

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/288003637>

Comparații privind performanțele structurale ale panourilor sandwich din piața românească

Conference Paper · November 2015

CITATIONS

0

READS

281

4 authors, including:



Nagy Zsolt

Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

41 PUBLICATIONS 96 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ilinca Florina Moldovan

Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

3 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Research on multi story steel buildings [View project](#)



CFSExpert - Structural design tool for cold-formed steel structures [View project](#)

Comparații privind performanțele structurale ale panourilor sandwich din piața românească

Zsolt Nagy¹, Aliz Máthé², Ilinca Moldovan³, Botond ZAKARIÁS⁴

^{1,2,3} Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții, Str. C. Daicoviciu nr.15, 400020,
⁴ Gordias SRL, Str. A. Iancu nr.18/3, 400089, Cluj-Napoca, Romania

Rezumat

Panourile sandwich cu spuma poliuretanică sunt utilizate pe scară largă pe piața de construcții din România pentru acoperișuri și pereți de închideri. Pentru aceste aplicații, capacitatea portantă a panourilor utilizate trebuie să fie verificată de către inginerii proiectanți, unde încărcările din zăpadă domină proiectarea de panouri pentru acoperiș și încărcarea din vânt (presiune și suucțiune) este relevantă pentru panouri de perete, însă este de asemenea importantă pentru toate ambele categorii verificarea panoului la combinația de zăpadă și acțiunea vântului împreună cu efectele termice și de fluaj. Datorită procedurii de proiectare complexe a panourilor compozite, fiecare producător oferă tabele cu capacități portante în scopuri de proiectare. Recent, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a fost însărcinată cu producerea a unor tabele de proiectare. Procedura de proiectare conform EN14509/2013 - Anexa E [1], utilizată pentru generarea de tabele de încărcare, a fost comparată cu rezultatele încercărilor experimentale efectuate pe panouri în scopul obținerii marcatului CE. Pentru a evalua nivelul de performanță structurală a panourilor analizate, tabelele de încărcare produse au fost comparate cu cele asociate unor panouri similare - produse și distribuite pe piața românească. Comparațiile efectuate între panourile sandwich (PS) selectate au evidențiat diferențe foarte mari între capacitățile portante declarate între diferiți producători, deși acestea prezentau detalii tehnice similare precum grosimea interioară sau exterioară a fețelor sau grosimea miezului. În scopul surprinderii diferențelor reale, s-a inițiat un proiect de cercetare. O listă de 5 producători a fost selectată cu produse similare, toate acestea fiind calculate folosind aceeași procedură și au fost comparate rezultatele obținute. Articolul descrie concluziile din procesul de analiză comparativă, care a identificat rezultate interesante ce ridică mai multe semne de întrebare privind responsabilitatea asumată de către inginerii proiectanți în procesul de proiectare.

Cuvinte cheie: Panouri sandwich (PS), miez din spumă poliuretanică, tabele de încărcare, procedură de testare a produsului.

1. PROCEDURA DE PROIECTARE PENTRU PANOURI SANDWICH

1. Introducere

Panourile sandwich (PS) care au fața exterioară și interioară din tablă subțire de oțel – avînd un miez cu spumă poliuretanică, sunt utilizate pe scară largă pe piața de construcții românească pentru acoperișuri și pereți pe rol de închidere sau ca pereți despărțitori. Un segment particular de aplicații reprezintă mai ales utilizarea lor la depozite frigorifice. Pentru aceste aplicații, capacitatea portantă a panourilor trebuie să fie verificată de către inginerii proiectanți, unde încărcarea din zăpadă domină proiectarea de panouri pentru acoperișuri și încărcarea din vînt (presiune și sucțiune) este relevantă pentru panouri de perete, dar este de asemenea importantă pentru toate panourile verificarea combinației dată de încărcarea din zăpadă și acțiunea vîntului împreună cu efectele termice și de fluaj. Totodată, Anexa E5.1 [1] subliniază faptul că din variațiile de temperatură rezultă adesea încărcări dominante, cu eforturi și/sau deformații asociate mai mari decât cele rezultate din zăpadă, vînt sau alte încărcări impuse. Calculele detaliate de proiectare sunt omise de proiectanți pentru verificarea capacității portante a panourilor, practica obișnuită evidențiind selecția panourilor din datele tabelare furnizate de producători, pe baza evaluării încărcărilor din procesul de proiectare. Alt motiv pentru care calculele detaliate de proiectare pentru PS sunt omise de către proiectanți este lipsa literaturii specifice și a documentațiilor tehnice disponibile în programul de învățămînt al universităților tehnice românești, unde această metodă de construcție nu este tratată deloc - sau doar informații generale sunt prezentate studenților. Situație similară este confirmată de experți din Marea Britanie, Franța, Belgia și Italia, excepție făcînd țările vorbitoare de limba germană [2]. De asemenea procedura complexă de proiectare a panourilor compozite motivează producătorii să furnizeze tabele de proiectare cu capacitățile portante. Trebuie însă menționat faptul că rezistența PS nu este constantă ci depinde de istoricul încărcărilor mecanice și climatice a fețelor, miezului și îmbinărilor [3]. În astfel de circumstanțe este ușor de înțeles de ce inginerii proiectanți preferă tabelele de proiectare pentru produsele selectate în procesul de proiectare. Însă tabelele de proiectare furnizate asociate produselor PS disponibile, care în multe cazuri generează incertitudini în utilizator din cauza unor specificații tehnice superficiale sau face referire la standarde diferite, ridică următoarele întrebări:

1. Capacitatea portantă furnizată este definită tehnic corect, din care să reiasă clar coeficienții de siguranță utilizați - dacă sunt incluși - în evaluarea încărcărilor?
2. În cazul depășirii stărilor limită de rezistență sau de serviciu al unui PS pe durata exploatarii, cine va fi responsabil pentru daune, pierderi și victime?

