

COMPORTAREA PLANSEELOR CU GRINZI SI CORPURI DE UMLUTURA LA SOLICITARI IN PLANUL LOR

Claudiu MATEI

Ing., CS II, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții,
Urbanism și Dezvoltare Teritorială Durabilă „URBAN-INCERC” –
Director Sucursală INCERC București.

Laborator de Cercetare și Încercări Materiale, Elemente și Structuri de Construcții

Abstract. The article details several aspects related to the behaviour of floors designed to be made of reinforced or pre-stressed concrete beams (pre-beams), and super-concrete filled frames. The design of such floors shall meet the strength and stability requirements for gravity loadings and the requirements related to their behaviour as horizontal diaphragms (horizontal stiff plate). The load applied to the floors was the gravity load corresponding to the current useful loading, after which the load was applied horizontally up to the maximum bending imposed in the horizontal plane. Instruments were used to steadily check the deformations and rotations induced by the moving side. The maximum response of the floor to horizontal seismic loads was tested and the possibility to consider such elements as significantly rigid elements in the horizontal plane and their computer design were analyzed.

Keywords: pre-beams, filling frames, super-concretes, rigid plate, maximum deformation/strain

1. Introducere

Sistemele constructive utilizate, în domeniul construcțiilor cu puține niveluri, în ultimii ani au condus la mutații semnificative în conceptul și alcătuirea acestor tipuri de structuri. Intrarea pe piață a unor materiale noi cu caracteristici superioare materialelor tradiționale, eficiente și economice sub toate aspectele, au impus necesitatea de cunoaștere mai aprofundată a comportării acestora, dincolo de aspectele legate de productivitate și de aspectele economice. În acest context este necesar să se respecte, pe lângă standardele de produs, și reglementările specifice pentru fiecare tip de structură în parte. Implementarea unui nou sistem constructiv, utilizând materiale noi de tip grinzi prefabricate din beton și corpuri de umplură cu suprabetonare, trebuie să respecte cerințele impuse utilizării acestora în zone seismice. Simplitatea sistemului (compus din elemente ușoare modulare ce nu necesită măsuri speciale de montaj) trebuie să fie completată cu capacitatea acestuia de a răspunde cerințelor de comportare privind asigurarea caracterului spațial al structurii și a capacității de a răspunde capacității de conlucrare cu celelalte elemente structurale.

În acest moment nu există implementată o normă națională de proiectare care să prezinte într-un mod

unitar: concepția, alcătuirea, calculul și realizarea acestor tipuri de elemente. Utilizarea soluțiilor tehnice și a materialelor avansate la realizarea acestor tipuri de elemente structurale se lovește de lipsa de cunoștințe și de legislație specifică, utilizarea făcându-se pe baza unor documentații puse la dispoziția proiectanților de producătorii unor astfel de sisteme constructive.

Studiile întreprinse pe plan internațional referitoare la planșeele cu corpuri de umplură au condus la elaborarea unor metode și modele de calcul ce reprezintă un caracter de noutate dar, care din păcate, nu s-au materializat în norme specifice de proiectare. În general testele au fost comandate de către producătorii unor astfel de sisteme constructive și au aplicabilitate redusă datorită specificului de concepție și alcătuire a grinzilor prefabricate. Aplicarea standardului SR EN 13224, „Produse prefabricate din beton. Grinzi pentru sisteme de planșeu cu corpuri de umplură” nu rezolvă problematica comportării acestor elemente. Utilizarea lor numai pe baza cerințelor din standard ar constitui o eroare gravă cu consecințe semnificative la nivelul comportării de ansamblu al structurii. Fără conformarea corespunzătoare există riscul de apariție a unor zone sensibile, care dacă nu sunt tratate corespunzător pot conduce la secțiuni în care se dezvoltă eforturi (momente și efecte de forță

tăietoare) ce pot duce la degradarea locală a elementului.

2. Cerințe și criterii de performanță

Cerințele și nivelele de performanță pe care trebuie să le satisfacă planșeele cu corpuri de umplură, în conformitate cu legislația actuală, sunt sistematizate mai jos:

A) Rezistență și stabilitate.

Capacitatea planșeului la stările limită de:

- încovoiere
- forță tăietoare
- torsiune cu încovoiere

Verificări la solicitări seismice

Verificarea la starea limită de deformație- săgeată

B) Siguranța în exploatare.

Pentru acest tip de planșee este asigurată prin modul de concepție și realizare.

C) Siguranța la foc.

Siguranța la foc trebuie dovedită și declarată pe bază de teste specifice pentru fiecare alcătuire.

