



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
Facultatea de Construcții și Instalații
Școala Doctorală

Al XIII-lea simpozion național **Creații universitare**

Cercetări științifice interdisciplinare în Inginerie Civilă
2020



05 iunie 2020

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
Facultatea de Construcții și Instalații
Școala Doctorală

CREAȚII UNIVERSITARE

**Cercetări științifice interdisciplinare
în Inginerie Civilă**

2020



Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”
Iași 2020

al XIII-lea Simpozion National „Creații universitare”, Iași, 2020

Editori coordonatori:

Conf.univ. dr.ing. Petru MIHAI

Sef lucrari dr.ing. Gabriela COVATARIU

Publicație științifică

ISSN 2247-4161, ISSN-L 2247-4161

Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez"

b-dul Dumitru Mangeron nr. 43

Director, prof. univ. dr. ing. Constantin Ionescu

Redactor șef, șef lucrări dr. ing. Daniel Covatariu

e-mail: cionescu@ce.tuiasi.ro

C U P R I N S

1. Clasificarea structurilor tip cadru de beton armat și răspunsul seismic real al acestora din cadrul unor încercări experimentale pe platforme seismice – Ion Sococol	5 - 18
2. Remedierea defecțiunilor locale ale îmbrăcăminților asfaltice prin tehnologia cu infraroșu - Dana-Ramona Nanea	19 - 26
3. Antreprenorul și activitatea sa în construcții – Radu Rusu, Andrei Bejușcă, Ion Șerbănoiu	27 - 32
4. Comentarii privind clasificarea sistemelor structurale de zidărie amplasate în zona seismică vrânceană – Ion Sococol	33 - 41
5. Contribuții la betoanele armate cu fibre din deșeuri de mase plastice – Constantin Adrian Crețu	42 - 50
6. Mixturi asfaltice cu bitum spumat – Dumitru-Dragoș Hanganu	51 – 59
7. Study on seismic behavior of reinforced concrete beam-column joints: a state of art overview – Ahmad Abu-Halaweh	60 – 68

Această pagină a fost lăsată intenționat goală.

Clasificarea structurilor tip cadru de beton armat și răspunsul seismic real al acestora din cadrul unor încercări experimentale pe platforme seismice

Ion Sococol¹

¹doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, e-mail: ion_sococol@yahoo.com

Rezumat:

Structurile tip cadru de beton armat prezintă un interes deosebit pentru practica de proiectare a inginerilor structuriști, încât fac parte din categoria sistemelor structurale seismo-rezistente des regăsite în zonele cu seismicitate redusă, medie și înaltă. Cu toate acestea, conform normativului (P100-1, 2013) structurile tip cadru de beton armat nu dețin o clasificare clară în privința regimului de înălțime, rezistenței laterale, conceptului structural considerat (încă din faza de proiectare arhitecturală) etc., astfel încât în cele mai multe cazuri se fac erori ce pot afecta în cele din urmă viața oamenilor. De asemenea, nu se cunoaște răspunsul seismic real al ansamblului structural tip cadru de beton armat, fapt care pune la îndoială conceptul de proiectare ductil și modul de disipare a energiei seismice prin prisma elementelor laterale seismo-rezistente. În consecință, se dorește o clarificare a acestor aspecte ingineresti foarte importante.

Cuvinte cheie: construcții tip cadru de beton armat, sisteme structurale seismo-rezistente, mecanism plastic global, „pure” frame structure concept, încercări experimentale, platforme seismice, disiparea energiei seismice.

1. INTRODUCERE

Structurile tip cadru de beton armat se pot clasifica funcție de rezistența laterală în:

- sisteme structurale proiectate doar la încărcări gravitaționale;
- sisteme structurale seismo-rezistente.

Sistemele structurale seismo-rezistente tip cadru de beton armat se pot clasifica la rândul lor în:

- sisteme structurale seismo-rezistente neductile;
- sisteme structurale seismo-rezistente ductile.

La rândul lor, sistemele structurale seismo-rezistente ductile se pot clasifica funcție de:

- conceptul arhitectural-structural considerat;
- regimul de înălțime.

Conceptul arhitectural-structural prinde contur încă din faza de proiectare arhitecturală, și poate avea următoarele forme (Sococol *et al.*, 2019):

- MRR (**M**ore **R**esistance and **R**igidity) concept;
- „Pure” frame structure concept;
- Flexible (free) partition concept;
- Concept of the masonry infill structural fuse.

Toate aceste clasificări imprimă o „vizualizare” de ansamblu asupra modului de gândire ingineresc și oferă posibilitatea inginerului structurist/ arhitectului să decidă pe care direcție va merge încă din etapa de proiectare. Din această perspectivă se poate de scos în evidență o problemă general valabilă în etapa de proiectare, când structura tip cadru de beton armat este considerată în etapa de evaluare a eforturilor de calcul ca având în alcătuirea sa, doar elemente structurale rezistente-lateral (stâlpi, grinzi, plăci) („pure” frame structure concept), iar pe șantier, construindu-se o structură tip cadru cu pereți înrâmați (MRR concept). Tocmai de aceea se dorește cunoașterea răspunsului seismic real prin baza rezultatelor oferite de experimentele pe platforme seismice ale unor sisteme structurale pure tip cadru de beton armat, pentru ca să se cunoască care este mecanismul corect de degradare/ deformare structurală/ de disipare a energiei seismice și care sunt elementele structurale disipative (degradabile). În urma dobândirii acestor cunoștințe, inginerul structurist poate să aleagă conștient tipul de sistem structural seismo-rezistent, fiind conștient și de posibilitățile de colaps.

2. CLASIFICAREA STRUCTURILOR TIP CADRU DE BETON ARMAT FUNCȚIE DE REZISTENȚA LATERALĂ

2.1. Sisteme structurale tip cadru de beton armat proiectate doar la încărcări gravitaționale

Structurile în cadre de beton armat proiectate doar la încărcări gravitaționale diferă ca mod de alcătuire / de proiectare / detaliere de structurile proiectate neductil. Acestea prezintă o inițiere clasică în ingineria structurilor și exprimă cunoașterea inginerilor dintr-o anumită perioadă de timp. Diferența primară dintre aceste tipuri

de structuri și cele proiectate neductil este necunoașterea prezenței cutremurelor în aria de construire și chiar necunoașterea fenomenelor dinamice în cazul celor proiectate doar la încărcări gravitaționale. De asemenea, în cazul acestor structuri nu se observă prin prisma elementelor structurale luate separat (stâlpi, grinzi, noduri, plăci), nici o urmă de concepere (urmată de detalierea propriu-zisă a elementelor structurale) seismo-rezistentă.

2.2. Sisteme structurale seismo-rezistente tip cadru de beton armat

2.2.1. Sisteme structurale seismo-rezistente neductile tip cadru de beton armat

Structurile proiectate neductil reprezintă o filieră conceptuală care admite existența conceptului ductil. Astfel, utilizarea acestor tipuri de construcții pot apărea sub forma:

- Construcții speciale (hidrocentrale, termocentrale, centrale nucleare-electrice etc.) care necesită o siguranță superioară celorlalte tipuri de structuri și a căror degradare nu trebuie să pună în pericol utilajele componente, activitatea personalului etc.;
- Construcții existente proiectate conform normativelor antiseismice mai vechi;
- Construcții curente proiectate din motive bine întemeiate de către inginerul proiectant, astfel încât soluția aleasă este mai economică decât soluția propusă de normativele în vigoare etc.;
- Construcții curente proiectate din neștiință de către inginerul proiectant etc.

Astfel, conștientizarea (încă din etapa de proiectare) faptului că acest tip de sistem structural astfel conceput va fi solicitat la o acțiune seismică (lucru detectabil cu ajutorul amplasamentului structurii) implică cunoașterea de către inginerul structurist a răspunsului seismic așteptat și modul de cedare fragil a acestor tipuri de structuri (fig.1). În aceste condiții, structura de rezistență va fi proiectată la acțiuni seismice orizontale foarte mari (fig.1), rezultând secțiuni transversale ale elementelor structurale mult mai mari. Modul de armare a structurii poate să nu difere de cel utilizat în cazul sistemelor tip cadru de beton armat proiectate doar la încărcări gravitaționale.

De asemenea, trebuie de menționat și faptul căci aceste tipuri de structuri cad sub incidența caracterului imprevizibil al acțiunii seismice, astfel putând fi atinsă limita elastică de proiectare considerată de inginerul structurist iar structura să cedeze fragil (printr-un colaps general sau alt tip de mecanism de cedare).

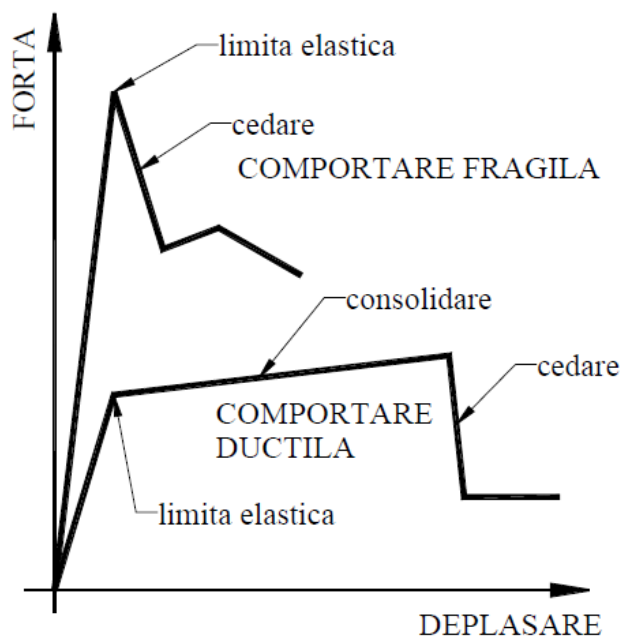


Fig. 1. Reprezentarea principală a unei comportări ductile și fragile a structurii (Stratan, 2014).

2.2.2. Sisteme structurale seismo-rezistente ductile tip cadru de beton armat

Sistemele structurale dezvoltate după conceptul de proiectare ductil (în care fac parte și structurile tip cadru de beton armat) încep să prindă contur la începutul anilor 1969-1970 în Noua Zeelandă, SUA și Japonia (Sococol, 2019). Astfel, structurile tip cadru de beton armat dezvoltate conform acestui concept dețin o capacitate de deformare în domeniul plastic de comportare în anumite zone special detaliate/ armate încât să permită structurii o deplasare laterală importantă dar fără producerea colapsului (Sococol *et al.*, 2019). În felul acesta, s-au pus bazele unei proiectări seismice inovative pentru structurile amplasate în zone seismice.

În cazul structurilor seismo-rezistente tip cadru de beton armat, mecanismul global de deformare laterală ar trebui să arate în condiții ideale de răspuns seismic sub forma din fig.2. Practic, structura este proiectată în maniera în care zonele disipative se dezvoltă la capete de grinzi (indiferent de regimul de înălțime a structurii) și la capetele de stâlpi de la parter (în zona de încastrare a acestora în fundații).

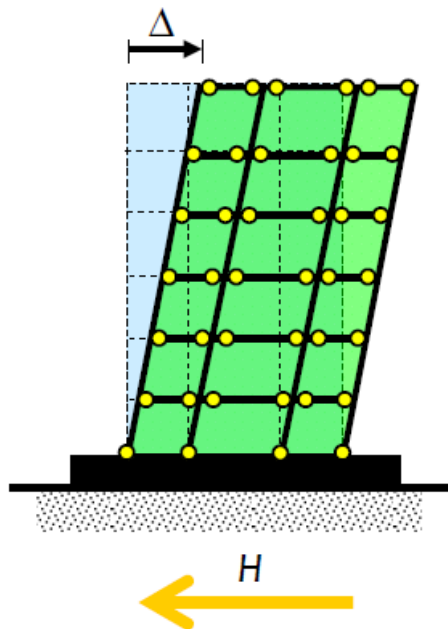


Fig. 2. Mecanismul plastic global considerat în normativul (P100-1, 2013) în cazul structurilor tip cadru de beton armat solicitate la o acțiune seismică severă (Murty *et al.*, 2012).