Următoarele capitole vor analiza implicațiile și posibilele răspunsuri pentru întrebările ridicate.

1.2 Rezultate disponibile pentru PS

Procedurile de testare pentru determinarea proprietăților materialelor componente ale panourilor sandwich sunt prezentate în EN 14509 [1]. Deoarece marcajul CE și etichetarea [4] produselor de construcție distribuite în Uniunea Europeană este obligatorie, informații cu caracteristicile esențiale relevante trebuie să fie determinate prin încercări de laborator și menționate pe eticheta și marcajul produsului. Exemple de astfel de caracteristici esențiale pentru PS sunt date în anexa ZA3 [1]. Pentru panoul de referință selectat, avînd 3 cute pe lățime, rezistența la forța tăietoare, rezistența la moment incovoietor și efortul de îndoire pentru un panou simplu rezemat au fost disponibile [5]. Poziționarea pentru încercare (Figura 1) și procedura de testare a fost efectuată conform anexei A [1]. Rezultatele testelor obținute pentru panourile de acoperiș pot fi văzute în Tabelul 1. Toate modurile de cedare ale panoului s-au produs prin îndoirea tablei superioare de oțel (modul "a" în tabelul 1).

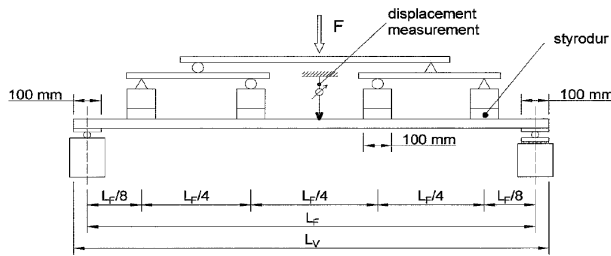


Fig. 1: Aranjament pentru încercarea la încovoiere [5]

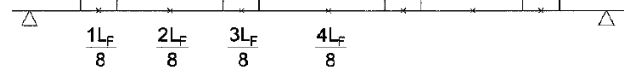


Fig. 2: Punctele posibile de cedare [5]

Sample designation	Test span [mm]	Nominal thickness [mm]	t_1 [mm]	t_2 [mm]	Self weight [kg]	Orientation	Weight of equipment [kN]	Applied load [kN]	Deflection [mm]	Location of failure	Failure mode
L10174/AC/14	3000	30	0,45	0,40	25.6	pos.	0.78	5.68	65.79	4/8	a
L10174/AC/15			0,45	0,40	25.6		0.78	5.48	64.87	4/8	a
L10174/AC/16			0,45	0,40	25.6		0.78	5.74	63.48	4/8	a
L10174/AC/17			0,45	0,39	25.6	neg.	0.78	5.73	44.00	4/8	a
L10174/AC/10	4000	50	0,45	0,38	37.0	pos.	0.67	6.98	70.99	4/8	a
L10174/AC/11			0,45	0,38	37.0		0.67	6.57	65.50	3/8	a
L10174/AC/12			0,46	0,38	37.0		0.67	6.64	68.32	3/8	a
L10174/AC/13			0,45	0,39	37.0	neg.	0.67	5.33	46.25	3/8	a
L10174/AC/7	5000	80	0,45	0,39	53.5	pos.	1.84	8.00	64.91	3/8	a
L10174/AC/8			0,45	0,38	53.5		1.84	8.39	69.89	3/8	a
L10174/AC/9			0,45	0,39	53.5		1.84	7.93	62.99	3/8	a
L10174/AC/6			0,45	0,40	53.5	neg.	1.84	5.12	44.09	4/8	a
L10174/AC/1	6000	120	0,45	0,38	72.5	pos.	1.84	11.37	60.71	3/8	a
L10174/AC/2			0,44	0,39	72.5		1.84	12.00	64.57	3/8	a
L10174/AC/3			0,44	0,38	72.5		1.84	11.91	59.06	3/8	a
L10174/AC/4			0,44	0,38	72.5	neg.	1.84	6.45	42.06	4/8	a

Tabel. 1: Rezultatele testului pentru panourile de acoperiș [5]

Deschiderea testată a fost de 3000 mm pentru panouri de 30 mm grosime, 4000 mm pentru panouri de 50 mm grosime, 5000 mm pentru panouri de 80 mm grosime și 6000 mm pentru panouri de 120 mm grosime [5]. Grosimea nominală din tabele prezintă grosimea miezului; t_1 și t_2 sunt fața internă și externă și grosimile corespunzătoare a tablelor. Orientare pozitivă înseamnă că fața t_1 a fost în partea superioară în timpul încercării, iar cea negativă înseamnă că fața t_1 a fost la partea inferioară în timpul testului. Fețele interne ale panourilor au fost alcătuite din tablă de oțel zincat de calitate S220 GD+Z100 iar fețele externe ale panourilor au fost fabricate din tablă de oțel zincat de calitate S250 GD+Z180. Calitatea tablelor de oțel este definită conform EN10346:2009 [6].