D) Igiena, sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului.

Nu sunt definite sau impuse criterii de performanță specifice pentru planșee.

E) Izolația termică, hidrofușă și economie de energie.

Valorile se vor declara de producător fie pe bază de încercări fie pe bază de valori determinate.

F) Protecția împotriva zgomotului.

Indice de izolare la zgomot:

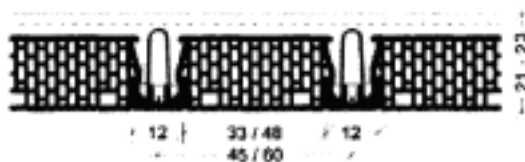
- aerian
- de impact se vor declara de producător pe bază de valori determinate (fie prin teste fie prin calcul)

G) Funcționale.

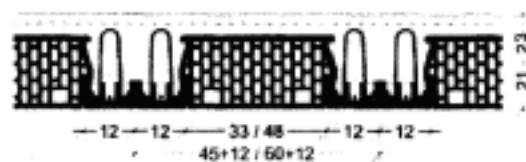
Se vor realiza prin concepția de ansamblu privitoare la starea suprafețelor și a capacității de realizare a prinderilor ulterioare pe intrados, în zona grinzilor sau a elementelor de umplură.

a) grinzi și corpuri de umplură de tip ceramic.

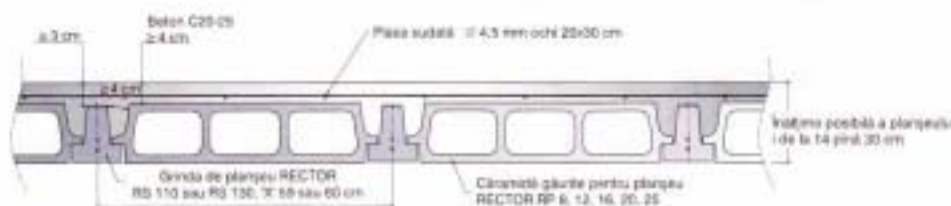
Varianta A

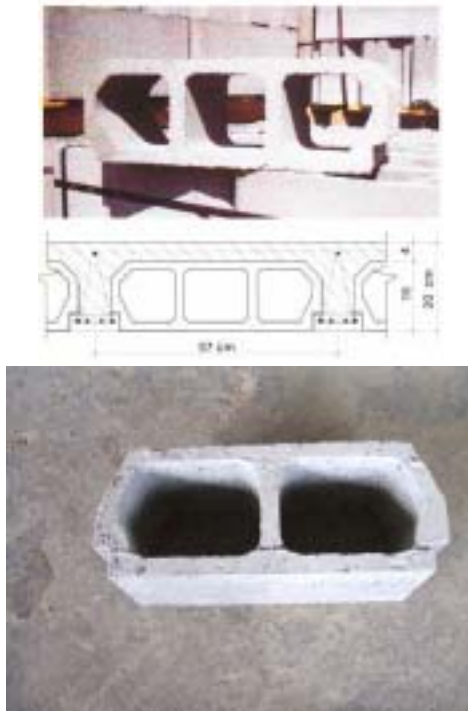


Varianta B



b) grinzi și corpuri de umplură realizate din beton prin vibropresare





c) grinzi și cofraje pierdute realizate din lemn.



3.2 Plășee cu grinzi realizate în cochilii ceramice din beton armat precomprimat și corpuri ceramice de umplură tip POROTHERM.

Avantajele declarate ale sistemului constructiv constau în:

- alcătuirea elementelor prefabricate permit realizarea unor plăci de plășeu cu nervuri dese, din beton armat monolit cu armătură pretensionată la partea inferioară a nervurilor, care pot să fie dimensionate în funcție de deschiderea dintre reazeme, prin armarea cu un număr mai mare sau mai mic de toroane în secțiunea de beton;
- permite realizarea de grinzi transversale de legătură pentru îmbunătățirea rigidității de ansamblu;
- se pot rezolva foarte simplu zonele deosebite cum sunt: străpungerile, golurile pentru scară, console, ș. a. prin utilizarea zonelor de beton monolit;
- se poate modifica dimensiunea suprabetonării, precum și coeficientul de armare din această zonă;

- posibilitatea de mărire a capacității portante prin utilizarea grinzilor duble;
- armarea transversală se realizează prin prevederea de conectori pe capetele grinzilor. Dimensiunile și dispunerea conectorilor sunt predefinite de producător în funcție de deschiderea grinzii.