La momentul actual, majoritatea normativelor antiseismice din întreaga lume au la bază proiectarea structurilor după conceptul ductil. În aceste condiții, normativul de proiectare seismică românesc în vigoare (P100-1, 2013) are la bază aceleași principii.

3. CLASIFICAREA STRUCTURILOR SEISMO-REZISTENTE DUCTILE TIP CADRU DE BETON ARMAT

3.1. Clasificarea sistemelor seismo-rezistente ductile tip cadru de beton armat funcție de conceptul arhitectural-structural considerat

În unele cărți de specialitate cu referire clară spre proiectarea seismică a structurilor de beton armat (Paulay & Priestley, 1992) cât și în unele normative americane (FEMA 454, 2006), (FEMA E-74, 2012), apar unele soluții conceptuale de îmbunătățire a răspunsului seismic pentru sistemul tip cadru, din nevoia de a

sincroniza modelele practice (ex.: structuri tip cadru de b.a. cu zidărie înrămată etc.) cu proiectarea teoretică (ex.:considerarea în etapa de proiectare a structurii tip cadru de b.a. ca fiind o structură „pură”, iar în practică, aceasta are pereți înrămați în cadre etc.). De asemenea, în unele articole de specialitate (Aliaari & Memari, 2012) apar și unele alternative conceptuale practice pentru același tip de sistem structural dar pe alt tip de material (ex.: metal etc.) care pot deveni în consecință o posibilitate de implementare reală pentru structurile tip cadru de beton armat. Astfel, conform articolului (Sococol *et al.*, 2019) se pot aplica (încă din faza de proiectare) și clasifica următoarele concepte structurale:

- MRR (**M**ore **R**esistance and **R**igidity) concept (FEMA 454, 2006);
- „Pure” frame structure concept (Paulay & Priestley, 1992), (FEMA E-74, 2012);
- Flexible (free) partition concept (FEMA E-74, 2012);
- Concept of the masonry infill structural fuse (Aliaari & Memari, 2012).

3.1.1. MRR (*More Resistance and Rigidity*) concept

Acest concept are la bază creșterea rezistenței și rigidității structurii prin intermediul creșterii corespunzătoare a rezistenței și rigidității fiecărui nivel, cu implicații de răspuns seismic în domeniul neliniar de comportare. Astfel, sistemul structural prezintă în faza de proiectare, valori a factorilor de comportare q foarte mici și secțiuni transversale ale elementelor structurale foarte mari. Sistemul structural deține capacitate de deformare plastică redusă și zone cu potențial plastic de deformare redus. În acest fel, conceptul MRR face parte din categoria conceptului de proiectare disipativ dar încadrează sistemul structural în clasa de ductilitate medie.

În practica curentă, acest concept se poate atribui structurilor tip cadru de beton armat cu pereți înrămați în cadre, încât structurile astfel concepute prezintă o creștere semnificativă a rezistenței și rigidității laterale la o acțiune seismică medie și severă (datorată prezenței și aportului de rezistență și rigiditate adus de aceștia (de pereții înrămați)).

3.1.2. „Pure” frame structure concept

Acest concept nu spune altceva decât faptul că doar structura de rezistență a sistemului tip cadru de beton armat formată din elementele structurale (stâlpi, grinzi, plăci) participă la răspunsul seismic structural, fără ca alte elemente nestructurale să afecteze natura răspunsului seismic. Acest tip de concept și

conformare structurală face parte din categoria conceptului de proiectare disipativă, încât sistemul structural se prezintă în forma ideală, cu zone disipative semnificative și capacitate de deformare inelastică importantă. În practica curentă nu se regăsesc structuri tip cadru de beton armat în forma „pură” (fapt care poate fi pus în operă prin izolarea pereților nestructurali de scheletul principal rezistent la acțiunea orizontală (Sococol *et al.*, 2019) (fig.3), (fig.4), dar care se pot regăsi în laboratoarele de specialitate sub forma modelelor experimentale scalate.

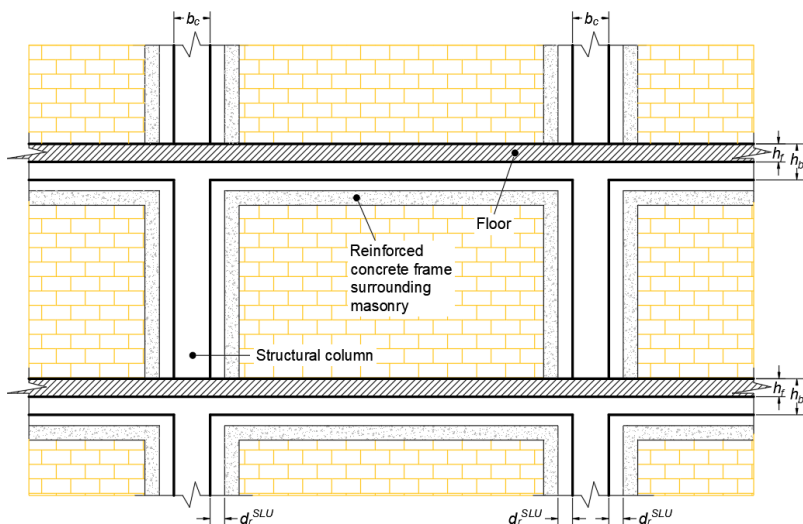


Fig. 3. Izolarea pereților de zidărie prin centuri și stâlpișori de beton armat (Sococol *et al.*, 2019).

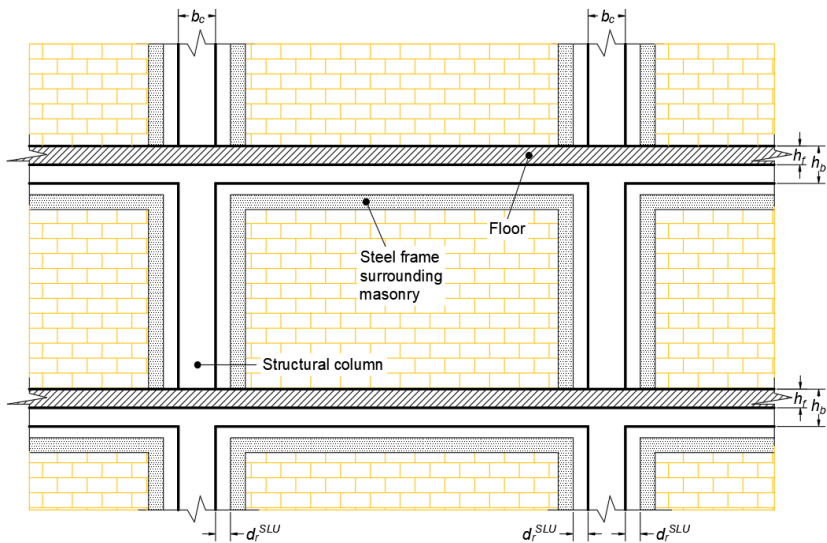


Fig. 4. Izolarea pereților de zidărie prin intermediul cadrelor metalice (Sococol *et al.*, 2019).

3.1.3. Flexible (free) partition concept

Conceptul respectiv permite prinderea articulată (flexibilă) a elementelor nestructurale de structura rezistentă din punct de vedere seismic. Astfel, elementele nestructurale participă nesemnificativ la răspunsul seismic structural global și nu afectează semnificativ natura acestuia. Ca și în cazul „Pure” frame structure concept, conceptul Flexible (free) partition face parte din categoria conceptului de proiectare disipativă, deoarece sistemul structural tip cadru de beton armat prezintă deformații în zonele cu potențial de degradare/ fisurare importantă. În practica curentă se regăsește această conformare structurală pentru structurile tip cadru de beton armat în componența cărora pereții despărțitori sau cei de fațadă sunt „prinși” mecanic (articulat, flexibil) de elementele structurale (grinzi, stâlpi, plăci) sub forma din fig.5.

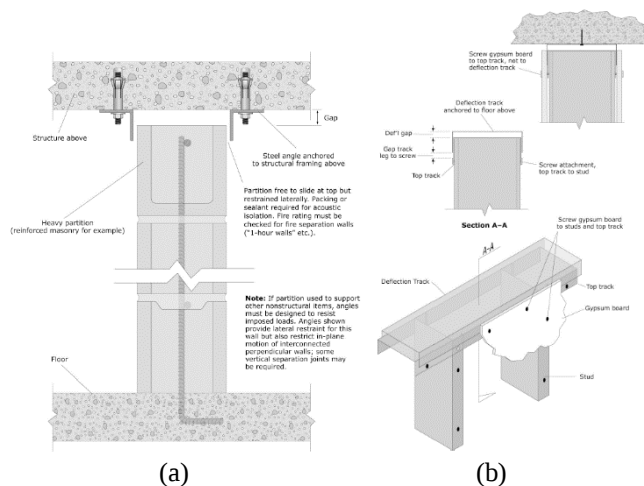


Fig. 5. (a) Perete despărțitor „legat” flexibil de placă (FEMA E-74, 2012); (b) Perete despărțitor format din profile subțiri trase la rece „prins” flexibil la partea superioară cu un dublu profil U (FEMA E-74, 2012).

3.1.4. Concept of the masonry infill structural fuse (Aliaari & Memari, 2012)

Conform acestui concept, pereții înrâmați în cadrele de beton armat pot participa la preluarea forțelor seismice (pentru seisme moderate) și în același timp rămân izolați (pentru evenimente seismice majore). În aceste condiții, elementele structurale se pot deforma corespunzător, prezentând un comportament ductil, ca și întreg ansamblul structural. Mai multe detalii se pot găsi în sursa (Aliaari & Memari, 2012).

4. CLASIFICAREA SISTEMELOR SEISMO-REZISTENTE DUCTILE TIP CADRU DE BETON ARMAT FUNCȚIE DE REGIMUL DE ÎNĂLȚIME

O clasificare a diferitelor tipuri de sisteme structurale seismo-rezistente din diverse materiale funcție de regimul de înălțime se regăsește în (Ishiyama, 2011). Această metodă japoneză de proiectare a structurilor funcție de:

- Regimul de înălțime a construcției;
- Cerințele structurale;
- Traseul de proiectare;

conturează o idee existentă și în normativele actuale românești de proiectare seismică (fără criterii aplicabile practic), și anume, creșterea redundanței structurii (capacității de redistribuire a eforturilor în domeniul nelinier de comportare) pentru un grad de nedeterminare statică mai mare. Întrebarea la care nu se găsește răspuns nici în normativul actual este:

Pentru ce valori a gradului de nedeterminare statică are loc această creștere semnificativă a redundanței structurale sau pentru ce tip de sistem structural, sau pentru ce tip de material component a elementelor structurale etc.?

În (Ishiyama, 2011) este trasat un mic răspuns în această privință prin intermediul clasificării structurilor funcție de regimul de înălțime, tipul de material folosit în alcătuirea elementelor structurale componente și funcție de tipul de sistem structural. În cazul de față, pentru sistemul seismo-rezistent tip cadru de beton armat, clasificarea respectivă ar arăta astfel:

- Clădiri cu regim mic de înălțime (*Small scale buildings*) ($H \leq 12(m)$) (P+3E);
- Clădiri cu regim mediu de înălțime (*Medium scale buildings*) ($12(m) < H \leq 20(m)$) (P+6E);
- Clădiri cu regim mare de înălțime (*Large scale buildings*) ($20(m) < H \leq 31(m)$) (P+9E);
- Clădiri cu regim mare de înălțime (*Large scale buildings*) ($31(m) < H \leq 60(m)$) (P+19E)
- Clădiri foarte înalte (cu regim foarte mare de înălțime) (*High-rise buildings*) ($H > 60(m)$).

Trebuie de menționat faptul că pentru clădirile cu regimul de înălțime mai mare de 31 (m), sistemul structural seismo-rezistent tip cadru de beton armat nu se practică a fi utilizat de sine stătător (independent), doar împreună cu sistemul seismo-rezistent tip pereți (cuplați sau nu) de beton armat, adică sistemul dual.