1.3 Detalii de calcul pentru PS

Urmărind procedura descrisă în [3], verificările pentru panourile sandwich cu spumă poliuretanică de acoperiș pot fi rezumate după cum este reprezentat în figura 3 și 4. În pasul 1 (figura 3) sunt definiți parametrii de intrare pentru proiectarea unui acoperiș tipic din PS. În pasul 2 (figura 4) efectele majore sunt calculate sub acțiunile definite în pasul 1. Verificările în starea limită ultimă (SLU) de obicei evaluează eforturile din încovoiere și forfecare separat pentru fiecare caz de încărcare și suprapunerea de efecte, poate fi ușor comparată cu valorile de proiectare pentru componentele PS definite în pasul 1. Verificările pentru SLU pentru un panou simplu rezemat (Figura 5) sub acțiunea unei forțe uniform distribuite, sunt derivate din principalele moduri de cedare prezentate în Figura 6. Modurile de cedare d și e sunt produse de forța tăietoare și PS poate produce acest mod de cedare la deschideri mici, unde efectele de forfecare sunt predominante. Modurile de cedare f și g sunt dependente de momentul încovoietor și acest mod de cedare caracterizează acoperișurile din PS pe parcursul duratei lor de viață. Cedarea la întindere

(modul g) este foarte rar întâlnită, flambajul local al feței comprimate (modul f) fiind în majoritatea cazurilor modul de cedare care decide capacitatea portantă a acoperișului din PS analizat. Dacă vom compara experiența acumulată de la toate calculele panourilor, rezultatele încercărilor disponibile descrise mai sus (Tabelul 1) arată aceleași moduri de cedare în toate încercările de încovoiere, care confirmă rezultatele calculelor, unde îndoirea / încrețirea feței comprimate a fost predominantă.

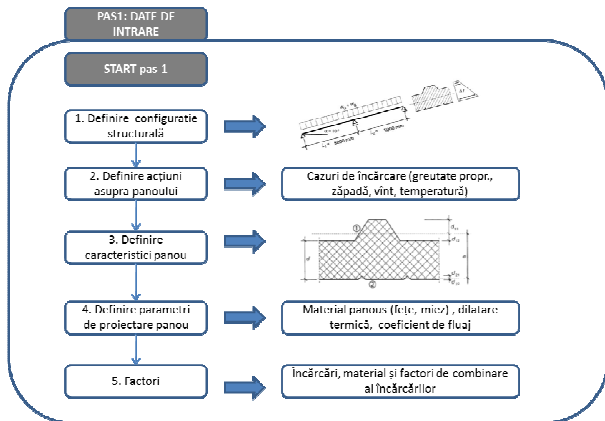


Fig. 3: parametri de intrare pentru proiectare acoperiș SLU

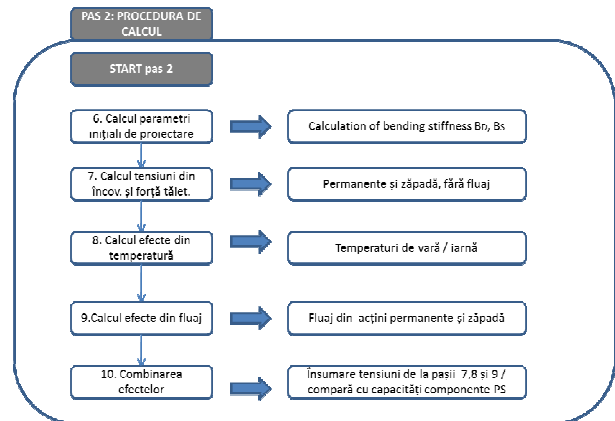


Fig. 4: Procedură de calcul pentru acoperiș din PS

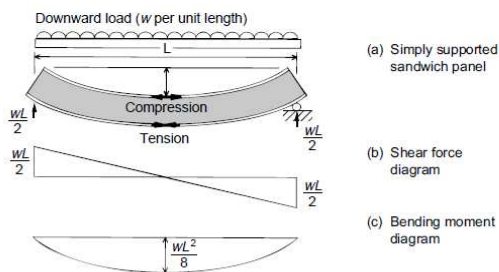


Fig. 5: Analiza unui panou simplu rezemat [3]

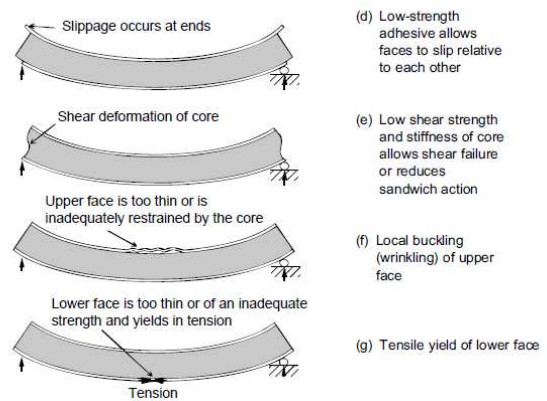


Fig. 6 moduri tipice de cedare ale unui panou [3]