În ambele sisteme constructive este posibilă optimizarea dimensionării plășelor prin utilizarea de corpuri de umplură de dimensiuni diferite, atât în ceea ce privește lățimea lor cât și/sau înălțimea lor, precum și posibilitatea de utilizare a grinzilor duble (Fig. 2). Pentru acest tip de plășee s-au efectuat teste în următoarea configurație (Fig. 1)

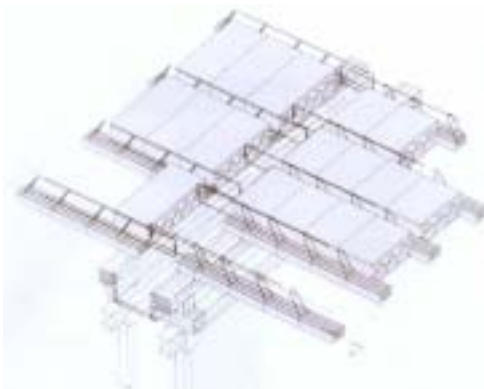


Fig. 1. Aspecte din timpul montajului

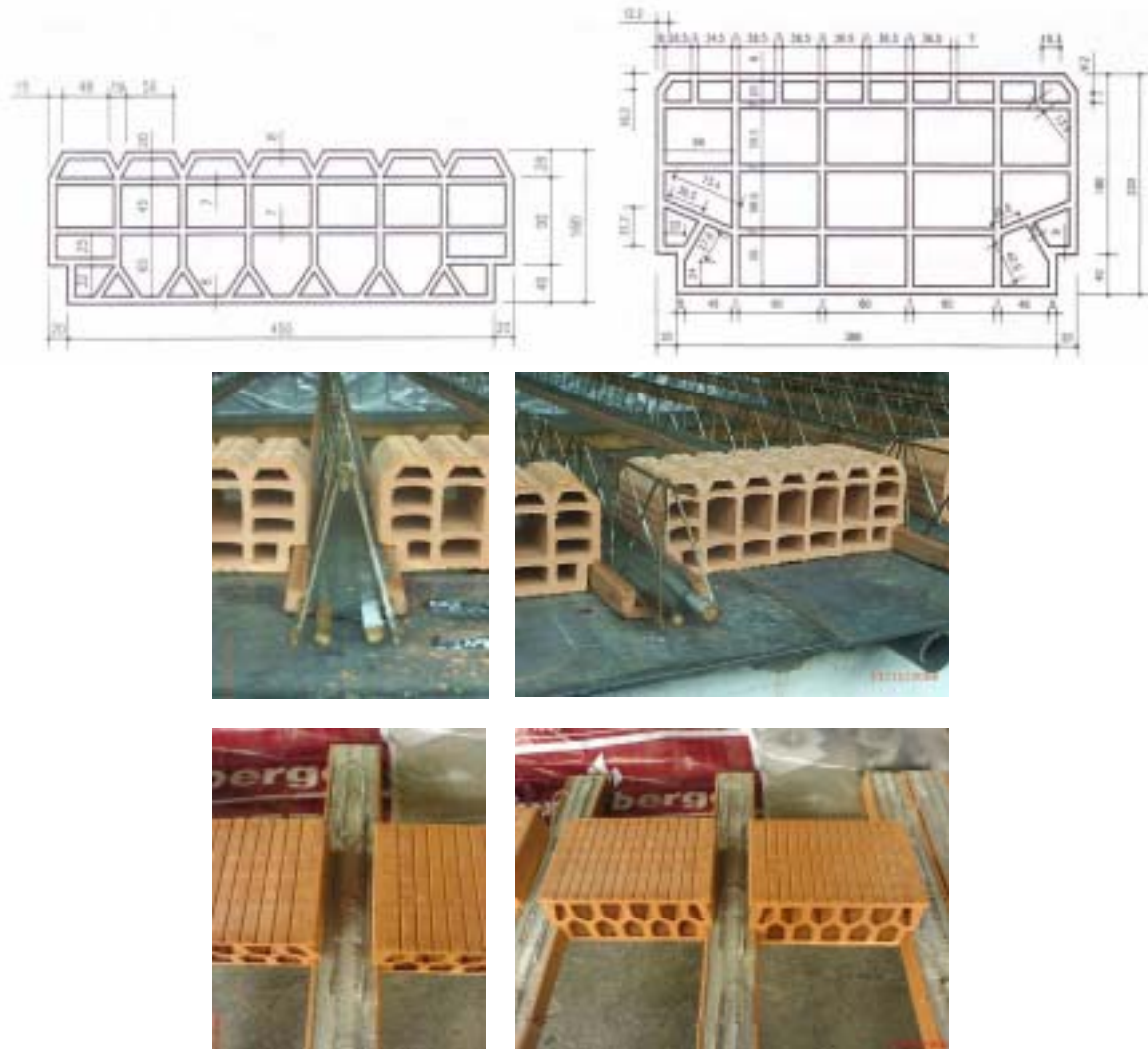


Fig. 2. Tipuri de secțiuni structurale

4. Concepția și proiectarea modelelor experimentale

Pe baza detaliilor specifice, prezentate de producători s-au elaborat proiectele modelelor experimentale optimizate astfel încât să se poată dimensiona elementele la limita inferioară a procentelor de armare și a stratului de acoperire cu beton. Dimensionarea s-a făcut plecând de la dimensiunile gabaritice a elementelor și a condițiilor privind necesitatea de asigurare a suprabetonării conform cerințelor impuse prin reglementările specifice (recomandările prezentate în SR EN 13224 fără însă a avea o fundamentare teoretică sau experimentală).

Pentru optimizare s-a ales o dimensiune curentă de planșeu, respectiv 5.0 m x 5.0 m corespunzătoare unei arii de 25 m². Un exemplu de model este prezentat în Fig. 3.

Modelul experimental a fost realizat din grinzi prefabricate dispuse pe o singură direcție la distanța egală cu dimensiunea blocului ceramic cu înălțimea de 160 mm, respectiv 600 mm. Pentru asigurarea

