

$$c_r(z) = [k_r(z_0)]^2 \cdot \left(\ln \frac{z}{z_0}\right)^2 \quad (7)$$

$k_r(z_0)$ – se extrage tabelar;

c_p este coeficientul aerodinamic de presiune (c_{pe} pentru suprafețe exterioare și c_{pi} pentru suprafețe interioare);

Se calculează efectul acțiunii vântului prin presiune și sucțiune până la înălțimea de 10 m. Vor rezulta încărcări uniform distribuite care se transformă în încărcări concentrate după procedeul aplicat încărcării permanente și cel al zăpezii. În figura 5 este prezentată structura încărcată cu forțe concentrate orizontale reprezentate de acțiunea vântului.

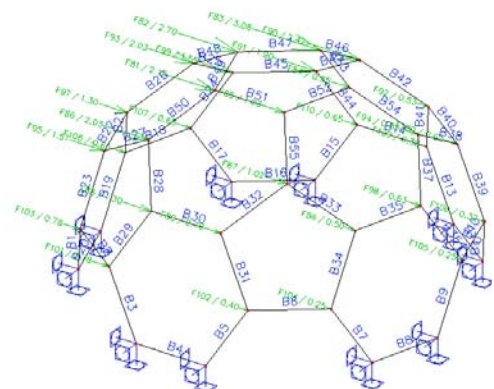


Fig. 5. Încărcarea structurii din acțiunea vântului.

Acțiunile accidentale – intervin foarte rar, cu intensități semnificative, pe durata de exploatare a unei construcții. Forțele seismice se determină conform Normativului P100/2006 [7]. Pentru proiectarea construcțiilor la acți-

unea seismică, teritoriul României este împărțit în zone de hazard seismic (Fig. 6). Nivelul de hazard seismic în fiecare zonă se consideră, simplificat, a fi constant.



Fig. 6. Zonarea teritoriului României în termeni de valori de vârf ale accelerației terenului pentru proiectare a_g pentru cutremure având intervalul mediu de recurență IMR = 100 ani.

Hazardul seismic pentru proiectare este descris de valoarea de vârf a accelerației orizontale a terenului a_g determinată pentru intervalul mediu de recurență de referință (IMR) corespunzător stării limită ultime.

Condițiile locale de teren sunt descrise prin valorile perioadei de control (colț) T_c a spectrului de răspuns pentru zona amplasamentului considerat (Fig. 7).



Fig. 7. Zonarea teritoriului României în termeni de perioada de control (colț), T_c a spectrului de răspuns.

Gruparea încărcărilor. Programul de calcul SCIA grupează efectele structurale conform CR 0 – 2005. Astfel, pentru verificarea la starea limită ultimă în cazul acțiunilor permanente și variabile se utilizează următoarea relație:

$$1,35 \times \sum_{j=1}^n G_{k,j} + 1,5 \times Q_{k,1} \times \sum_{i=2}^m 1,5 \cdot \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (8)$$

unde: $G_{k,j}$ este efectul pe structură al acțiunii permanente i , luată cu valoarea sa caracteristică; $Q_{k,i}$ – efectul pe structură al acțiunii variabile, ce are ponderea predominantă între acțiunile variabile, luată cu valoarea sa caracteristică; $Q_{k,i}$ – efectul pe structură al acțiunii variabile i , luată cu valoarea sa caracteristică; $\Psi_{2,1}$ –

factor de simultaneitate al efectelor pe structură ale acțiunilor variabile i ($i = 1, 2, \dots, m$), luată cu valorile lor caracteristice.

Relația de verificare la stări limită ultime în cazul acțiunii seismice conform CR 0 – 2005 este:

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + \gamma_1 \cdot A_{Ek} + \sum_{i=2}^m \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (9)$$

unde: $G_{k,j}$ este efectul pe structură al acțiunii permanente i , luată cu valoarea sa caracteristică; A_{Ek} – valoarea caracteristică a acțiunii seismice ce corespunde intervalului mediu de recurență (IMR adoptat de cod); $Q_{k,i}$ – efectul pe structură al acțiunii variabile i , luată cu valoarea sa caracteristică; γ_1 – coeficient de importanță a construcției, în funcție de clasa de importanță a construcției; $\Psi_{2,1}$ – coeficient pentru determinarea valorii cvasipermanente a acțiunii variabile $Q_{k,i}$; $\Psi_{2,1} = 0$ – pentru acțiuni din vânt și variații de temperatură; $\Psi_{2,1} = 0,4$ – pentru acțiuni din zăpadă și acțiuni datorate exploatarei.