Procedura de calcul manual a fost aplicată pentru grosimile de panouri de acoperiș de 30, 50, 80 și 120 mm, unde caracteristicile măsurate ale PS studiat au fost folosite ca parametri de intrare. Pentru a compara rezultatele din proiectare cu rezultatele încercării (luând în considerare doar greutatea proprie a PS, încărcarea de testare și greutatea echipamentului de testare), efectele de curgere lentă și din temperatură au fost excluse din calcul și toată încărcarea, materialele și factorul din combinația de încărcare a fost luat egal cu 1. Ca rezultat al comparației, efortul de îndoire din rezultatele încercării este în concordanță cu cel din calculele analitice. În timpul procedurii de verificare a efortului de îndoire, au fost observate erori legate de deschiderile calculate și testate în rapoartele testelor, care au fost corectate la marcajul de etichetare (CE) a produselor PS. Conform anexei A [1], pentru a se declara efortul de îndoire pentru fața comprimată a fiecărui tip de PS, au fost aplicați factorii de corecție pe rezultatele obținute din încercări, utilizând ecuația (1), unde $R_{obs,i}$ este rezultatul testului i , f_y și $f_{y,obs}$ sunt eforturile de curgere de proiectare și măsurate a fețelor de oțel, t și t_{obs} grosimile fețelor din proiectare și măsurate, α și β sunt factori de corecție.

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} \left(\frac{f_y}{f_{y,obs}} \right)^\alpha \left(\frac{t}{t_{obs}} \right)^\beta \quad (1)$$

1.4 Tabelele de încărcare a PS

Recent, Universitatea Tehnică din Cluj a fost desemnată pentru a produce tabele de proiectare pentru PS produse de un producător local (îl vom numi producător de referință) pe piața românească. Procedura de proiectare utilizată pentru generarea de tabele de încărcare urmărind EN14509/2013 - Anexa E [1] a fost verificată în conformitate cu rezultatele încercărilor efectuate pe produs pentru marcajul CE, descris mai sus. PS pentru pereți și acoperișuri au fost analizate separat pentru diferite grupuri de culoare. Conform indicațiilor producătorului, calitatea tablelor din oțel pentru fețele exterioare și interioare a fost conform EN 10346:2009 [6] S280G+Z180, fiind protejate printr-o galvanizare de 13 μm pe fiecare față a tablei și prevopsită, unde tablele exterioare au grosimea de 0,45 mm și cele interioare de 0,40 mm. Au fost analizate la presiune (vânt+zăpadă) și suucțiune (vânt) configurațiile cu una sau două deschideri. Tabelele de încărcare au fost generate pentru grosimi de miez d=30,40,50,60,80,100,120 mm pentru două tipuri de PS: unul cu 3 cute iar altul cu 5 cute pe lățimea de panou egală cu 1000 mm și înălțimea pentru cutede 39 mm. O configurație similară pentru presiune și suucțiune (efectul încărcării din vânt) a fost analizată pentru panouri de perete cu microamprente sau lise. Densitatea declarată a spumei poliuretanică a miezului variază între 35 și 40 kg/m³.

Figura 7 și Figura 8 reprezintă curbele tipice pentru capacitatea portantă calculată/admisibilă pentru PS de acoperiș cu o singură deschidere. Valorile încărcării caracteristice din zăpadă sunt date în kN/m², procedura de calcul include toți coeficienții de siguranță pentru verificarea din proiectare la stări limite ultime (SLU) și stări limite de serviciu (SLS). La evaluarea capacității portante pentru zăpadă și vânt, au fost considerate de asemenea în calcul efectele din variații de temperatură și efectul fluajului (pe termen lung pentru încărcări permanente, termen scurt pentru încărcări din zăpadă). Efectele din variațiile de temperatură au fost considerate în funcție de grupuri de culoare, definite de [1]. Condițiile de rigiditate pentru verificările SLS au fost L/200 pentru încărcări de scurtă durată și L/100 pentru încărcarea de lungă durată, unde L este deschiderea analizată a configurației PS.

În acest mod, pentru selectarea PS adecvat, inginerul proiectant are nevoie doar de a evalua valorile caracteristice a acțiunilor din zăpadă și vânt, urmând să le compare cu capacitatea portantă calculată în tabel, în vederea identificării deschiderii admisibile pentru aplicația sa particulară.

Pentru a identifica cea mai slabă componentă, modurile de cedare au fost de asemenea monitorizate în calcul. Figura 9 și 10 arată gradul de utilizare a fiecărei componente care contribuie la determinarea capacității portante, funcție de variația modulului transversal de forfecare G al spumei. Dacă modulul de forfecare este mai mare, eforturile din forța tăietoare vor domina procedeul de proiectare. În situația în care modulul de forfecare scade, rezistența feței exterioare va deveni cea mai slabă componentă. Putem observa cu ușurință că pentru valori mai mici de 5 N/mm² al modulului de forfecare al spumei, fața exterioară va fi cea mai slabă componentă în cele mai multe cazuri calculate, astfel încât mecanismul de cedare al PS va fi controlat de flambajul feței comprimate. Acest lucru este în concordanță cu încercările de laborator, așa cum au fost descrise în capitolul anterior, unde toate cedările au fost cauzate de flambajul local al feței comprimate. Fața interioară întinsă este neglijabilă în majoritatea situațiilor de proiectare.