rigidității planșeului s-a dispus la jumătatea deschiderii grinzilor o grinda de rigidizare din beton armat (Fig. 3a). Pe contur planșeul s-a confinat prin prevederea centurilor din beton armat dimensionate și armate corespunzător. Armarea longitudinală s-a făcut cu patru bare cu diametrul de 12 mm tip Pc 52 iar armarea transversală cu etrieri de diametru 8 mm OB 37 dispuși la intervale de 15 cm (Fig. 4).

Ancorarea planșeului se va realiza prin încastrare pe una dintre laturi, prin prevederea de buloane de ancoraj pretensionate la o forță de 80 t prin intermediul unei grinzi suport din beton armat. Pentru latura liberă unde se va aplica forța în vederea aplicării deplasărilor s-a prevăzut, sub centura din beton, o placă metalică ce glisează liberă pe un reazem de beton prin intermediul unor role din țevă (Fig. 5).

Deoarece nu se dispunea de cunoștințe suficiente pentru calculul forțelor necesare pentru asigurarea deplasărilor impuse s-a prevăzut o placă metalică prin

intermediul căreia s-au aplicat forțele evitându-se eventuala strivire a betonului (Fig. 6).

Armarea suprabetonării s-a realizat cu plase sudate $\phi 8$ dispuse la 20 cm. Pe zona reazemelor grinziilor s-a prevăzut călăreți realizați din bare $\phi 12$ montați peste plasa de armătură.

După turnarea betonului din suprabetonare modelul experimental a fost păstrat în condiții normale de umiditate și temperatură până la maturizarea betonului, respectiv 28 de zile. După această dată s-a procedat la decofrarea centurilor și instrumentarea modelului experimental (Fig. 7).