Reies din calculul structural două combinații ca fiind cele mai dezavantajoase pentru structura de rezistență a construcției cu coeficienții specifici de calcul aferenți fiecărei stări ultime:

Combinăția 1 – Starea limită ultimă (SLU):

Greutate proprie + Zăpadă + Vânt;

Combinăția 2 – Starea limită ultimă în cazul acțiunii seismice:

Greutate proprie + Zăpadă + Seism x ++ Seism y.

3. REZULTATE

b. Eforturi interne

După analiza cu MEF a structurii, a reieșit că barele acestuia sunt solicitate doar la compresiune și tracțiune. Prin urmare, cel mai mare efort axial dintre cele 4 cazuri de încărcare este produs de acțiunea zăpezii cu valoarea $N = -7,77$ kN, iar efortul maxim este produs pentru Combinăția 1 cu valoarea de $N_{max} = -20,44$ kN (Fig. 8).

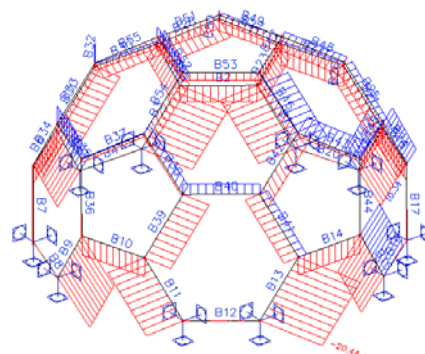


Fig. 8. Diagrama de eforturi axiale maxime.

c. Deformații

Deplasarea maximă a structurii dintre cele 4 cazuri de încărcare este produsă de acțiunea vântului pe direcția axei y cu valoarea de $u_y = 47,6$ mm. Deplasarea maximă a structurii este de 71,5 mm pe direcția axei y pentru Combinația 1 (Fig. 9).

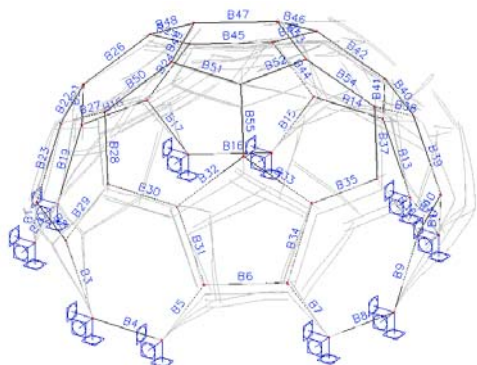


Fig. 9. Deformarea maximă a structurii.

d. Tensiuni

După analiza tensiunilor normale reiese că solicitările care provoacă cele mai mari tensiuni în bare sunt cele de compresiune. Tensiunea normală maximă dintre cele 4 cazuri de încărcare este produsă de acțiunea vântului cu valoarea de $\sigma = -38$ MPa, iar tensiunea normală maximă are valoarea de $\sigma_{\max} = -56,9$ MPa pentru Combinația 1.

4. OPTIMIZAREA STRUCTURII

Optimizarea este, în esență, o opțiune științifică și constă în elaborarea și trierea sistematică a soluțiilor posibile ale unei probleme ingineresti. Scopul final al optimizării este selectarea acelei soluții care, în limitele unui cadru de referință definit prin condițiile admise sau impuse inițial, conduce la folosirea cea mai avantajoasă a resurselor de care se dispune pentru materializarea ei. Optimizarea unei construcții de un anumit tip se poate face prin optimizarea separată a componentelor sale, a subsansamblurilor sau a părților constructive distincte, structura de rezistență fiind una dintre acestea.

Scopul principal al optimizării unei structuri – sau, altfel spus, al proiectării optimale a structurii – este determinarea formei acesteia. Determinarea tensiunilor și a deplasărilor constituie o etapă ulterioară în procesul proiectării, în care se verifică dacă forma și dimensiunile structurii satisfac exigențele scopului urmărit.

Cele mai utilizate criterii care stau la baza modelelor de calcul pentru optimizarea structurilor sunt: greutate minimă, tensiuni minime (rezistență maximă), energie

potențială de deformație minimă, rigiditate maximă, deplasări minime, rigiditate maximă pentru o greutate dată, formă de egală rezistență, cost minim etc.

Pentru o comportare mai bună a structurii, aceasta se rigidizează cu fire de oțel inextensibile articulate la capete (Fig. 10), care sunt supuse la întindere pentru o stabilitate mai bună la acțiunea compresiunii și pentru preluarea parțială a unor eforturi.