5. RĂSPUNSUL SEISMIC REAL AL UNOR SISTEME STRUCTURALE SEISMO-REZISTENTE PURE TIP CADRU DE BETON ARMAT CU REGIM MIC ȘI MEDIU DE ÎNĂLȚIME ALCĂTUITE CONFORM CONCEPTULUI DE PROIECTARE DUCTIL

În ultimul deceniu s-au efectuat o multitudine de încercări pe platforme seismice studiindu-se diverse fenomene/mecanisme de cedare a structurilor pure tip cadru de beton armat concepute după conceptul de proiectare ductil. Un exemplu important este testul pe platforma seismică realizat de (Li *et al.*, 2016) cu scopul de a studia procesul de degradare structurală generală (colaps general) pentru o tramă pură tip cadru de beton armat cu regimul de înălțime P+2E. Astfel, s-a dorit să se pună în evidență verificarea metodelor analitice existente, în special modul de lucru pentru cazul deplasărilor mari și torsiunii de ansamblu (*large displacement and rotation*) cât și a instabilității generale, normele de proiectare actuale (*din China*), proprietățile dinamice, deplasările și accelerațiile înregistrate pe structură, modul de rupere a elementelor structurale cât și mecanismul redundant de transmitere a forțelor orizontale de la un element rezistent la altul. În aceste condiții, s-au observat următoarele:

- Stabilitatea structurii s-a înregistrat pentru o valoare maximă a deplasării relative de nivel (*drift ratio*) de 12.51%, fapt care validează prezența suprarezistenței tramei și a ductilității acesteia;
- Colapsul tuturor etajelor s-a produs după cedarea articulațiilor plastice din stâlpii fiecărui nivel (fig.6). Colapsul parterului a rezultat ruperea stâlpilor în zona articulațiilor plastice, etajul 1 și 2 s-a prăbușit în urma combinării efectelor produse de cedarea articulațiilor plastice în stâlpi și forței tăietoare în zona adiacentă **nodului care face corp comun cu grinzile și planșeul rigid** (această forță tăietoare este datorată și acțiunii mecanice de impact în urma prăbușirii parterului/ etajului 1, stâlpii fiind cei mai sensibili), fapt care validează rezultatele oferite de (Haselton *et al.*, 2011);
- În timpul producerii colapsului s-au înregistrat oscilații locale mari care au generat un răspuns în accelerații foarte mare, atât pe componenta orizontală cât și pe cea verticală;

Detalii:

- Curgerea armăturii longitudinale s-a înregistrat în zona articulației plastice superioare în stâlpii de la parter după care s-a extins și în zona inferioară;

- Odată cu creșterea accelerației orizontale se înregistrează fisuri în zonele de îmbinare pentru toate elementele structurale (stâlpi, grinzi, noduri, planșee);
- Fisurile existente își dezvoltă deschiderea și are loc expulzarea acoperirii cu beton, iar armăturile își extind deformațiile în domeniul plastic de comportare;
- După ce s-a finisat testul 7, capetele stâlpilor de la parter sunt degradate consistent, fiind epuizată suprarezistența și capacitatea de absorbție a energiei seismice. În aceste condiții este asigurată doar stabilitatea structurii pentru încărcări gravitaționale, iar structura prezintă risc major de colaps pentru o eventuală acțiune seismică. Stâlpii de la etajul 1 sunt degradați moderat iar cei de la etajul 2 prezintă doar câteva fisuri.

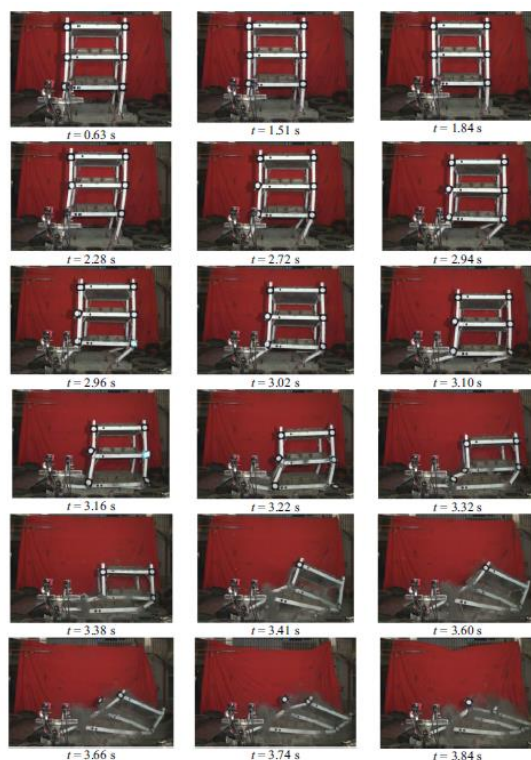


Fig. 6. Procesul de colaps al tramei de beton armat pentru testul 8 (Li *et al.*, 2016).

Un alt studiu important efectuat de (Hou *et al.*, 2017) pune în evidență nu doar modul de disipare a energiei seismice pentru o structură P+1E tip cadru de beton armat (fig.7), dar și rezultatele analizelor numerice. Astfel, s-au înregistrat

deformații locale în zona adiacentă nodului (fig.8) pentru ambele extremități ale stâlpilor de la parter, răspuns care validează rezultatele oferite de (Haselton *et al.*, 2011). Rezultatele analitice au validat observațiile de laborator, verificându-se prin acest mod și corectitudinea teoretică.

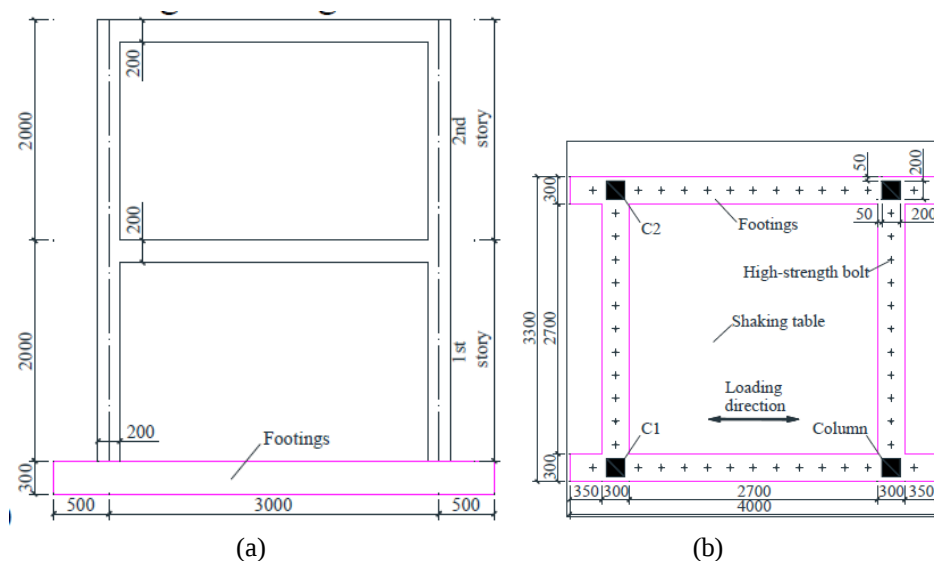


Fig. 7. a) Dimensiunile în elevație a prototipului; b) Dimensiunile în plan (Hou *et al.*, 2017).

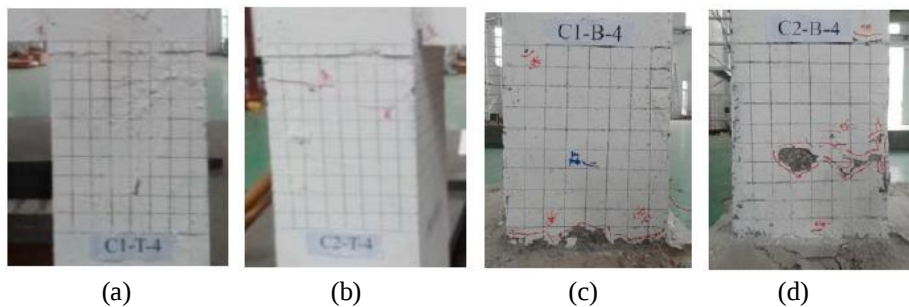


Fig. 8. Observațiile experimentale în zonele de degradare pronunțată ale stâlpilor: a) C1 – sus; b) C2 – sus; c) C1 – jos; d) C2 – jos (Hou *et al.*, 2017).

6. CONCLUZII

- Structurile tip cadru de b.a. astfel clasificate sunt mai ușor de înțeles de către inginerii structuriști, reducându-se în acest mod și riscul erorilor de concepere architectural-structurală încă din faza inițială de proiectare;
- Clasificarea structurilor tip cadru de b.a. funcție de regimul de înălțime rezolvă într-o oarecare măsură una din problemele foarte importante din normativul (P100-1, 2013), și anume creșterea redundanței structurale o dată cu creșterea gradului de nedeterminare statică prin prisma creșterii regimului de înălțime;
- Normativele în vigoare prezintă deficiențe cu privire la modul de disipare a energiei seismice pentru structurile pure tip cadru de beton armat cu regim mic și mediu de înălțime proiectate conform conceptului ductil;
- Stâlpii sunt elemente disipative (încât prezintă degradări), fapt contradictoriu prezentei concepții de proiectare (stâlpii lucrează în domeniul elastic de comportare);
- Grinzile fac corp comun cu placa (deci păstrează rigiditatea în plan a acesteia) și nu prezintă deformări importate (nu sunt principalele elemente structurale disipative – contrar conceptului de proiectare ductil), putând fi considerate elemente disipative secundare;
- Trebuie studiată influența rigidității plăcii asupra nodului și grinzilor și modul de rezolvare a acestei probleme sau o modalitate de creștere a rigidității și rezistenței stâlpilor.

Bibliografie

1. P100-1, *Cod de proiectare seismică, Partea-I, Prevederi de proiectare pentru clădiri*, UTCB, 2013.
2. FEMA E-74, *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide*, December, 2012.
3. FEMA 454, *Risk Management Series, Designing for Earthquakes, A Manual for Architects*, NEHRP, 2006.
4. Aliaari M., Memari A.M., *Development of a Seismic Design Approach for Infill Walls Equipped with Structural Fuse*, The Open Civil Engineering Journal, 2012, 6, 249-263.
5. Haselton C.B., Liel A.B., Deierlein G.G., Dean B.S., Chou J.H., *Seismic Collapse Safety of Reinforced Concrete Buildings. I: Assessment of Ductile Moment Frames*, Journal of Structural Engineering, Vol. 137, No. 4, April 1, 2011.
6. Hou S., Zhang H., Han X., Ou J., *Damage monitoring of the RC frame shaking table test and comparison with FEM results*, Procedia Engineering 210 (2017) 393–400.

7. Ishiyama Y., *Introduction to Earthquake Engineering and Seismic Codes in the World*, Hokkaido University, 2011.
8. Li S., Zuo Z., Zhai C., Xu S., Xie L., *Shaking table test on the collapse process of a three-story reinforced concrete frame structure*, Engineering Structures 118 (2016) 156-166.
9. Murty C.V.R., Goswami R., Vijayanarayanan A.R., Mehta V.V., *Some concepts in earthquake behaviour of buildings*, Gujarat State Disaster Management Authority, Government of Gujarat, India, 2012.
10. Paulay T., Priestley M.J.N., *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*, John Wiley & Sons, 1992.
11. Stratan A., *Dinamica structurilor și inginerie seismică. Note de curs*, Timișoara, 2014.
12. Sococol I., *Dezvoltarea sistemelor structurale rezistente la cutremur și măsurile pentru asigurarea ductilității elementelor sistemului tip cadru de beton armat*, Al XII-lea Simpozion Național „Creații Universitare 2019”, Editura Societății Academice „Matei-Teiu Botez”, Iași, România, 5 iunie 2019.
13. Sococol I., Mihai P., Pruteanu M., Iftode V., *Negative Influences (Effects) of Masonry Infilled RC Frames to Seismic Response of RC Frame Systems and Practical Methods (Solutions) for These Problems (State of the Art)*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Publicat de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Secția Construcții. Arhitectură, Volumul 65 (69), Numărul 4, 2019.