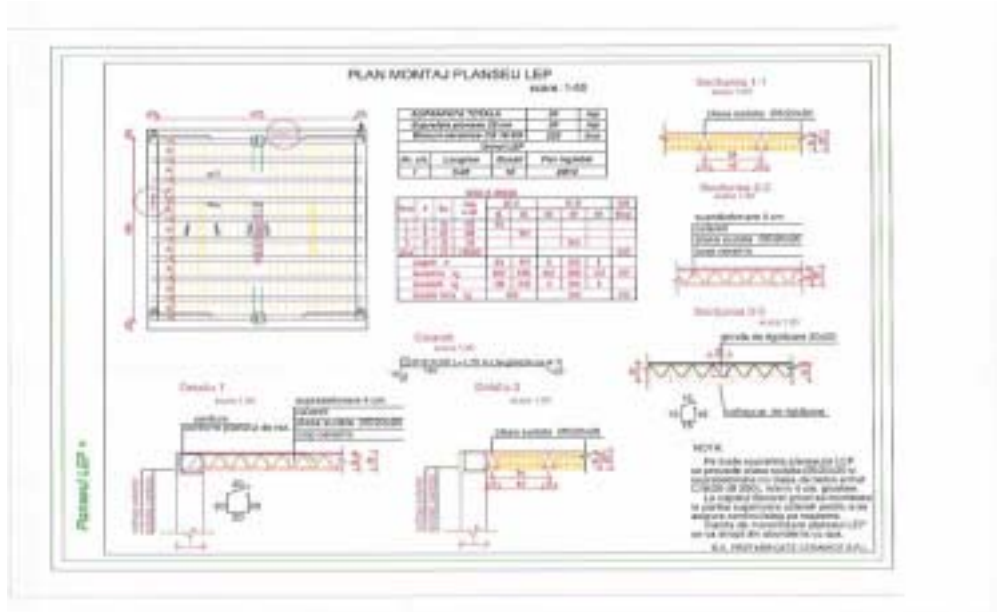


Fig. 3. Proiectul încercării realizat pe baza detaliilor producătorului

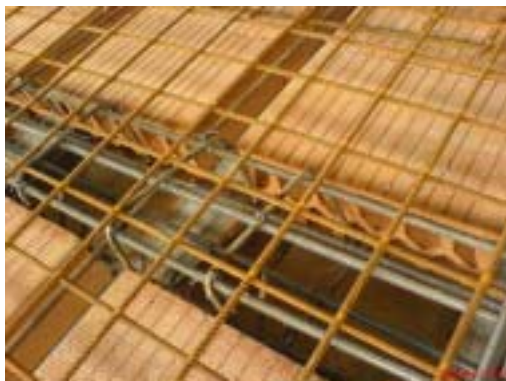


Fig. 3a. Aspecte din timpul montajului



Fig. 4. Aspecte din timpul montajului



Fig. 5. Role de mișcare



Fig. 6. Piese de acționare

Încărcarea gravitațională s-a realizat prin intermediul unor greutăți dispuse în careuri de 1. 0 m x 1. 0 m (Fig. 8), încărcarea realizându-se „în șah” pentru fiecare treaptă de încărcare înregistrându-se deplasările (săgeata) la jumătatea deschiderii libere a planșeului.

Săgeata s-a menținut constantă pe toată durata de acționare în plan orizontal a planșeului (Fig. 8a).

Punctele de măsurare s-au dispus pe colțurile planșeului pentru măsura exactă a rotirilor pentru fiecare punct de măsurare (Fig. 9).

5. Rezultate experimentale

Scopul încercărilor efectuate în cadrul Sucursalei INCERC București a fost acela de a testa capabilitatea planșeelor de a se comporta ca șaibe rigide având suficientă rigiditate în plan orizontal pentru a fi considerate „planșee cu rigiditate în planul lor”.

Încărcarea planșeului s-a făcut în trepte de câte o tonă pentru intervalul 0... 6 tone după care treptele au fost calibrate în intervale corespunzătoare unor deplasări reprezentative 1, ... 6, 10, 15, 17, 20, 22, 25 tone. Pentru fiecare dintre trepte s-au măsurat deplasările pe cele două direcții principale X și Y, calculându-se ulterior rotirile corespunzătoare ale planșeului.

Deplasările relative pentru fiecare dintre puncte sunt prezentate în Fig. 10 și Fig. 11.

Pe parcursul încercării s-a urmărit comportarea laturii de incastrare atât sub aspectul integrității sistemului de fixare, cât și sub aspectul comportării la deformații. Deplasarea planșeului în zona de incastrare s-a făcut după o variație liniară cu punct de balans situat la mijlocul laturii (Fig. 12). Valorile în punctele extreme ale laturii au fost comparabile pentru fiecare treaptă de încărcare în parte.

În momentul în care s-a constatat inițierea degradării sistemului de rezemare, prin fisurarea betonului, deplasările absolute ale punctului 3 au avut o rată de creștere mai accentuată provenită dintr-o deplasare elastică la care s-a adăugat deplasarea plastică (Fig. 13).

Din acest motiv pentru latura liberă nu s-a constatat aceeași liniaritate a deplasărilor, fapt normal ce pune în evidență comportarea rigidă în plan a planșeului.



Fig. 7. Instrumentarea planșeului



Fig. 8. Încărcarea planșeului

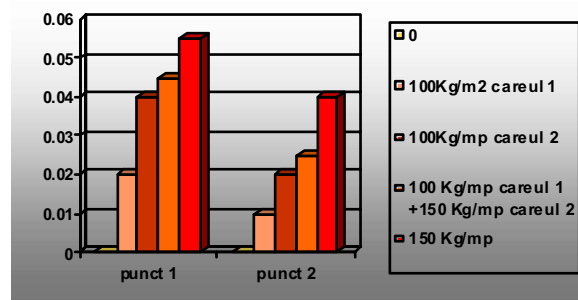
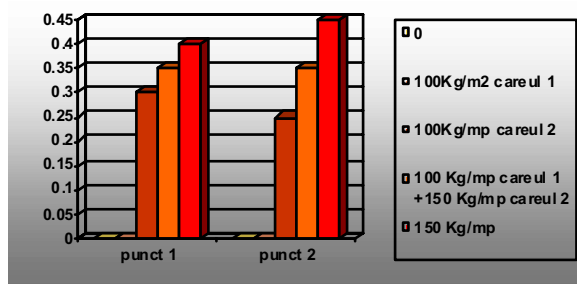