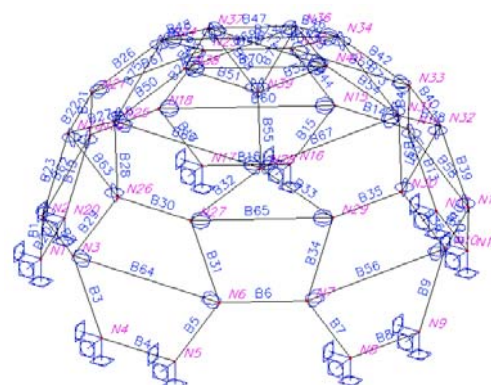


Fig. 10. Rigidizarea structurii.

e. Eforturi interne

După analiza MEF a structurii rigidizate cel mai mare efort axial pentru cele 4 cazuri de încărcare este produs de acțiunea zăpezii cu valoarea de

$N = -8,46$ kN, iar efortul axial maxim pentru cele 2 combinații cu valoarea de $N_{\max} = -23,14$ kN pentru Combinația 1 (Fig. 11).

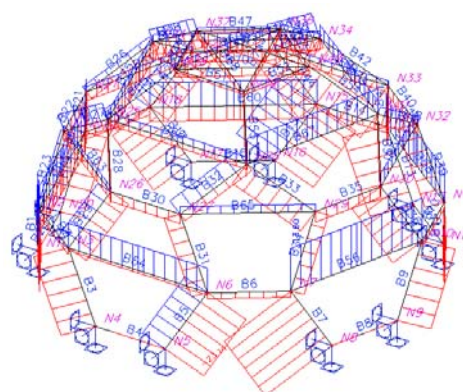


Fig. 11. Diagrama de eforturi axiale maxime a structurii optimizate.

În figura 12 sunt făcute comparații între eforturile axiale maxime pentru structura nerigidizată și cea rigidizată pentru cel mai periculos caz de încărcare (Fig. 12, a) și pentru combinația cea mai dezavantajoasă pentru structura de cazuri de încărcări (Fig. 12, b).

Din aceste comparații reiese că eforturile axiale cresc în bare o dată cu rigidizarea structurii, obiectivul rigidizărilor fiind acela de a micșora deformațiile structurii și de a prelua din tensiunile barelor.

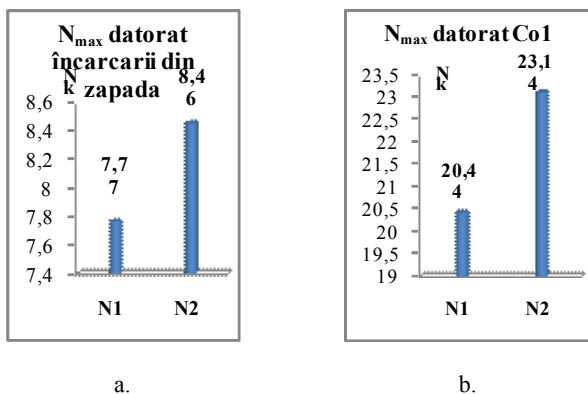


Fig. 12. Comparații între eforturile axiale maxime în cazul structurii nerigidizate, respectiv rigidizate:
 N_1 – efortul axial maxim în cazul structurii nerigidizate; N_2 – Efortul axial maxim în cazul structurii rigidizate; *a* – Efortul axial maxim datorat încărcării din zăpadă; *b* – Efortul axial maxim datorat Combinației 1 (C01 = Gr. Proprie + Zăpadă + Vânt).

f. Deformații

Deplasarea maximă a structurii rigidizate pentru cele 4 cazuri de încărcare este produsă de acțiunea vântului pe direcția axei y cu valoarea de $u_y = 6$ mm. Deplasarea maximă a structurii nerigidizată pentru cele mai dezavantajoase combinații este de 9 mm pe direcția axei y pentru Combinația 1. Observăm utilitatea rigidizărilor prin nedeformabilitatea structurii la acțiunea celui mai periculos caz de încărcare (Fig.13, *a*) și la starea limită ultimă a structurii (Fig. 13, *b*).