Remedierea defecțiunilor locale ale îmbrăcăminților asfaltice prin tehnologia cu infraroșu

Dana-Ramona Nanea¹,

¹doctorand, Facultatea de Constructii si Instalatii Iasi, ramona.nanea@gmail.com

Rezumat

Tehnologia IR (infraroșu) de remediere a defecțiunilor îmbrăcăminților bituminoase se aplică în general pentru remedierea unor defecte locale, cum sunt: gropi, văluriri și refulări, suprafețe încrețite, praguri, dâmburi, rupturi de margine, fisuri și crăpături, faianțări, fâgașe longitudinale, tasări locale, peladă. Această tehnologie este recomandată pe suprafețe mici și medii, având ca avantaj reducerea numărului de utilaje necesare realizării lucrărilor, precum și a personalului deservent.

Această tehnologie se aplică atât la remedieri cu caracter permanent cât și la lucrări efectuate în regim de urgență.

Tehnologia poate fi aplicată fie prin reciclarea locală a mixturii în zona cu defecte, iar dacă se impune realizarea unor lucrări de corecție, se poate adăuga agent de întinerire sau mixtură asfaltică la cald, obținută în reciclatorul mobil. Dacă se dorește numai reîntinerirea, atunci se execută numai scarificare și pulverizarea agentului de întinerire.

Cuvinte cheie: IR, reparații, reciclare, reîntinerirea mixturilor asfaltice.

1. INTRODUCERE

În vederea remedierii unor defecțiuni locale ale îmbrăcăminții asfaltice cum sunt peladă, văluriri și refulări, suprafață încrețită, praguri, fisuri și crăpături, fâgașe, gropi, tasări locale, se pot utiliza diferite tehnologii de reparație. Una dintre cele mai actuale tehnologii de reparații locale este aceea de reciclare a mixturii asfaltice la cald cu panouri cu infraroșu. Tehnologia IR (infraroșu) este una destul de recentă, apărută în urmă cu aproximativ 10 ani și a fost deja testată pentru lucrări de reparații.

Principala problemă cu care se confruntă administratorii de drumuri și de străzi sunt gropile care apar în timpul exploatării în îmbrăcămințile rutiere bituminoase.

Cauzele pot fi diferite, depinzând atât de modul de proiectare cât și de tehnologia de execuție, de materialele utilizate, de gradul de solicitare a acestora sub trafic, de

gradul de îmbătrânire dar și de frecvența și modul de efectuare a lucrărilor de întreținere și reparație.

Majoritatea defecțiunilor locale apar în special pe timp friguros din cauza fenomenului de îngheț-dezgheț. În această perioadă drumurile și străzile sunt acoperite cu zăpadă peste care se împrăștie material antiderapant cu conținut ridicat de sare care, din cauza efectului hidrofob pronunțat, contribuie semnificativ la apariția degradărilor. Aceasta este perioada cea mai favorabilă de apariție a gropilor în asfalt care îngreunează și mai mult circulația pe timpul friguros. Dacă în această perioadă nu se intervine rapid, starea drumurilor și a străzilor se agravează din ce în ce mai mult, gropile mărimdu-se semnificativ.

Datorită faptului că iarna stațiile de asfalt nu funcționează, majoritatea lucrărilor de reparații efectuându-se cu asfalt la rece, precum și datorită faptului că acest tip de lucrare este una provizorie, s-a concluzionat că pentru a menține cât mai mult timp în stare bună lucrarea de reparație efectuată, este necesar că asfaltul utilizat să adere cât mai bine de suprafața existentă până la definitivarea covorului asfaltic în primăvara următoare. Pentru a elimina acest interval care cel mai adesea este de câteva luni, în intervalul iarnă-primăvară, în ipoteza cea mai favorabilă a faptului că următoarele lucrări definitive de reparații se vor executa în sezonul imediat următor, se utilizează o tehnologie la cald însoțită cu aplicare locală, tehnologie ce implică un consum mai mic de resurse decât în cazul clasicelor plombări cu mixtură asfaltică la cald.

Este cunoscut faptul că lucrările de reparații efectuate mai ales pe timp nefavorabil, atunci când apar cel mai adesea, se execută defectuos în general datorită slabei adhezivități a stratului ca urmare a ploilor și temperaturilor scăzute din sezonul rece. De asemenea, este cunoscut faptul că intervențiile cât mai rapide în remedierea defecțiunilor locale conduc la o îmbunătățire a suprafeței stratului de uzură; se reduce extinderea dimensiunilor gropilor în timp, ceea ce ar avea ca efect o degradare din ce în ce mai mare a părții carosabile și ar compromite viabilitatea părții carosabile, punând în pericol siguranța circulației.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

2.1. Reglementări tehnice privind remedierea defecțiunilor îmbrăcăminților bituminoase în țara noastră.

În țara noastră sunt în vigoare următoarele reglementări privind lucrările de asfaltare, de care se va ține cont la realizarea lucrărilor prin tehnologia cu IR:

- Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile moderne. Indicativ AND 547 – 2013;
- Condiții tehnice de proiectare, preparare, punere în opera a mixturilor asfaltice. Indicativ AND 605 – 2016;

Reglementarea tehnică AND 547 cuprinde toate tehnologiile aplicabile pentru reparațiile structurilor rutiere, inclusiv a celor enumerate mai sus.

Datorită faptului că norma românească de efectuare a lucrărilor de așternere a asfaltului la cald, în care se specifică temperatura minimă a suportului (cel puțin 10°C), fără umiditate și vânt în timpul efectuării lucrărilor, se constată că perioada în care se pot efectua reparații exclude timpul friguros, între 15 noiembrie -15 martie, ceea ce înseamnă că în accepțiunea respectării acestor condiții, nimeni nu poate interveni asupra defecțiunilor ce pot pune în pericol siguranța circulației, lăsându-se astfel responsabilitatea pe seama conducătorilor auto de a evita zonele cu degradări.

Prin reparații cu tehnologia IR se propun a se realiza lucrări de reparații locale prin plombare la cald și refacere a covorului asfaltic, în cazul remedierii gropilor, cu respectarea normativului AND 605.

2.2. Tehnologia nouă cu IR standardizată în România

În anul 2014, membrii Comitetului tehnic de specialitate al Ministerului Dezvoltării Regionale și Administrației Publice au avizat favorabil reglementarea tehnică aferentă tehnologiei pentru remedierea și reciclarea îmbrăcăminților asfaltice utilizând surse de caldură în infraroșu (IR), aceasta fiind introdusă ca anexă la normativul AND 547-2013. Tehnologia este nouă dar implementată deja de CNAIR la diverse obiective: podul peste Dunăre Giurgiu – Ruse, podul de la Șoimuș, diverse drumuri naționale și autostrăzi din administrarea CNAIR.

2.3. Procesul tehnologic de remediere a defecțiunilor cu IR

Repararea și reciclarea îmbrăcăminților asfaltice utilizând tehnologia IR (infraroșu) are la bază încălzirea și înmuierea asfaltului prin topirea bitumului din compoziția asfaltului utilizând panouri radiante cu raze infraroșii „IR” până la temperatura de 160°C, temperatură la care se poate face prelucrarea asfaltului, respectiv scarificare, regenerare, completare cu mixtură caldă, nivelare și compactare.

Tehnologia de remediere a defecțiunilor la îmbrăcămințile rutiere bituminoase și reciclarea „în situ” la cald a asfaltului, prin utilizarea surselor de încălzire cu raze infraroșii, se poate aplica în următoarele cazuri:

- La tratamente de suprafață, colmatare fisuri, crăpături și rosturi;
- La lucrări de intervenție pe timp friguros, ca lucrări permanente;

Plombarea gropilor izolate prin realizarea unor lucrări rapide, fără așternere de covoare asfaltice pe suprafețe extinse, ce implică costuri suplimentare, mobilizarea de echipamente și personal.

Suprafața rezultată este etanșă inclusiv la rost. Principalul avantaj este posibilitatea utilizării materialului frezat și reciclat ca material de adaos, precum și reducerea la minim a utilajelor utilizate la acest gen de lucrări.

Echipamentul cu IR este constituit dintr-un panou radiant utilizat la încălzirea cotrolată a zonei cu defecțiuni, un termocontainer utilizat la încălzirea materialului cu adaos ce are posibilitatea de a menține temperatura mixturii asfaltice calde, un reciclator mobil utilizat la corecția mixturilor asfaltice cu material de aport, utilaj cu panou radiant și termocontainer pentru transportul materialelor de adaos, utilaj cu panou radiant și reciclator pentru corectarea conținutului mixturilor asfaltice sau preîncălzirea materialului de adaos stocabil.

Echipamentul se furnizează în diferite forme și dimensiuni în funcție de tipul și anvergura defecțiunii ce se dorește a se remedia precum și de productivitatea propusă. La suprafețe mari este de preferat a se cupla mai multe panouri radiante simultan pentru a se elimina dezavantajele ce pot apărea la execuția pe porțiuni mici, cum sunt lipsa planeității și productivitatea scăzută. În cazul fâgașelor se poate realiza încălzirea din mers. Datorită faptului că părțile componente ale utilajului funcționează proporțional și concomitent cu cantitatea de lucrare, este de preferat ca productivitatea reciclatorului să fie corelată cu cea a panoului radiant, pentru a se evita încălzirea inutilă a materialului. Se va încălzi strict atât cât este necesar pentru remedierea defecțiunii pe suprafață marcată, și nu suprafețe în plus, lucru care ar necesita scarificare și compactare ulterioare.

Etape tehnologice de realizare a lucrărilor de reparații cu tehnologie IR:

Pregătirea suprafeței, care constă în măturarea suprafeței cu mătura mecanică sau manual, eliberarea de corpurile straine aderente, pământ, etc. De asemeni se elimină și apa de la suprafață și dacă este cazul se usucă suprafața de reparat cu panoul radiant. Zona astfel pregătită se marchează după un contur regulat.

Termoprofilarea, care constă în încălzirea suprafeței existente a îmbrăcăminții asfaltice. Constă în încălzirea treptată, fără degradarea termică a liantului din asfaltul existent. Încălzirea se face cu propan până la o temperatură de 160 ... 180 °C, pe adâncimea stratului sau pe 6...8 cm, până când materialul devine prelucrabil și nu are umiditate. Încălzirea se realizează cu un panou radiant, care va avea că efect înmuierea asfaltului din strat până la punctul când devine prelucrabil. Cu același panou care este dotat cu un termocontainer (sau reciclator) se încălzește concomitent și materialul de adaos, rezultat din dislocarea și scarificarea mixturii din strat sau se poate completa cu material de adaos ce poate fi mixtură asfaltică stocabilă sau mixtură asfaltică reciclată. Materialul încălzit se scarifică manual cu grebla și cazmaua în interiorului conturului delimitat astfel încât să se lase o margine de 5... 10 cm nescarificată.

Fuziunea, care constă în încălzirea marginii îmbrăcăminții asfaltice pe zona care se dorește a se remedia, urmată de scarificarea și întrepătrunderea cu stratul nou prin compactare. În cazul fisurilor/ crăpăturilor se încălzește zona respectivă, după care se scarifică și se realizează întrepătrunderea prin compactare.

Termoregenerarea, care constă în reciclarea în situ a mixturii asfaltice din strat în zona cu defecțiuni, prin adăugarea unui “agent de reîntinerire” și omogenizarea cu mixtura asfaltică scarificată. Pe zona scarificată se adaugă o soluție emulsionabilă

care are ca rol îmbunătățirea proprietăților de adezivitate și elasticitate a bitumului din asfaltul existent. Aplicarea se face prin pulverizare.