Fig. 8a. D eformații sub sarcina gravitațională

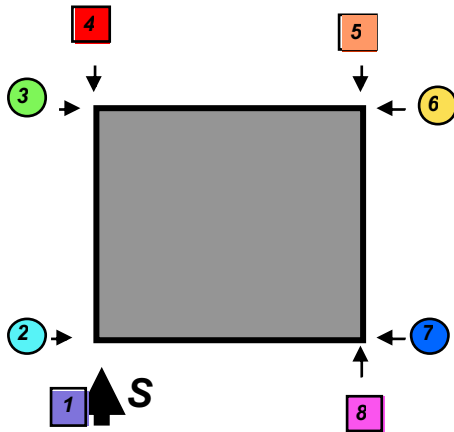


Fig. 9. Dispunerea punctelor de măsurare

Rezultatele obținute pentru solicitarea static-alternantă la deformații impuse s-au materializat în evaluări cantitative, cât și mai ales calitative. Având în vedere obiectivele încercărilor, respectiv comportarea planșelor la solicitarea combinată dintre încărcarea gravitațională compusă cu solicitarea orizontală în planul acoperișului, rezultatele calitative au avut ponderea cea mai mare.

După execuția planșului, acesta s-a menținut pe poziție timp de 28 zile până la maturizarea deplină a betonului. După această perioadă s-a trecut la precomprimarea laturii fixe prin intermediul buloanelor de prindere. Pentru a se evita strivirea locală a betonului s-au prevăzut plăci de repartiție montate înainte de turnarea betonului pentru a se asigura un contact intim între beton și acestea.

Pentru acționarea planșului s-au prevăzut prese hidraulice între reazemele fixe și punctele de acționare a forței. Pentru înregistrarea forțelor au fost prevăzute doze electromagnetice.

Încercarea propriu-zisă a constat în aplicarea, de o parte și de cealaltă a capătului liber, a unei forte corespunzătoare treptelor de încărcare și înregistrare a deformațiilor specifice pe cele două direcții principale ale fiecărui colț. Cele două componente au fost compuse rezultând deformația efectivă a fiecărui colț al planșului.

Sub încărcare gravitațională planșul a avut deformații limitate, mult sub săgeata maximă admisă, fiind egală cu 0.6 mm.

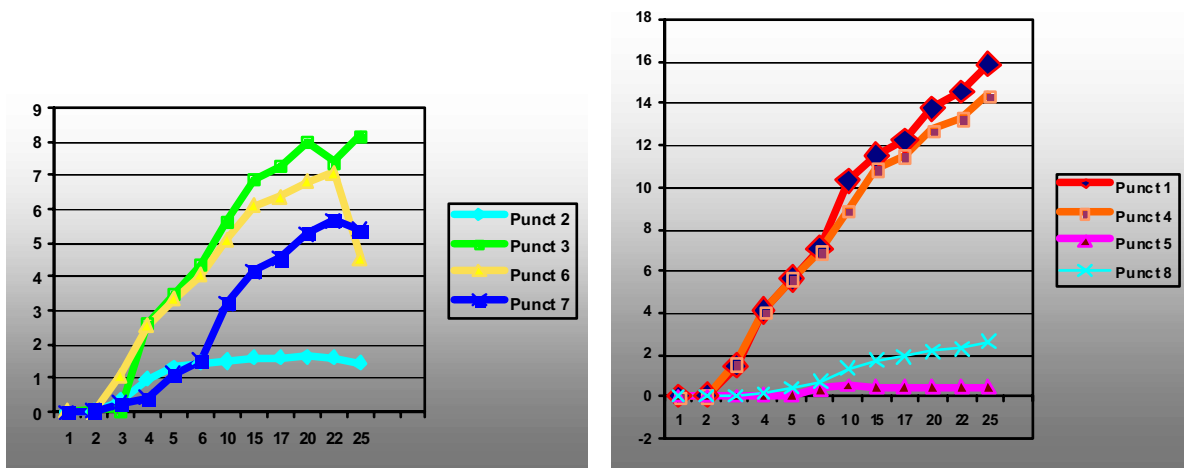


Fig. 10. Variația deplasărilor în plan orizontal pe direcția de acționare.