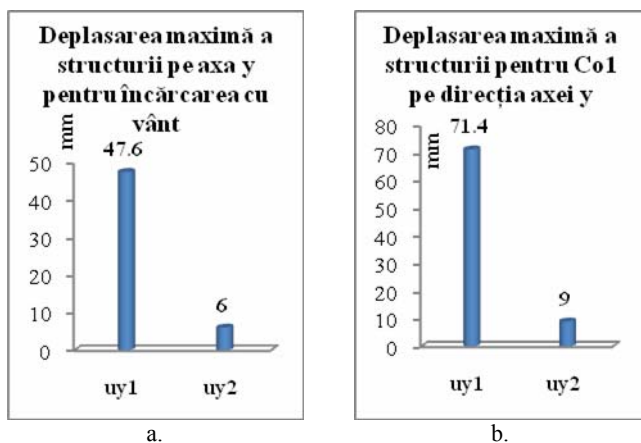


Fig. 13. Comparații între deplasările maxime ale structurii nerigidizată, respectiv rigidizată:

u_{y1} – deplasarea maximă a structurii nerigidizată pe direcția axei y ;
 u_{y2} – deplasarea maximă a structurii rigidizată pe direcția axei y ;
a – deplasarea maximă a structurii pentru încărcarea din vânt;
b – deplasarea maximă a structurii pentru Combinația 1 (C01 = Gr. Proprie + Zăpadă + Vânt).

g. Tensiuni

Tensiunea normală maximă a structurii rigidizată pentru cele 4 cazuri de încărcare este produsă de

acțiunea vântului cu valoarea de $\sigma = -10,3$ MPa, iar tensiunea normală maximă pentru cele 2 combinații $\sigma_{max} = -15,5$ MPa pentru Combinația 1. În figura 14, a se face o comparație între tensiunea normală maximă, pentru cel mai periculos caz de încărcare în cazul structurii nerigidizate și în cazul structurii rigidizate, iar în figura 14, b o comparație între cele două tipuri de structuri (nerigidizată și rigidizată) pentru tensiunea normală maximă în cazul celei mai dezavantajoase combinații de încărcări.

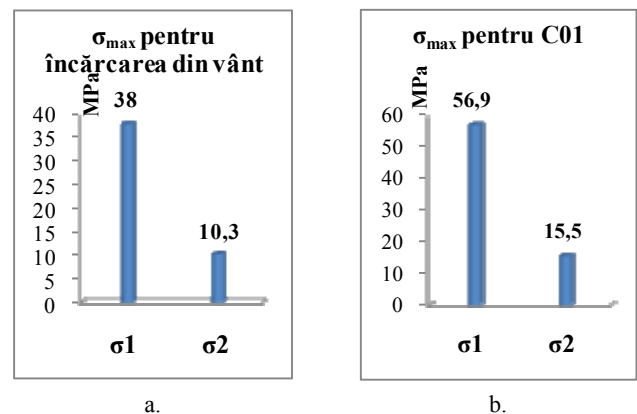


Fig. 13. Comparații între tensiunile normale maxime ale structurii nerigidizată, respectiv rigidizată:

σ_1 – tensiunea normală maximă a structurii nerigidizată; σ_2 – tensiunea normală maximă a structurii rigidizată. *a* – tensiunea normală maximă a structurii pentru încărcarea din vânt; *b* – tensiunea normală maximă a structurii pentru Combinația 1 (C01 = Gr. Proprie + Zăpadă + Vânt).

Aceste rezultate demonstrează preluarea eforturilor de compresie de către firele de oțel inextensibile și solicitarea acestora la tracțiune.

5. CONCLUZII

Structura spațială sferică cu bare egale formată din pentagoane și hexagoane, din punct de vedere structural, este una mult superioară construcțiilor clasice prin elasticitatea deosebită pe care o prezintă în raport cu terenul de fundare, această calitate având-o fără necesitatea sprijinirilor interioare.

Putem afirma că această structură este ideală pentru orice tip de activitate umană, ea putându-se chiar concepe sub formă demontabilă fiind capabilă să reziste cu succes oricărui tip de solicitare exterioară.

Prin disponibilitatea întregului spațiu interior și a fațadei integrale alcătuită doar din bare, structura lasă imaginația și creativitatea designerilor și a arhitecților să atingă noi frontiere în conceperea stilurilor moderniste.

Rigidizarea structurii este necesară pentru comportamentul adecvat cerințelor moderne de proiectare, iar