Reîntinerirea mixturii asfaltice, care constă în îmbunătățirea caracteristicilor bitumului degradat din îmbrăcămintea existentă, ca urmare a îmbătrânirii, prin adăugarea unor aditivi. Aditivii au rolul de a îmbunătăți proprietățile mixturii asfaltice din stratul existent. Ca aditivi de reîntinerire se pot folosi substanțe ce au în compoziție maltene și asfaltene, și au rolul de a îmbunătăți proprietățile bitumului oxidat și îmbătrânit.

Una din principalele probleme date de mixturile asfaltice în timp este dată de procesul de îmbătrânire a bitumului, proces ce apare sub acțiunea aerului, traficului, razelor solare, etc. Conținutul de compuși din bitum poate fi corectat prin adăugarea unor substanțe ce corectează sau suplinează compușii lipsă, având că efect îmbunătățirea proprietăților de penetrație, vâscozitate, înmuierea. Aditivii de întinerire au rolul de a modifica proprietățile reologice ale bitumului din mixtură prin ameliorarea acestora. Adăugați în mixtura asfaltică, aditivii de întinerire au rol antioxidant, regenerator, plastifiant. Cantitatea de substanță de întinerire sub formă de emulsii ce au în compoziție maltene și asfaltene ce îmbunătățesc caracteristicile bitumului oxidat din strat, la 1 mp de suprafață este de 0,16 l/ mp, compusă din emulsie preparată în raport cu apa de 1:2 și cu aport de 0,5 l emulsie/ mp de suprafață scarificată.

Daca se folosesc rașini, acestea se adaugă în reciclatorul utilajului, peste mixtura asfaltică decopertată din strat. Consumul va fi de 0,15 kg/ mp respectiv 0,3 kg rașină de aport/ 100 kg mixtură frezată.

Brichetarea (sau marunțirea), operație ce constă în turnarea mixturii asfaltice în forma rezultată sau marunțirea celei existente până la obținerea unei dimensiuni granulare maxime de 4 cm. Mixtura asfaltică proaspăt brichetată sau sub formă de plăci sau calupuri se depozitează și se transportă în saci și apoi se reîncălzește până la 160... 180 °C în reciclatorul echipamentului cu IR înainte de a fi pusă în operă. Cantitatea de mixtură asfaltică brichetată sau obținută după frezare și reciclare urmată de aditivare cu agenți de întinerire la un metru patrat suprafață plombată este de aproximativ 50...80 kg de mixtură.

Corectarea, operație ce constă în reciclarea mixturii decopertate în situ, prin adăugarea unor agregate naturale, aditivi/ bitum și/ sau agent de întinerire, sau adăugarea de mixtură asfaltică preparată. Completarea cu mixtură asfaltică se face local, peste zona scarificată și nivelată, care de asemeni se scarifică și se nivelează. Materialul trebuie să aibă temperatura de până la 160 °C, lucrarea realizându-se la cald. Ca material se utilizează mixtură asfaltică la cald pentru stratul de uzură, conform AND 605, asfalt turnat, BA 8, BA 16, etc.

Compactarea se realizează cu placa vibratoare, cu respectarea regimului de temperaturi pentru punerea în operă a mixturilor asfaltice la cald, și anume minim 140 grade C la începutul compactării și minim 110 grade C la sfârșitul compactării.

Reîncălzirea mixturii asfaltice stocabile, ce constă în încălzirea acestui tip de mixtură în vederea punerii în opera la cald, în cazul aplicării acestui tip de soluție bituminoasă.

Tipurile de defecțiuni și etapele tehnologice (subactivități) ce se vor realiza diferențiat pe tipuri de defecțiuni, este prezentat în tabelul 1.

Tabel 1. Tipuri de defecțiuni și etape tehnologice în remedierea cu IR

Tipul defecțiunii	Etape tehnologice								
	Pregătire suprafață	Încălzire	Decopertare	Corectare material în reciclatorul mobil	Scarificare	Reîntinerire	Reîncălzire material de adaos	Adaos de material	Compactare
Peladă	√	√			√	√	√	√	√
Văluriri și refulari	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Suprafață încrețită	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Praguri (dâmburi)	√	√			√	√	√	√	√
Rupturi de margine	√	√			√	√	√	√	√
Fisuri și crăpături transversale	√	√			√	√	√	√	√
Fisuri și crăpături longitudinale	√	√			√	√	√	√	√
Fisuri și crăpături multiple pe direcții diferite	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Fisuri și crăpături unidirecționale multiple	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Faianțări	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Făgașe longitudinale	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Gropi	√	√			√	√	√	√	√
Tasări locale	√	√			√	√	√	√	√

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

Tehnologia de remediere a defecțiunilor îmbrăcăminților asfaltice la cald cu IR prezintă numeroase avantaje față de tehnologiile uzuale (reparații cu mixtură la rece, reparații prin frezare și plombare), cele mai importante fiind:

- Se realizează o legătură mult mai rezistentă între stratul vechi și stratul nou (efectul fiind de „sudură” în loc de „lipire”);

Termenul de sudură în acest context se referă la o mai buna fuziune și legătură rezistentă și etanșă ce se realizează după încălzirea zonei defecte și adaugarea mixturii asfaltice care se întrepătrunde cu mixtura scarificată urmată de compactare.

Termenul de lipire în acest context se referă la faptul că după frezarea zonei cu defecte și amorsare, aceasta se completează cu mixtură asfaltică de adaos iar prin compactare se realizează doar o lipire ce nu rezistă, rosturile nu sunt etanșe și în timp devin originea altor gropi.

- Rosturile rezultate în urma execuției se etanșează mult mai bine decât cele clasice, prin fuziunea materialului vechi cu cel nou;
- Economie de material: Deoarece remedierea implică utilizarea de material doar în cantitatea ce corespunde volumului gropii pentru reparat, prin tehnologia cu IR nu se face risipă comparativ cu tehnologia de plombare / frezare care implică frezarea atât în jurul gropii cât și în mod nejustificat între gropile aflate la distanță una față de cealaltă, mixtura frezată de pe celelalte porțiuni intermediare nefiind reutilizată.
- Posibilitatea nivelării stratului realizat până la obținerea unei suprafețe fără denivelări, dâmburi mai ales în zona rostului;
- Posibilitatea realizării lucrărilor în regim de urgență și pe timp friguros utilizând mixturi asfaltice la cald; Datorită faptului că se încălzește concomitent atât suprafața de reparat cât și mixtura asfaltică de adaos până la 160 de grade, în acest timp se elimină și apa din stratul existent, lucru favorabil mai ales în cazul efectuării lucrărilor pe timp friguros, când precipitațiile sunt mai abundente și rămân mai mult timp în golurile din strat;
- Durata de viață a plombelor realizate este mult mai mare decât a plombelor realizate prin tehnica clasică, având posibilitatea de a utiliza fie mixtura frezată din strat și reciclată, fie a mixturilor noi;
- Se poate realiza o compactare optimă a mixturii noi, prin tehnologia la cald, putându-se realiza gradul minim impus conform AND 605 pentru stratul de uzură; tehnologia este rapidă, se realizează în situ, fără implicarea stației de asfalt, a frezelor, autocamioanelor de transport materiale așa cum se utilizează în tehologiile clasice de reparații;
- Se elimină și timpii și consumul de resurse pentru transportul diferitelor utilaje și materiale până la punctul de lucru;
- Personalul deservent este în număr cu mult redus față de cel în cazul reparațiilor clasice prin frezare/ înlocuire/ plombare;
- Tehnologia folosită este prietenoasă cu mediul.

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Această tehnologie vizează mai ales acele defecțiuni incluse în normativul românesc AND 554-2002 privind lucrările de întreținere curentă a drumurilor

publice, respectiv lucrările de întreținere curentă pe timp de vară – întreținerea îmbrăcăminților asfaltice prin înlăturarea denivelărilor, a făgașelor, a plombărilor, colmatarea fisurilor și a crăpăturilor. Tehnologia este una nouă dar testată și aplicată de CNAIR pe drumurile naționale.

Bibliografie

14. AND 554-2002 Normativ privind întreținerea și repararea drumurilor publice;
15. AND 547-2013 Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcăminți rutiere moderne;
16. AND 605-2016 Mixturi asfaltice executate la cald. Condiții tehnice privind proiectarea, prepararea și punerea în operă.

Antreprenorul și activitatea sa în construcții

Radu Rusu,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, rusuradu89@yahoo.com

Andrei Bejușcă,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, andrei.bejuscă@gmail.com

Ion Șerbănoiu,

profesor universitar, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, serba@gmail.com

Rezumat

Antreprenorul este acea persoană sau organizație care asigură buna desfășurare a procesului prin care se valorifică oportunități de afaceri, prin mobilizarea și exploatarea unor resurse, în scopul obținerii de profit. Ideea principală care stă la baza activității antreprenoriale este obținerea unui efect maxim cu efort financiar minim. Pentru a reuși acest lucru, antreprenorul trebuie să aibă o serie de calități, unele native, altele dobândite de-a lungul timpului. Antreprenorul trebuie să aibă capacitatea de a fructifica la maximum aceste calități pentru a-și atinge scopul. Conceptul de antreprenor a fost analizat de-a lungul timpului, căpătând diverse nuanțe, în funcție de contextul economic, politic, social, precum și de mulți alți factori care au contribuit într-un final la fundamentarea acestui concept.

Cuvinte cheie: antreprenor, afaceri, calitățile antreprenorului, importanța antreprenorului, conceptul de antreprenor.

1. INTRODUCERE

Economia unui stat se bazează pe activități economice cum ar fi producția, distribuția, comerțul sau consumul de bunuri și servicii. La buna desfășurare a activității economice participă un număr mare de actori, antreprenorii ocupând un rol foarte important. Acest studiu urmărește fundamentarea conceptului de antreprenor, evidențierea caracteristicilor și a calităților necesare unui antreprenor, precum și sublinierea importanței antreprenorului pentru mediul de afaceri.

2. CONCEPTUL DE ANTREPRENOR

2.1. Definirea conceptului de antreprenor

În literatura timpurie de specialitate există numeroase analize și studii efectuate cu scopul de a defini conceptul de antreprenor. Încă din cele mai vechi timpuri au apărut dileme privind motivele pentru care anumiți indivizi se angajau în activități antreprenoriale care implicau incertitudine și riscuri. Definirea conceptului de antreprenor și antreprenoriat cuprinde explicații pur economice, calități pe care ar trebui să le aibă antreprenorii, precum și aspecte de ordin cultural.

Conceptul de antreprenor își are rădăcinile în antichitate, odată cu apariția primelor activități comerciale. Actorii care participau la activitatea economică a vremii erau de două tipuri, conducători și supuși. Una dintre tipologiile de antreprenori ai acelor vremuri era întâlnită în rândul militarilor. Întrucât cel mai adesea motivele pentru a porni un război aveau la bază rațiuni economice, conducătorii armatei gândeau strategii de luptă pentru a obține în final anumite avantaje economice. O altă categorie de antreprenori o constituiau comercianții vremii, care deseori erau și aventurieri sau căutători de comori. Activitatea pe care aceștia o desfășurau era marcată de incertitudini și riscuri la tot pasul. Filozoful grec Aristotel (384 î.Hr. – 322 î.Hr.) recunoaște locul antreprenorului în societate, însă acesta vedea comerțul ca pe o activitate dăunătoare, prin care anumiți indivizi obțin foloase în detrimentul altora.

Odată cu apariția și extinderea capitalismului în secolele XII – XIII, apar și primele forme de organizare în afaceri. În această perioadă se dezvoltă diverse activități economice și apar înțelegerile dintre capitaliști și comercianți sub forma unor contracte. Totuși, activitatea antreprenorială din această perioadă este influențată de interdicțiile impuse de Biserică.

Prima utilizare a termenului datează din secolul al-XVII-lea, fiind definit de Jacques Savary des Brûlons, în lucrarea *”Dictionnaire Universel de Commerce (1723)”*, ca fiind un întreprinzător, un conducător, un maestru constructor. Fundamentarea rolului antreprenorului în economie a fost realizată însă de Richard Cantillon (1680 - 1734), în lucrarea *”Essai sur la nature du commerce en general”*. Conform lui Cantillon, antreprenorul desfășoară activități comerciale sub imperiul incertitudinii, având drept scop obținerea de profit. De remarcat ar fi faptul că, în viziunea lui Cantillon chiar și cerșetorii sau tâlharii erau văzuți ca fiind antreprenori, motivat de faptul că sunt supuși incertitudinii economice.