Pentru a evalua performanța structurală a panourilor producătorului de referință, tabelele de încărcare pregătite au fost comparate cu tabelele de încărcare a unor produse similare - fabricate și distribuite pe piața românească. Pentru a păstra confidențialitatea informațiilor despre produsele companiilor analizate, producător 1, 2, 3, 4, 5 și 6 vor fi utilizate ca denumire.

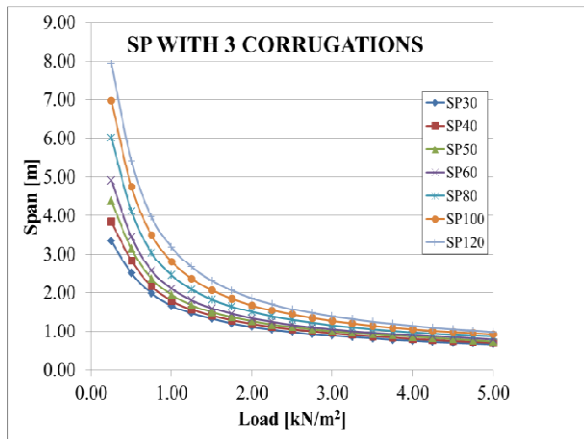


Fig. 7: Curba pentru încărcare din zăpadă/deschidere, 3 cute pe lățime

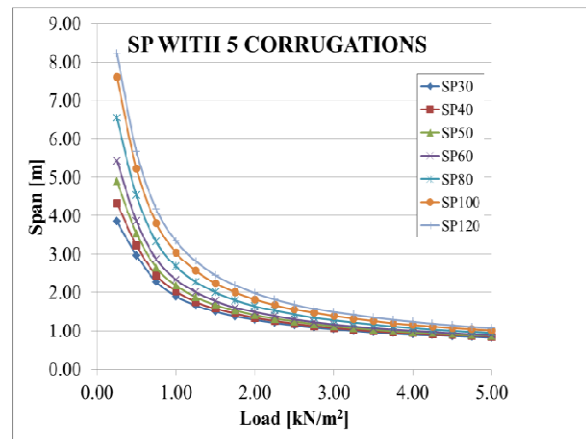


Fig. 8: Curba pentru încărcare din zăpadă/deschidere, 5 cute pe lățime

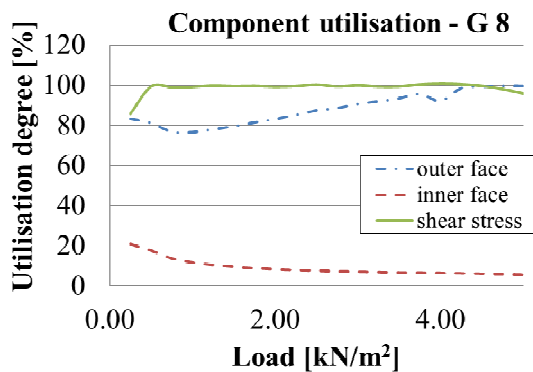


Fig. 9: Modulul de forfecare al spumei $G_c=8 \text{ N/mm}^2$, $D=60 \text{ mm}$

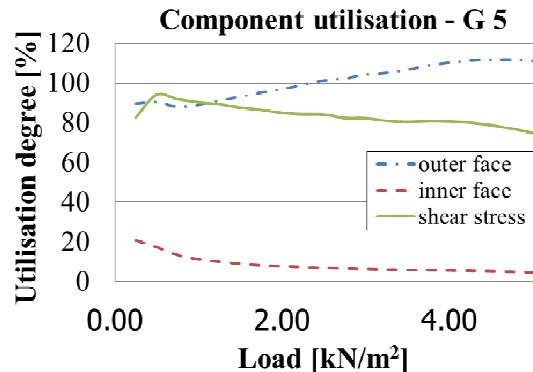


Fig. 10: Modulul de forfecare al spumei $G_c=5 \text{ N/mm}^2$, $D=60 \text{ mm}$

Prima impresie a fost surprinzătoare: cu ajutorul datelor tehnice declarate, produse similare de la producători diferiți cu aproape aceleași detalii geometrice precum grosimea tablelor exterioare sau interioare și grosime de miez au prezentat capacități portante foarte diferite pentru deschideri similare. Figura 11 prezintă capacitatea portantă versus deschiderea admisibilă pentru produsele selectate - datele tehnice fiind colectate din fiecare catalog de produs. Datorită diferențelor formatului de tabel de la producător la producător, comparația a fost posibilă doar pentru deschiderile disponibile care au fost destul de limitate în unele cazuri.