infrastructura, formată din fundațiile aferente se poate alcătui simplificat doar dintr-un planșeu peste sol în care sunt prinse barele încastrate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] DEUTSCH, Ioan (1976). *Rezistența Materialelor*, București: Editura Didactică și Pedagogică.
- [2] MORARU GHEORGHE CORNELIU. *Structură spațială sferică formată din 90 de bare egale*. Inventatori: G. C. MORARU. BOPI Nr. 4/2010 (Buletinul oficial de proprietate industrială).
- [3] CR 0 – 2005, Cod de proiectare. Bazele proiectării structurilor în construcții. Monitorul Oficial al României, Partea I, Nr. 148 bis / 16.II.2006.
- [4] STAS 10101 / 1 – 78, Greutăți tehnice și încărcări permanente.
- [5] CR-1-1-3 – 2005, Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor. Monitorul Oficial al României, Partea I, Nr. 148 bis / 16.II.2006.
- [6] NP – 082 – 04, Cod de proiectare. Bazele proiectării, și acțiuni asupra construcțiilor. Acțiunea vântului. Monitorul Oficial al României, Partea I, Nr. 349 bis / 25.IV.2005.
- [7] P100-1/2006, Cod de proiectare seismică P100. Prevederi de proiectare pentru clădiri.
- [8] DIACONU C., CURTU I., MORARU G. C., ș.a.: *Large curved surface sustained by 3D spherical structure formed by 90 equal wooden bars*, in Proceedings of 1^o Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugalia 7 – 9 iunie 2011, ISBN 987-989-96461-2-4, p. 111 – 112 (Book of Abstract) și pe CD lucrarea în extenso: <https://www.dec.uc.pt/cimad11/en/>
- [9] CURTU I., STANCIU M. D., ș.a.: *The wooden churches of Maramures – elements of timber civilization in Romania*, in Proceedings of 1^o Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugalia 7 – 9 iunie 2011, ISBN 987-989-96461-2-4, p. 67 – 69 (Book of Abstract) și pe CD lucrarea în extenso: <https://www.dec.uc.pt/cimad11/en/>
- [10] BOTIȘ M., CURTU I., STANCIU M. D., ș.a.: *Research regarding FEM analysis of stress and strain state from the structure of wooden churches*, in Proceedings of 1^o Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugalia 7 – 9 iunie 2011, ISBN 987-989-96461-2-4, p. 169 – 170 (Book of Abstract) și pe CD lucrarea în extenso: <https://www.dec.uc.pt/cimad11/en/>
- [11] COȘEREANU C., CISMARU M., ș.a.: *Research on the physical and mechanical characteristics of some laminated wood – textile composites*, in Proceedings of 1^o Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugalia 7 – 9 iunie 2011, ISBN 987-989-96461-2-4, p. 233 – 234 (Book of Abstract) și pe CD lucrarea în extenso: <https://www.dec.uc.pt/cimad11/en/>
- [12] MOȚOC D. L., CURTU I., ș.a. (2010). „Multiphase Polymeric materials CTE Variations with Extreme Environment Conditions”, *Revista Materiale Plastice*, vol. 47, nr. 2, ISI, ISSN 0025 – 5289, p. 236 – 239.
- [13] FOTIN A., CISMARU I., CURTU I. „The tool influence on the quality of the birch wood straight milled surfaces”, *Procc. 7th Int. Conf. Of DAAM Baltic Industrial*, vol. 1 and 2. Tallin, Estonia, ISI, ISBN 978 – 99885 – 59 – 982 – 2, p. 269 – 274.

Despre autori

Drd. ing. **Ciprian Petrică DIACONU**

Universitatea „Transilvania” – Brașov

Absolvent al Universității „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Construcții, secția Construcții Civile Industriale și Agricole în anul 2009, în prezent doctorand fără frecvență la Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie Mecanică, Catedra Rezistența Materialelor și Vibrații.

Ing. **Gheorghe Cornelii MORARU**

SC East SRL - Brașov

A absolvit Facultatea de Industrializarea Lemnului de la Universitatea „Transilvania” din Brașov în anul 1965. A profesat în domeniile: Fabricarea mobilei, Construcții, Informatică, Termotehnică; cu o bogată experiență în domeniul Construcțiilor din lemn; autor al Brevetului „Structura spațială sferică formată din 90 de bare egale”, BOPI Nr. 4/2010 (Buletinul Oficial de Proprietate Industrială).

Prof. univ. dr. ing. dr. h. c. **Ioan CURTU**

Universitatea „Transilvania” - Brașov

A absolvit Facultatea de Industrializarea Lemnului; doctor inginer din anul 1973; conducător științific de doctorat din 1988, în specialitatea *Rezistența materialelor, elasticitate și plasticitate*; 22 teze de doctorat finalizate; Doctor Honoris Causa al Academiei Tehnice Militare București (2008) și al Universității „Dunărea de Jos” Galați (2011), premiul *Traian Săvulescu* al Academiei Române (1990). A efectuat studii și cercetări în domeniul rezistenței, elasticității și testării lemnului și compozitelor lignocelulozice, materializate în peste 500 articole și lucrări științifice publicate la conferințe internaționale, în baze de date și simpozioane naționale. A publicat la edituri centrale peste 24 de cărți, iar pe plan local, 17 manuale universitare. Este membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România. Este membru titular al Academiei de Științe ale naturii a Federației Ruse, Moscova.