Conceptul de antreprenor a fost dezbătut și în teoria economică britanică de către Adam Smith în studiul *”An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations (1776)”*, care distingea trei tipuri de antreprenori, în funcție de nivelul de risc: aventurierii, care își asumau cele mai mari riscuri, proiectorii și omul prudent, văzut ca fiind antreprenorul calculat, pregătit, cu șanse mari de reușită.

O abordare diferită a conceptului de antreprenor oferă Joseph Alois Schumpeter (1883-1950) în *"Theory of Economic Development (1912)"*, care subliniază importanța spiritului inovator al antreprenorului ca mecanismul ce pune în mișcare activitatea economică, contribuind din plin la stabilitatea pieței economice.

De-a lungul timpului, definirea conceptului de antreprenor a constitui subiect de analiză pentru filozofi, oameni de afaceri sau economiști și a căpătat numeroase forme și nuanțe. Definirea conceptului de antreprenor are la bază teorii economice dinamice, care țin cont de incertitudinile și riscurile ce se ivesc în activitatea antreprenorială. În esență, conceptul de antreprenor are la bază anumite noțiuni printre care idee, afacere sau profit.

Conform DEX, un antreprenor este o *"persoană care execută anumite lucrări sau servicii (publice ori particulare), întreprinzător, întreprinzător de construcții publice, persoană care conduce o antrepriză"*. Antreprenorul poate fi definit ca un individ sau un grup, care mobilizează anumite resurse pentru a înființa, crește și extinde o afacere, cu scopul de a obține profit.

2.2. Calitățile și caracteristicile unui antreprenor

Antreprenorul trebuie să posede anumite calități (Fig. 1) pentru a obține un efect maxim, respectiv profitul, cu depunerea unui efort financiar minim.

Una din calitățile esențiale ale unui antreprenor este o bună cunoaștere de sine, precum și conștientizarea punctelor forte și a punctelor slabe. De asemenea, este necesar ca antreprenorul să aibă un nivel optim al încrederii în sine, dobândit ca urmare a experienței în ceea ce privește activitatea antreprenorială. Antreprenorul trebuie să posede calitatea de a-i asculta pe cei din jur, fie clienți, parteneri sau furnizori și de a ști să extragă informații esențiale pentru activitatea sa. În acest mod se poate pune în postura celor cu care interacționează pentru a le înțelege comportamentul.

Un antreprenor nu poate reuși în afaceri fără să fie pasionat de ceea ce face și fără o orientare spre ceilalți factori implicați. Totuși, pasiunea în exces poate duce la neglijarea anumitor aspecte, afectând astfel dezvoltarea afacerii. Antreprenorul trebuie să își dezvolte o strategie și să o respecte cu strictețe. Pentru ca această strategie să dea roade, antreprenorul trebuie să posede o viziune strategică. De asemenea, antreprenorul trebuie să fie lucid în luarea deciziilor și să dovedească asumare și curaj, fără a manifesta frică de eșec. Acesta trebuie să își stabilească o listă de priorități și să aibă capacitatea de a gestiona activitatea, cu respectarea acestora. O altă calitate care este esențială pentru succesul unui antreprenor este o bună gestionare a timpului și o organizare cât mai eficientă a muncii. Un bun antreprenor este caracterizat de perseverență, răbdare și o capacitate sporită de a găsi idei și soluții pentru problemele care se ivesc.

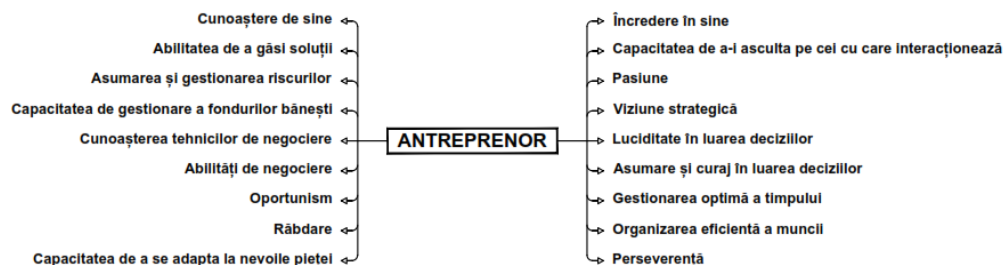


Fig. 1 Calitățile unui antreprenor

Activitatea antreprenorului a fost marcată dintotdeauna de incertitudine și riscuri datorită dinamicii mediului de afaceri, de aceea antreprenorul trebuie să aibă capacitatea de a-și asuma anumite riscuri și de a le gestiona. Printre calitățile esențiale ale unui antreprenor se mai numără capacitatea de gestionare a fondurilor bănești într-un mod cât mai eficient, precum și cunoașterea tehnicilor de negociere și abilitatea de a le aplica.

Nu în ultimul rând, antreprenorul trebuie să aibă și o latură oportunistă, să știe când să fructifice oportunitățile de afaceri, prin menținerea permanentă a contactului cu piața.

2.3. Importanța antreprenorului pentru mediul de afaceri

Antreprenorul ocupă un rol foarte important (Fig. 2) pentru mediul de afaceri fiind motorul care pune în mișcare mecanismele activității economice.

Un exemplu foarte cunoscut de antreprenor, care prin introducerea unor tehnologii noi, a determinat evoluția tehnologiilor de producție este producătorul de mașini Henry Ford, care prin introducerea liniei de asamblare a mașinilor și a tehnicilor de producție de masă în prima jumătate a secolului al – XX – lea, a determinat introducerea acestor tehnologii și în rândul concurenților. Astfel, un antreprenor poate contribui la dinamica pieței, prin introducerea unor tehnologii noi sau adoptarea unor schimbări radicale în procesul de producție.

Motivația antreprenorilor este influențată de o multitudine de factori, cel mai important în majoritatea cazurilor fiind profitul. Antreprenorii pot produce modificări vizibile în anumite sectoare economice consacrate și pot ținti noi piețe de nișă, pornind de la afaceri mici înființate în cele mai inedite locații. Uneori, antreprenorii sunt motivați să dezvolte afaceri care pot aduce beneficii societății, introducând pe piață noi scări de valori. În aceste cazuri, scopul afacerii capătă și alte forme, pe lângă obținerea profitului. Un exemplu elocvent în acest sens este Louis Braille, care, fiind complet orb, a inventat sistemul Braille în anul 1825 pentru a facilita comunicarea persoanelor cu deficiențe de vedere.

Antreprenorul poate fi motivat și de rațiuni etice, pentru a mobiliza resurse în scopul înființării unor afaceri cu rol în conservarea și protecția mediului sau asistență socială.

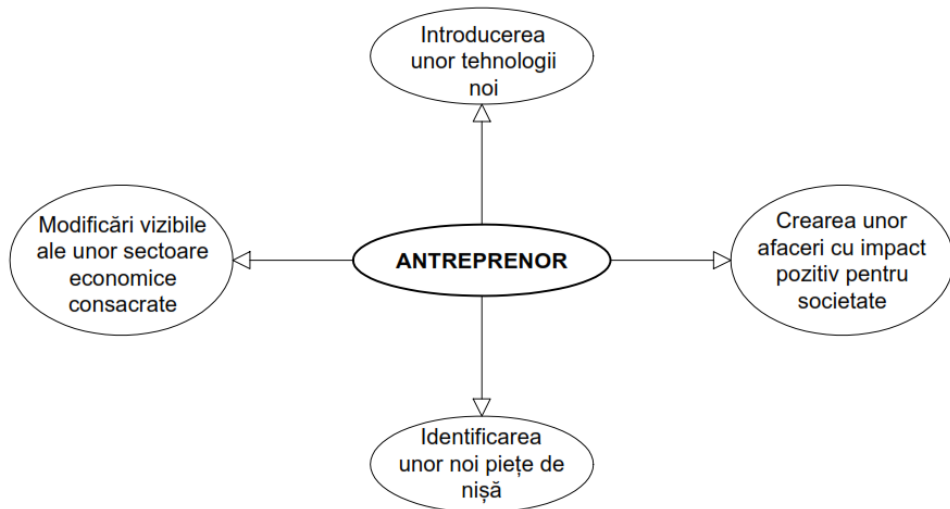


Fig. 2 *Importanța antreprenorului pentru mediul de afaceri*

3. CONCLUZII

Încă din antichitate antreprenorul și-a găsit locul în societate sub diferite forme, iar definirea conceptului de antreprenor a constituit o preocupare constantă pentru filosofi, economiști, sociologi sau istorici. Indiferent de tipul de activitate pe care antreprenorul o desfășura, în contextul istoric, economic sau social al diferitelor perioade, acesta a adus o contribuție semnificativă la dezvoltarea economiei la nivel global și la progresul umanității.

În zilele noastre, antreprenorii reprezintă o categorie foarte importantă de actori care participă la buna desfășurare a activității economice. Prin anumite calități și caracteristici aceștia reușesc să identifice oportunități și să dezvolte afaceri cu impact pozitiv asupra economiei, societății și calității vieții. De asemenea, antreprenorii contribuie la menținerea unui climat competitiv în piață, cu efecte vizibile în îmbunătățirea calității produselor și serviciilor, dezvoltarea unor noi tehnologii sau apariția unor noi piețe de nișă.

Bibliografie

17. Constantin A.R., *Antreprenoriat*, Ed. Pro Universitaria, București 2014.
18. Fisher, Allan G. B. (1935). *The Clash of Progress and Security*. London: Macmillan. Retrieved 2019-07-13.
19. James, Paul; with Magee, Liam; Scerri, Andy; Steger, Manfred B. (2015). *Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability*. London: Routledge. p. 53.
20. Robert F. Hebert, Albert N. Link (2006), *Foundations and Trends in Entrepreneurship* Vol. 2, No 4: Historical Perspectives on the entrepreneur. Boston: Now publishers.
21. * <https://www.economicshelp.org/blog/12436/concepts/sectors-economy/>
22. * <https://hackernoon.com/20-essential-qualities-of-a-good-entrepreneur-cb8684a6f53c>
23. * <https://bebusinessed.com/history/history-of-entrepreneurship/>
24. * <https://www.economicshelp.org/blog/143207/economics/the-importance-and-role-of-an-entrepreneur/>
25. * <http://thestartupmag.com/important-characteristics-successful-modern-entrepreneur/>

Comentarii privind clasificarea sistemelor structurale de zidărie amplasate în zona seismică vrânceană

Ion Sococol¹

¹doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, e-mail: ion_sococol@yahoo.com

Rezumat:

Construcțiile de zidărie reprezintă una dintre cele mai importante modele practice utilizate de inginerii structuriști pentru construcțiile unifamiliale tip vilă cu regim redus de înălțime, a căror prezență este semnificativă în fondul construit din întreaga țară (România). În aceste condiții, normativele actuale de proiectare impun o clasificare a acestor tipuri de structuri (funcție de tipul de zidărie: ZNA, ZC, ZC+AR, ZIA), dar nu și o clasificare conceptuală (disipativă, slab-disipativă) care să evidențieze cât se poate de clar legătura dintre valoarea factorului de comportare q , clasa de ductilitate și tipul de sistem structural. Astfel, se propune clarificarea acestei probleme prin depistarea tipurilor de sisteme structurale de zidărie cu posibilitate de utilizare în zone seismice, asimilând și informația legală prin prisma normativelor (P100-1, 2013), (CR6, 2013) etc.

Cuvinte cheie: construcții de zidărie, pereți structurali de zidărie, clasă de ductilitate, sisteme structurale de zidărie, concept de proiectare, factor de comportare.