În multe situații, cataloagele de produse nu includ alte informații suplimentare legate de condițiile în care capacitățile portante au fost determinate. În unele cazuri nu este suficient de clar dacă efectele de temperatură, efectul de curgere lentă sau coeficienții de siguranță sunt incluse în calcule. Uneori este de asemenea necunoscută procedura de proiectare folosită pentru calculul capacității portante. Cel mai interesant caz descoperit a fost legat de un producător de PS cu specificații tehnice diferite pentru piața din România și piața Germană pentru același produs. Specificațiile pentru piața Germană se potrivesc foarte bine cu verificările de proiectare, în timp ce specificațiile pentru România prezintă diferențe mari.

În aceste circumstanțe Figura 11 arată doar datele de pe piață colectate despre produse PS similare, dar nu este potrivit să fie utilizate în această formă pentru evaluarea performanțelor tehnice. Pentru o comparație adecvată a performanțelor tehnice a produselor analizate, autorii au

decis să efectueze o cercetare pentru stabilirea unui reper, folosind aceeași metodă de calcul și aceleași condiții pentru toate produsele PS, care au fost selectate pentru analiză. Criteriile de selecție au fost bazate pe grosimi de fețe identice sau similare, geometrie a secțiunii PS cu miez din spumă poliuretanică similară sau apropiată.

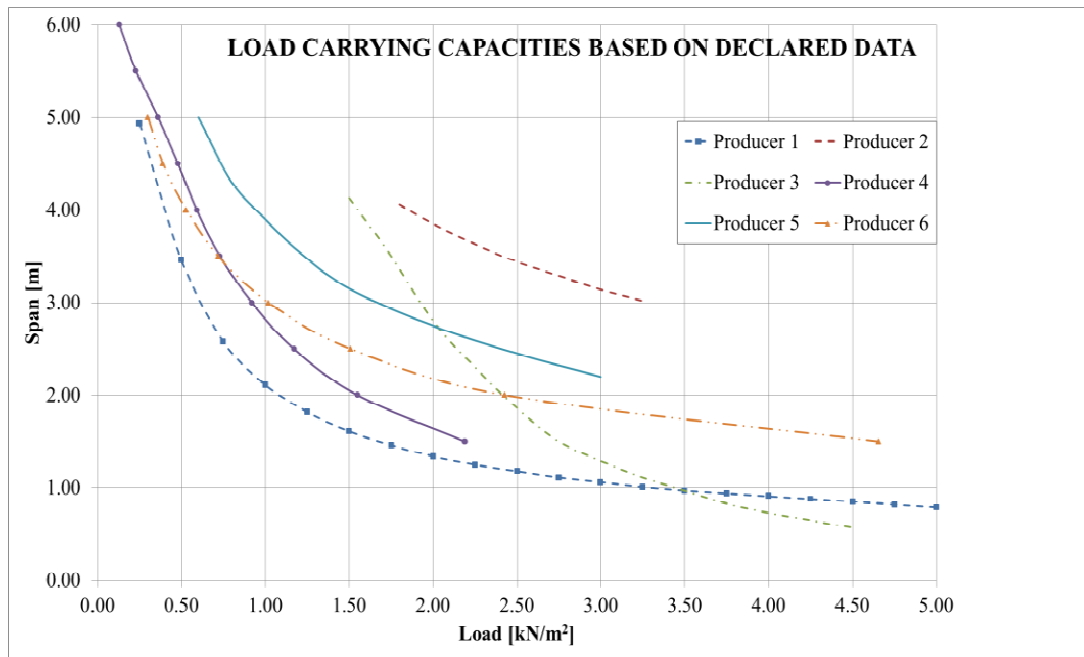


Fig. 11: Capacitatea de încărcare / curbele de etalonare pentru produse PS grosime 60mm, datele conform documentației tehnice de la furnizor

2. REFERINȚĂ PENTRU PANOURI SANDWICH

2.1 Produse selectate pentru analiză

Datorită incertitudinilor legate de procedura prin care capacitatea portantă pentru diferite produse a fost determinată, cei 6 producători enumerați mai sus (Producător 1, 2, 3, 4, 5 și 6) au fost selectați cu produse similare iar toate acestea au fost calculate de autori, folosind aceeași procedură descrisă mai sus și rezultatele obținute au fost comparate. Produsul de referință este un panou de acoperiș cu o grosime a miezului de 60 mm de spuma poliuretanică, având 3 sau 4 cute pe lățime de panou și geometria similară (figura 12 și figura 13). Prima dată au fost observate diferențele dintre detaliile tehnice între producători, unde au fost găsite diferite concepte asupra tabelelor de încărcare: unele cu deschiderea admisibilă depinzând de încărcarea de proiectare, altele cu încărcarea admisibilă în funcție de deschidere, unii dintre ei neglijează grupurile de culoare. Performanțele tehnice calculate sunt raportate mai jos.