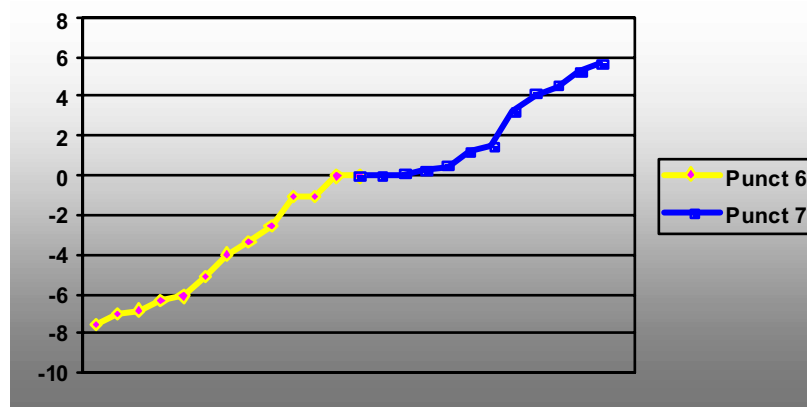


Fig. 12. Comportarea de ansamblu a laturii fixe a planșului

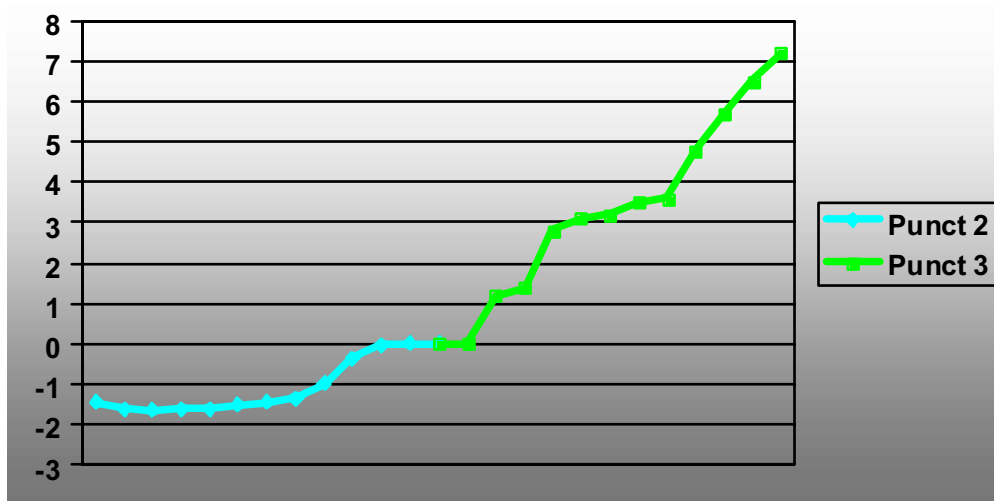


Fig. 13. Comportarea de ansamblu a laturii mobile a planșei

Planșeul nu a prezentat, în timpul încercării, fisuri datorate încărcărilor gravitaționale și nu s-au evidențiat variații ale valorilor săgeților.

Încercarea a fost condusă în trepte, până la apariția unor deplasări plastice semnificative rezultate din strivirea betonului în zona de încastrare, în jurul buloanelor de ancoraj, ce au continuat cu ruperea betonului în aceste secțiuni, moment în care s-a decis oprirea experimentului.

Primele fisuri au apărut în zona buloanelor de ancorare, sub plăcile de repartiție ca urmare a

depășirii capacității de rezistență a centurii la eforturi de întindere (Fig. 14).

Cedarea reazemelor s-a produs și prin fisurarea transversală a centurilor la rezemare, efect normal pentru starea de eforturi care s-au dezvoltat în această zonă (Fig. 15). Pentru confirmarea aspectelor tehnologice ale sistemului de grinzi și corpuri de umplutură s-a efectuat tăierea planșeului cu mijloace mecanice, pentru a se constata comportarea conlucrării dintre beton și elementele de umplutură pe de o parte și comportarea grinzilor dese, pe de altă parte.