1. INTRODUCERE

Structurile din zidărie ca și celelalte tipuri de structuri de beton armat, metal, lemn sau compozit oțel-beton, implică un spectru laborios de calcul în faza de proiectare, fapt pentru care rămân sub incidența necesității de cercetare. Datorită zonei seismice vrâncene, cât și a practicii românești de folosire cu precădere a acestor tipuri de construcții (nu cele mai recomandabile în zone seismice) pe palierul structurilor tip vilă cu regim redus de înălțime, normativele actuale de proiectare (P100-1, 2013), (CR6, 2013) devin necesitatea fără de care nu s-ar putea asigura îndeplinirea cerințelor de performanță (siguranța vieții etc.). Mai mult decât atât, normativele (publicate în monitorul oficial) devenite lege, rămân în aceste condiții puncte de implimentare și aplicare corectă a normelor de proiectare (concepere structură, calcul structural, detaliere structurală). Cu toate acestea, la ora actuală, pentru structurile din zidărie nu sunt specificate nici chiar în normative câteva aspecte deosebit de importante atunci când este vorba de proiectare seismică, aspecte care se regăsesc în cadrul aceluiași normativ pentru alte tipuri de structuri (de beton armat, metal, lemn, oțel-beton) și care sunt:

- Clasificare concept de proiectare (disipativă, slab-disipativă);
- Specificare clasă de ductilitate;
- Specificare tip de sistem structural (tipul de structură).

Așadar, se dorește o clarificare în această privință prin prisma unor propuneri simpliste la nivel tabelar, pentru a se putea discuta și în cadrul acestei filiere de structuri despre clasă de ductilitate, concept de proiectare și tip de sistem structural de zidărie.

2. PREVEDERI SPECIFICE CONSTRUCȚIILOR DE ZIDĂRIE DUPĂ NORMATIVUL P100-1/2013

Construcțiile de zidărie cu elemente din argilă arsă și din beton celular autoclavizat (BCA), se clasifică conform (P100-1, 2013) funcție de modalitatea practică de alcătuire structurală în:

- Zidărie simplă/nearmată (ZNA);
- Zidărie confinată (ZC);
- Zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR);
- Zidărie cu inimă armată (ZIA),

și nu din perspectiva clasei de ductilitate (după cum sunt clasificate structurile din beton armat, metal, compozit oțel-beton, lemn) și a tipului de sistem structural. Astfel, pentru acest tip de structuri, nu se poate de discutat despre concept de proiectare disipativ sau slab disipativ.

Restricțiile impuse prin prisma:

- numărului de niveluri (regimului de înălțime);
- valorii accelerației de vârf a terenului (a_g);
- grupei și tipului de argilă;
- regularității structurale (în plan și în elevație);

minimalizează riscul greșelilor de proiectare și de interpretare ulterioară dar nu exclud problemele legate de răspunsul seismic al structurii funcție de numărul de trame sau a conlucrării/ neconlucrării spațiale a acesteia sau a tipului de sistem structural folosit cu consecința alegerii necorespunzătoare a valorii factorului de comportare q (tab.1).

După cum se observă și în tab.1, valorile factorilor de comportare q au o valoare extrem de redusă, fapt care închide problema clasificării structurilor tip pereți de zidărie funcție de clasă de ductilitate, dar care poate fi necesară în cazul în care clasificăm structurile de zidărie în sisteme structurale. Cu toate acestea, nu se poate de discutat despre sisteme structurale proiectate în zone seismice fără să fie posibilă o încadrare clară a acestora într-o clasă de ductilitate și ca consecință fără prezența unui concept de proiectare clar și bine definit.

Tabel 1. Factori de comportare q pentru clădiri cu pereți structurali din zidărie (P100-1, 2013)

Regularitate		Factorul de comportare q pentru tipul zidăriei			
Plan	Elevație	ZNA	ZC	ZC+AR	ZIA
Da	Da	1,75 α_u/α_1	2,25 α_u/α_1	2,50 α_u/α_1	2,75 α_u/α_1
Nu	Da				
Da	Nu	1,50 α_u/α_1	2,00 α_u/α_1	2,25 α_u/α_1	2,50 α_u/α_1
Nu	Nu				
1 ^o Pentru structurile cu un singur nivel valorile "q" din tabelul 8.10 se reduc cu 15%					
2 ^o Pentru structurile cu pereți din zidărie confinăță și armată în rosturile orizontale (ZC+AR) valorile "q" din tabel se vor folosi numai dacă în toți pereții care preiau forța seismică conform art.8.3.2.2.(3) armăturile din rosturile de așezare respectă cerințele minime din acest Cod. Dacă aceste condiții nu sunt respectate se vor lua valorile corespunzătoare zidăriei confinate (ZC).					

Astfel, normativul (P100-1, 2013) prin prisma lipsurilor vizibile de criterii de proiectare pentru construcții de zidărie, cere îmbunătățirea metodologiei de alegere a factorului de comportare q și o clarificare în această privință.

3. TIPURI DE SISTEME STRUCTURALE DE ZIDĂRIE REGĂSITE ÎN (PAULAY & PRIESTLEY, 1992)

În cadrul lucrării scrise de (Paulay & Priestley, 1992) se pot observa trei tipuri de sisteme structurale pentru construcțiile pe pereți din zidărie:

- structură tip pereți necuplați de zidărie (*cantilever masonry walls*);
- structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare rigide (*coupled walls with pier hinging*);
- structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare deformabile (*coupled walls with spandrel hinging*);

Iar un al patrulea tip de sistem structural care nu face parte din lucrarea scrisă de (Paulay & Priestley, 1992), dar care ar putea fi utilizat în practica curentă este:

- structură duală (*cu cadre de beton armat preponderente sau cu pereți de zidărie preponderenți*).

3.1. Structură tip pereți necuplați de zidărie (cantilever masonry walls)

Acest tip de sistem structural de zidărie (cu pereți necuplați) din fig.1 se consideră un sistem cu răspuns seismic ductil pentru care forțele orizontale sunt preluate individual doar de pereții de zidărie în consolă.

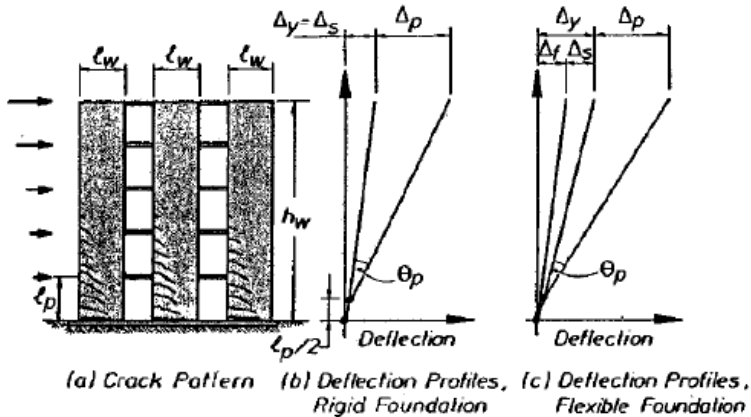


Fig. 1. Structură tip pereți necuplați de zidărie: (a) Panou de fisuri; (b) Profilul deformației structurii (pentru fundații rigide); (c) Profilul deformației structurii (pentru fundații flexibile) (Paulay & Priestley, 1992).

În cazul în care se regăsesc în același plan cel puțin doi pereți de zidărie, legătura articulată dintre aceștia se consideră din punct de vedere practic mult mai flexibilă decât cea cu grinzi de cuplare, încât sunt prezente doar planșeele (desigur că sub ele se află și o centură de beton armat). Stâlpișorii de beton armat la capetele pereților este obligatorie, iar prezența golurilor în pereții structurali nu este recomandabilă (la parter nu trebuie să existe nici un fel de gol în pereții structurali de zidărie; la etaje doar golurile de dimensiuni foarte mici care nu afectează modul de fisurare/ degradare a pereților la acțiunea seismică). Astfel, din punct de vedere teoretic/ ideal, disiparea de energie seismică ar trebui să aibă loc prin intermediul degradărilor/ fisurilor prin mecanisme clasice de cedare a acestor tipuri de pereți (ex: prin frecare la nivel de rost/ asiză cu desprinderea elementelor ceramice de mortar sau prin ruperea materialului/blocului/elementului ceramic etc.) la parter (la baza pereților), cu incursiuni în domeniul postelastice de comportare și a etajului adiacent (etajului 1). În aceste condiții, pentru structurile tip pereți necuplați de zidărie amplasate în zona seismică vranceană (conform reglementărilor normativului (P100-1, 2013) cu impunerea unui anumit regim de înălțime funcție de zona seismică), lungimea articulației plastice l_p ar fi egală cu înălțimea parterului, iar acest mod ideal de disipare a energiei seismice ar avea loc individual pentru fiecare perete structural.

Valoarea capabilă a ductilității acestui tip de structură μ_A poate fi calculată prin intermediul capacității plastice de rotire a ansamblului structural θ_p la nivelul articulației plastice (dezvoltată la nivelul parterului) (Paulay & Priestley, 1992):

$$\mu_A = 1 + \frac{\theta_p}{\Delta_y} \left(h_w - \frac{l_p}{2} \right) \quad (1)$$

unde: Δ_y – deplasarea structurii în domeniul elastic de comportare;

h_w – înălțimea totală a peretelui (pereților).

3.2. Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare rigide (coupled walls with pier hinging)

Tradițional, structurile de zidărie conțin în cadrul pereților structurali goluri de uși și ferestre, fapt care conduce la formarea unui sistem structural alcătuit din montanți și rigle de cuplare (de legătură) a montanților. Un astfel de sistem structural este cel reprezentat în fig.2. În aceste condiții, pentru goluri de ferestre mai mici și dese sau pentru structuri cu înălțimea etajului curent mai mare cu goluri de ferestre mici și dese, pereții structurali de zidărie dezvoltă montanți de o lungime limitată și rigle de cuplare mult mai rigide. Astfel, pentru o acțiune seismică severă, formarea articulațiilor plastice are loc în elementele verticale (montanții) din zona de bază (parter) conducând la o cedare casantă a elementelor ceramice printr-un mecanism de forfecare și expulzare a elementelor componente. Practic, acest tip de sistem structural nu este recomandat în zone seismice și nu deține o ductilitate suficientă pentru asigurarea integrității structurale post-seism. Dacă se dorește un calcul structural al deplasării postelastice Δ_p , implicând și ductilitatea structurii μ_A , se poate utiliza expresia:

$$\Delta_p = (\mu_A - 1)\Delta_y \quad (2)$$

unde: Δ_y – deplasarea structurii în domeniul elastic de comportare.

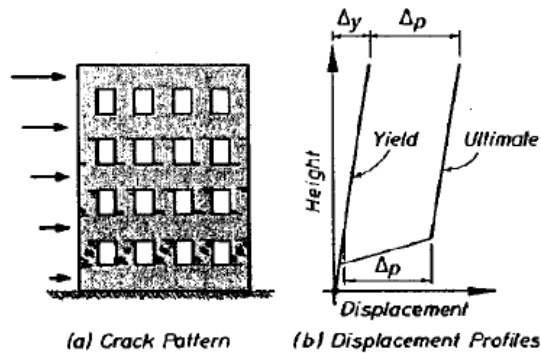


Fig. 2. Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare rigide: (a) Panou de fisuri; (b) Deformata structurii (pentru răspunsul seismic elastic și postelastice al structurii) (Paulay & Priestley, 1992).

3.3. Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare deformabile (coupled walls with spandrel hinging)

Pentru situația în care golurile de ferestre au dimensiuni mai mari, fiind poziționate la o distanță mai mare una față de cealaltă, montanții de zidărie capătă o lungime suficientă astfel încât structura să prezinte o comportare seismică favorabilă. Ca mod de comportare neliniară, acest tip de sistem structural seamănă cu structurile tip pereți cuplați de beton armat, însă degradarea rapidă a rezistenței și rigidității riglelor de cuplare pune în dificultate structura astfel concepută. Practic, riglele de cuplare nu sunt dotate cu suficientă ductilitate (capacitate de deformare plastică), iar montanții proiectați sub influența elementelor de legătură, pot deține în consecință o ductilitate inferioară cerinței, încât fiecare montanț se va deforma individual în domeniul neliniar (la o etapă avansată de deformare/ solicitare seismică).