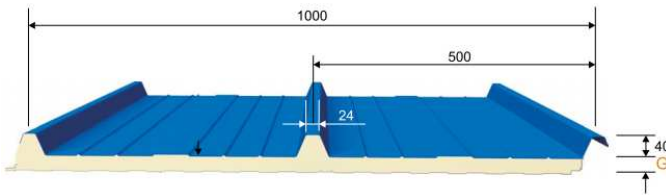


Fig. 12: Panouri similare, 3 cute pe lățime

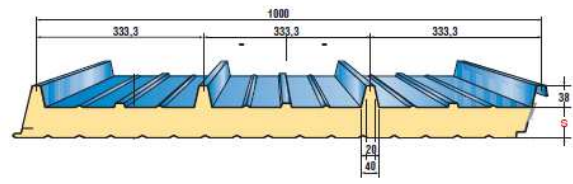


Fig. 13: Panouri similare, 4 cute pe lățime

2.2 Performanța tehnică a PS analizat

După efectuarea calculelor pentru toate cele 6 produse selectate pentru analiză, utilizând detaliile tehnice furnizate de fiecare producător, rezultatele au fost reprezentate pe același grafic prezentat în Figura 14, care oferă o imagine total diferită despre capacitățile portante, comparativ cu figura 11. Există diferențe neglijabile între produsele analizate cu 3 cute de la producători diferiți, diferența dintre curbe reprezentând doar performanța tehnică dintre PS cu 3 și 4 cute pe lățime, cele cu 4 cute având capacități portante mai mare. Compararea rezultatelor din Figura 11 - unde datele tehnice declarate de către fiecare producător în cataloagele de produse sunt incluse și Figura 14 - unde capacitățile portante calculate sunt reprezentate folosind aceeași metodă de calcul, ne putem exprima în doile serioase legate de consistența datelor tehnice furnizate.

Deoarece procedura de proiectare folosită pentru rezultatele calculate din Fig. 14 a fost dovedită a fi compatibilă cu rezultatele testelor prezentate în capitolul 1.2, o listă de probleme legate de capacitatea portantă furnizată în detaliile tehnice ar trebui formulată:

- Producătorii trebuie să menționeze clar codul care a fost folosit pentru a întocmi tabelele cu capacitățile portante (este conform procedurii de proiectare din EN14509/2013 - Anexa E?)
- Detaliile tehnice furnizate trebuie să menționeze dacă coeficienții de siguranță sunt sau nu incluși în capacitatea portantă declarată (sunt furnizate valori de proiectare sau caracteristice?)
- Deoarece marcajul CE pentru astfel de produse este obligatoriu din iulie 2014, ar fi necesar întocmirea unui cod unificat de către un organism certificat, care să conțină specificații legate de verificarea documentației tehnice.

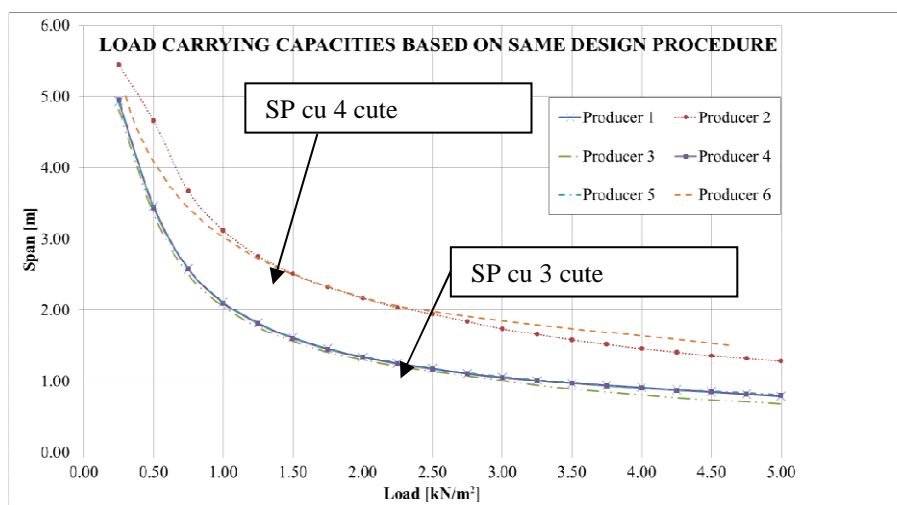


Fig. 14: Capacitatea de încărcare / curbele de etalonare pentru diferite PS grosime 60mm – utilizând aceeași procedură de calcul

3. CONSIDERENTE LEGATE DE RESPONSABILITATEA JURIDICĂ A PROIECTANTULUI

Aspectele juridice trebuie precizate clar, atunci când specificațiile tehnice sunt emise de către producători. Proiectanții trebuie să fie conștienți de faptul că materialele de marketing cu conținut tehnic emise de producători, nu pot fi considerate "documente de proiectare acoperitoare" pentru procesul de proiectare. În acest scop, practica germană și finlandeză a fost cercetată în procesul de proiectare a construcțiilor cu PS.