Fig. 14. Fisurarea zonei de prindere a centurilor planșeului



Fig. 15. Cedarea prin depășirea capacității de întindere a elementului de bordare



Fig. 16. Comportarea suprafețelor de contact dintre blocurile ceramice și stratul de beton din suprabetonare



Fig. 17. Diverse tipuri de secțiuni longitudinale caracteristice

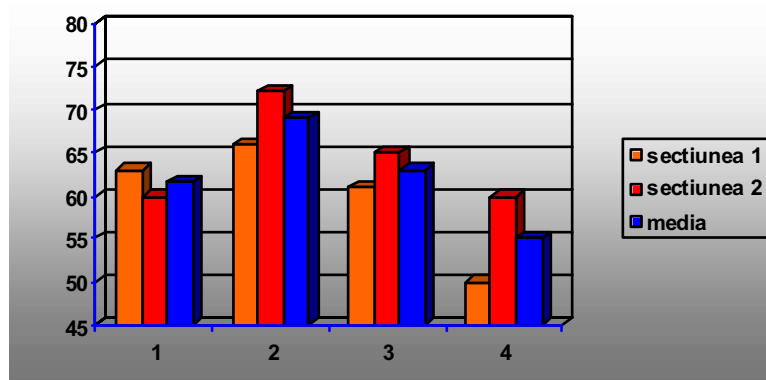


Fig. 18. Variația grosimii plăcii din suprabetonarea elementului

Concluzia a fost că betonul aderă foarte bine la elementele de umplură, precum și la betonul din pregrinzi. Nu s-au pus în evidență fisuri apărute din efectele forțelor taietoare (de

lunecare) apărute la suprafețele de contact, elementele comportându-se ca un element monolit (Fig. 16).

Aceeași comportare corespunzătoare s-a putut constata în cazul tipului doi de produse ceramice și a elementelor de cofraj pierdut (Fig. 17).

Cu ocazia investigațiilor efectuate s-a putut măsura grosimea suprabetonării realizată pentru o centură de bordaj cu înălțimea secțiunii de 25 cm. Grosimile de beton ale plăcii de suprabetonare au fost diferite pe lungimea elementului, valoarea medie fiind de circa 6. 5 cm, valorile individuale fiind prezentate în Fig. 18.

Cedarea reazemelor s-a produs la o deplasare reală dintre latura fixă și cea mobilă de 7. 89 cm pentru unul dintre experimente și de 13. 6 cm pentru celălalt dintre ele (Fig. 19).

6. Concluzii

- planșeul a avut o comportare corespunzătoare la sarcini gravitaționale având o rigiditate suficient de mare pentru a rezista și la solicitări gravitaționale de tip excepțional. După efectuarea testului propriu-zis s-a verificat capacitatea de rezistență la sarcini concentrate. Pentru această verificare s-a aplicat o forță concentrată de 3. 0 t prin intermediul unei suprafețe de 25 x 25 cm între grinzile de beton pe suprabetonarea din zona corpurilor de umplură. La cererea unuia dintre beneficiarii planșeului s-a încărcat suplimentar cu o suprasarcină de 18 t constatându-se o comportare foarte bună și în acest caz, s-a măsurat la jumătatea deschiderilor libere, rămânând în limitele săgeții admisibile;

- la solicitările în planul lor, planșeele au avut o comportare rigidă fără deformații semnificative între latura fixă și cea mobilă, deformația realizându-se prin rotirea de ansamblu a planșeului-comportare

rigidă de ansamblu (pentru toate tipurile de planșee încercate);

- planșeul cu grinzi și corpuri de umplură asigură realizarea unui element cu suprafețe plane ușor de realizat;

- nu este necesară realizarea unui cofraj la partea inferioară a planșeului, fiind necesar numai un eșafodaj dimensionat în funcție de încărcările tehnologice;

- montajul este ușor și nu necesită o forță de muncă calificată, productivitatea fiind ridicată;

- se pot rezolva ușor zonele speciale cum ar fi: goluri de instalații, goluri pentru scări, console, etc;

- grinzile se pot corecta ca lungime în limitele impuse de sistemul constructiv, prin tăiere cu mijloace mecanice.

BIBLIOGRAFIE

Bacco V., *Il manuale dei solai in laterizio*, LATERCONSULT, Roma.
Ciancabilla L. (1994), *Manual pentru planșee cu corpuri ceramice*.
LEP, *Manual pentru calculul planșeelor cu grinzi și corpuri de umplură*.

****, SR EN 13225 - *Produse prefabricate din beton. Elemente liniare de structură*.

****, SR EN 13224 - *Produse prefabricate din beton. Elemente de planșeu cu nervuri*.

****, SR EN 15037 - *Produse prefabricate din beton. Grinzi pentru sisteme de planșeu cu corpuri de umplură*.

****, STAS10107/0. 3-90 - *Construcții civile, industriale și agricole. Calculul elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat*.

****, SR EN 1992-1- *Calculul structurilor din beton armat*.

****, Planșee ceramic tip POROTHERM. Ghid de proiectare și execuție.



Fig. 19. Deplasări între reazemele planșeului.