În Germania aproape toate tabelele pentru panouri (furnizate de producători) au o specificație care precizează faptul că acestea trebuie utilizate numai pentru predimensionare, iar calculul specific amplasamentului trebuie făcută în fiecare caz în parte. Fundal: În general trebuie făcută proiectarea specifică locului (în sensul că trebuie să fie legată de un anumit proiect). Verificările întreprinse de către inginerul verificator sunt în același timp specifice proiectului. În cazul unei proiectări non-specifice și pentru a evita o verificare suplimentară pentru utilizarea repetitivă, poate fi implicat un corp de audit numit "Prüfamt für Baustatik". Procesul de audit este similar cu ceea ce un inginer verificator ar face, dar organele de audit fac parte din autorități și sunt conduse de stat (Bavaria, Baden-Württemberg, Saxonia, etc.). Organismele de audit sunt în măsură să emită un "Typenprüfung" (adesea tradus ca omologare de tip, dar nu este o aprobare, ci un control al proiectării pentru un anumit tip de structură, nefiind legat de un anumit proiect). Tabelele de încărcare pot fi verificate de astfel de organisme de audit. Producătorii de panouri sandwich de obicei pregătesc tabelele de încărcare fără însă a le verifica. De aceea precizează faptul că o proiectare suplimentară (și verificare de către inginerul verificator) este necesară. În cazul în care ceva nu este în regulă cu proiectarea, aceștia nu sunt responsabili, responsabilitatea fiind a inginerului proiectant. Inginerul verificator (și corpul de audit) este responsabil doar dacă există pierderi de vieți. Dacă este doar vorba de o cedare a structurii, atunci nu sunt trași la răspundere.

În Finlanda panourile sandwich cu fețe din tablă de oțel sunt împărțite în panouri portante care fac parte din structura de rezistență și cele care sunt doar autoportante. Panourile sandwich portante vor acoperi panourile de pereți și acoperiș, care sunt încărcate prin acțiunile date de zăpadă și vânt, și asigură stabilitate laterală substructurii, considerând în calcul efectul de șaibă. Este în curs de dezvoltare un nou sistem, în care producătorul panourilor sandwich portante furnizează tabelele de încărcare-deschidere sau curbele de proiectare, care vor fi verificate de către o terță parte. Tabelele de încărcare pot acoperi doar panourile sandwich cu o singură deschidere și producătorul va fi responsabil pentru tabelele de încărcare și curbele de proiectare. Dacă proiectantul a extins aria de aplicare, de exemplu pentru un sistem adițional cu mai multe deschideri, va fi responsabil de acele cazuri. Acest principiu a început să fie aplicat recent, experiența va fi evaluată mai târziu. Finlanda nu are experiențe de daune în aplicațiile de PS.

În România în majoritatea situațiilor, proiectarea este bazată pe tabelele furnizate de producători. Luând în considerare aspectele subliniate mai sus, proiectanții și investitorii ar trebui să reconsidere poziția lor, atunci când au nevoie să selecteze un produs corespunzător pentru proiectele lor.

4. Concluzii

Articolul descrie unele experiențe cu produse PS și tabelele cu capacitatea lor portanta asociată. În procedura de proiectare calculele detaliate pentru capacitatea portantă a panourilor sunt omise de către proiectanți, în practica obișnuită proiectanții făcând doar selecția conform datelor tabelare furnizate de producători, pe baza încărcărilor evaluate din procesul de proiectare. Alt motiv pentru care calculele detaliate de proiectare pentru PS sunt omise de proiectanți rămâne literatura

tehnică insuficientă disponibilă în programele de învățământ din universitățile tehnice din România, unde această metodă de construcție nu este tratată deloc – sau sunt furnizate studenților doar informații generale. Autorii au analizat un set complet de acoperiș și de perete din PS, generând încărcările din zăpada și vânt, incluzând în calcul de asemenea efectele din temperatură și de fluaj. Efectele de temperatură sunt luate în considerare în funcție de grupuri de culoare și în unele cazuri sunt acțiunile dominante în procesul de proiectare a sistemelor din PS. Deoarece au fost observate diferențe uriașe la capacitățile portante pentru panouri similare provenind de la producători diferiți, s-a utilizat aceeași procedură de calcul pentru analiza PS. S-au constatat diferențe minore între produsele analizate cu 3 cote de la diferiți producători. Doar performanțele PS cu 3 și 4 cote au fost ușor diferite. Utilizând aceeași metodă de calcul există dubii serioase legate de coerența detaliilor tehnice furnizate de producători. Luând în considerare aspectele subliniate mai sus, toți utilizatorii de PS ar trebui să reconsidere poziția lor, atunci când au nevoie să selecteze un produs corespunzător pentru proiectele lor.

MULȚUMIRI

Autorii ar dori să își exprime mulțumirile calde pentru Klaus Berner (iSEngineering) pentru sprijinul și orientarea în comparațiile din procedura de testare-calcul. Autorii ar dori de asemenea să-i mulțumească lui Tomas Misiak (Breinlinger Ingenieure) pentru împărtășirea experienței germane și Paavo Hassinen (Aalto) pentru împărtășirea experienței finlandeze.

Bibliografie

- [1] EN 14509, *Self-supporting double skin metal faced insulating panels – Factory made products – Specifications*, CEN, 2013.
- [2] ROLF KOSCHADE, *Sandwich Panel Construction*, Ernst & Sohn, 2002.
- [3] J.M. DAVIES, *Lightweight Sandwich Construction*, Blackwell Science Ltd., 2001.
- [4] EN 1090-1, *Execution of steel structures and aluminium structures, Part 1. Requirements for conformity assessment of structural components*, CEN, 2009.
- [5] ZAG Ljubljana – Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, *Testing Report P1310/10-610-2, May, 2011*.
- [6] EN 10346, *Continuously Dip Coated Steel Flat Products - Technical Delivery Conditions*, CEN, 2009.