În fig.3 este reprezentat grafic acest tip de sistem structural împreună cu modul de fisurare (degradare) a montanților solicitați la anumite încărcări orizontale și diagramele de moment încovoietor pentru două situații importante în proiectarea curentă (diagramele de moment inițiale cu efectul interacțiunii montanților între ei datorită riglelor de cuplare și diagramele de moment după degradarea riglelor).

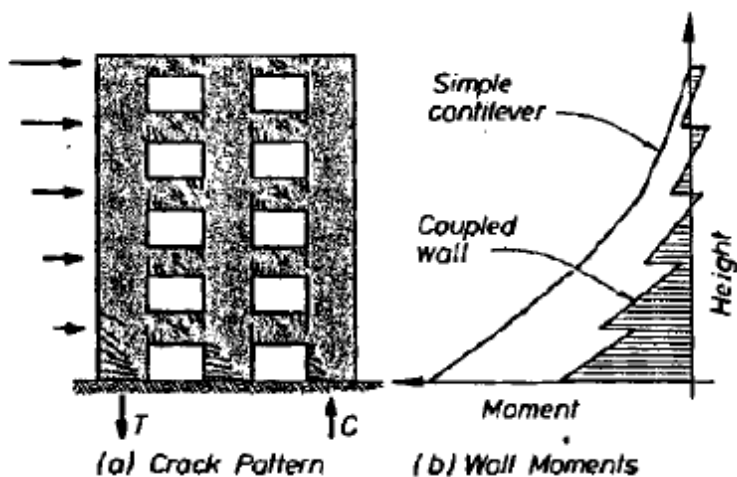


Fig. 3. Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare deformabile: (a) Panou de fisuri; (b) Diagrama de momente încovoietoare (Paulay & Priestley, 1992).

Astfel, opțiunile de proiectare propuse în acest caz pentru acest sistem structural în literatura de specialitate sunt:

- Proiectarea structurii în domeniul elastic de comportare, având ca consecință reducerea deplasărilor laterale (practic, reducerea cerinței de deplasare și limitarea degradărilor riglelor de cuplare);
- Separarea riglelor de cuplare de montanți prin intermediul unor legături flexibile, astfel încât sistemul structural să se apropie ca concept și mod de răspuns seismic cu structurile tip pereți necuplați de zidărie.

3.4. Structură duală (cu cadre de beton armat preponderente sau cu pereți de zidărie preponderenți)

Acest tip de structură nu se regăsește în (Paulay & Priestley, 1992) dar apare în practica inginerescă curentă și poate reprezenta o soluție accesibilă în unele situații de proiectare. Necesitatea clasificării acestui tip de sistem structural vine și din modul de considerare a tipurilor de structuri de beton armat din normativul (P100-1, 2013). În acest context, se lărgște spectrul de sisteme structurale de zidărie, chiar dacă sunt necesare cercetări în privința determinării și considerării unei valori optime a factorului de comportare q anume pentru acest tip de structură.

4. PROPUNERE DE CLASIFICARE A CONCEPTULUI DE PROIECTARE ȘI RECONSIDERARE A FACTORULUI DE COMPORTARE DUPĂ TIPUL DE STRUCTURĂ ȘI TIPUL DE ZIDĂRIE

Importanța modului de concepere a unei structuri (indiferent de materialul folosit) amplasată în zonă seismică este foarte importantă și pleacă în cele mai multe cazuri de la conceptul de proiectare. În normativul (P100-1, 2013) la capitolul proiectării structurilor din zidărie nu există o clasificare a conceptului de proiectare, fapt care pune în dificultate inginerii structuriști cu privire la modul de răspuns seismic al acestora. De asemenea, nu este scoasă în evidență prezența sau lipsa unei posibilități de clasificare a clasei de ductilitate și de impunere prin intermediul regulilor de proiectare a unui răspuns seismic favorabil sau nu pentru structurile de zidărie.

În aceste condiții, s-a încercat o remediere a acestor probleme și o clasificare a conceptului de proiectare pentru structuri din zidărie. În tab.2 se prezintă două concepte de proiectare (disipativă și slab-disipativă) cu valorile factorilor de comportare regăsiți în codul (P100-1, 2013), atribuind și o clasă de ductilitate corespunzătoare.

Tabel 2. Clasificarea conceptului de proiectare.

Concept de proiectare	Valoarea factorului de comportare q	Clasa de ductilitate
Slab-disipativă	$1 < q \leq 1.75\alpha_u / \alpha_1$	DCL (redusă)
Disipativă	$1.75\alpha_u / \alpha_1 < q \leq 2.75\alpha_u / \alpha_1$	DCM (medie)

Tabel 3. Clasificarea tipurilor de sisteme structurale.

Tipul de structură	Tipul de zidărie	Clasa de ductilitate	Factorul de comportare	Regularitate	
				Plan	Elevație
Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare deformabile	ZC	DCM	$2.25\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$2.00\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu
	ZC+AR	DCM	$2.50\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$2.25\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu

	ZIA	DCM	$2.75\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$2.50\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu
Structură tip pereți cuplați de zidărie cu rigle de cuplare rigide	ZNA	DCL	$1.75\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$1.50\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu
Structură tip pereți necuplați de zidărie și Structură duală (cu cadre de b.a preponderente sau pereți de zidărie preponderenți)	ZC+AR	DCM	$2.50\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$2.25\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu
	ZIA	DCM	$2.75\alpha_u / \alpha_1$	Da	Da
				Nu	Da
			$2.50\alpha_u / \alpha_1$	Da	Nu
				Nu	Nu

Pe lângă această această clasificare a conceptului de proiectare, s-a propus și o îmbunătățire a tab.8.10 din normativul (P100-1, 2013) care în acest caz să cuprindă și tipul de sistem structural, clasă de ductilitate. Această îmbunătățire din tab.3 clarifică modul de alegere a factorului de comportare q și trebuie privită din punct de vedere conceptual cu tab.2.

Valorile factorilor de suprarezistență de sistem (α_u și α_1) se pot găsi în normativul (P100-1, 2013).

5. CONCLUZII

- Necesitatea clasificării sistemelor structurale de zidărie la nivel de normative este foarte importantă mai cu seamă pentru țările în care există riscul producerii unor cutremure severe.

- ii. Conceptul de proiectare pentru construcțiile de zidărie simplifică filosofia de proiectare în zone seismice și este o necesitate actuală fără de care se pot produce greșeli grave la nivel de concepție structurală.
- iii. Implementarea conceptului de proiectare ductil duce la necesitatea recunoașterii unei clase de ductilitate, fapt care influențează alegerea factorului de comportare și a modului de gândire structural.
- iv. Alegerea tabelară a factorului de comportare pentru proiectarea seismică a structurilor de zidărie simplifică proiectarea curentă și implică o simbioză completă cu normativul (P100-1, 2013) încât s-au preluat integral valorile factorilor respectivi.

Bibliografie

- 26. P100-1, *Cod de proiectare seismică, Partea-I, Prevederi de proiectare pentru clădiri*, UTCB, București, 2013.
- 27. CR6, *Cod de proiectare pentru structuri din zidărie*, București, 2013.
- 28. Binda L., *Learning from failure, Long-Term Behaviour of Heavy Masonry Structures*, WITPress, Southampton, Boston, UK, 2008.
- 29. Budescu M., Ciongradi I., *Inginerie Seismică*, Ed. Politehniun, Iași, 2014.
- 30. Klingner R.E., *Masonry Structural Design*, McGraw-Hill, USA, 2010.
- 31. Meharbi B.A., Shing B.P., *Seismic Analysis of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames*, TMS Journal, September 2003.
- 32. Penava D., Sarhosis V., Kozar I., Guljas I., *Contribution of RC columns and masonry wall to the shear resistance of masonry infilled RC frames containing different in size window and door openings*, Engineering Structures 172, 105-130, 2018.
- 33. Park R., Paulay T., *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley & Sons, USA, 1975.
- 34. Paulay T., Priestley M.J.N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, USA, 1992.
- 35. Taly N., *Design of Reinforced Masonry Structures*, Second Edition, McGraw-Hill, USA, 2010.

Contribuții la betoanele armate cu fibre din deșeuri de mase plastice

Constantin Adrian Crețu,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, adriancretu444@yahoo.com

Rezumat

Betonul constituie principalul material pentru realizarea construcțiilor de toate tipurile, datorită marilor sale avantaje tehnice și economice. Prin capacitatea sa de a suporta orice fel de solicitare, de a lua orice formă, betonul este materialul secolului nostru.

Principalele avantaje ale betonului, cunoscut de peste 2000 de ani și în forma actuală de peste 100 de ani, sunt următoarele:

- materii prime ieftine și practic nelimitate în toate regiunile globului;
- durabilitate mare și cheltuieli de întreținere reduse, cu condiția respectării regulilor de alcătuire și execuție;
- rezistență sporită la foc în comparație cu alte materiale de construcții;
- ușurința de a executa elemente și structuri de forme complexe;
- energie înglobată și preț de cost mai reduse față de alte soluții.

Ca orice material, betonul obișnuit are însă și unele dezavantaje, dintre care cele mai importante sunt:

- rezistență mică la întindere;
- densitate aparentă mare și valoare redusă a raportului rezistență la compresiune/densitate aparentă;
- conductivitate termică ridicată;
- permeabilitate la apă;
- coroziune în anumite condiții de mediu și de exploatare;
- grad de industrializare mai redus ca în cazul structurilor metalice [1].

Prin reciclarea deșeurilor se produc operații de valorificare prin care materialele sunt transformate în produse, materii prime sau substanțe, fiind folosite în același scop pentru care au fost concepute sau în alt scop. Aceasta include reprocessarea materialelor organice, dar nu include valorificarea energetică și conversia în vederea folosirii materialelor drept combustibil sau pentru operațiunile de umplere.

Cuvinte cheie: beton, deșeuri, valorificare energetică, rezistență.

1.INTRODUCERE

Materialele plastice au apărut în prima jumătate a secolului al XIX-lea, o dată cu descoperirea vulcanizării cauciucului. Începând cu secolul al XX-lea au fost descoperite materialele plastice din polimeri naturali modificați (celuloidul rezultat din plastifierea nitrocelulozei, ca și galalitul, produs obținut din cazeină modificată chimic). În ultimile două decenii, materialele plastice au luat o astfel de dezvoltare încât s-a ajuns la clasificarea lor în cadrul materialelor clasice. În comparație cu produsele neferoase, materialele plastice au atins un stadiu avansat din punct de vedere al utilizării. În ultimii ani, materialele plastice au început să ocupe un loc din ce în ce mai important, acoperind domenii de aplicație tot mai numeroase: pielărie și încălțăminte, textile, ambalaje, bunuri de larg consum etc. Acest proces se explică prin următoarele avantaje:

- aspect plăcut;
- posibilități de prelucrare ușoară și utilaje relativ simple, productive;
- rezistență la uzură și purtabilitate ridicată;
- baze de materii prime accesibile;
- prețuri relativ scăzute.[2]

În anii '50 – '60, în domeniul betonului ca material de construcție, s-a trecut la o dezvoltare pe orizontală și verticală, fără precedent în istoria acestui material compozit și a materialelor de construcții în ansamblu. Astfel, s-a extins și dezvoltat mult gama diferitelor tipuri de betoane: betoane grele de uz curent în diferite tipuri de construcții, betoane rutiere, betoane hidrotehnice, betoane ușoare de izolație, izolație – rezistență, rezistență, betoane grele și ușoare preparate cu diferite subproduse industriale, betoane foarte grele, rezistente la radiații nucleare, betoane cu lianți minerali și rășini sintetice, betoane cu rășini sintetice fără lianți minerali, betoane armate dispers, cu fibre metalice, fibre din sticlă zirconică, de polipropilenă, fibre de carbon [1].etc

Utilizarea acestor materiale în beton provine din problemele legate de mediu, dorindu-se eliminarea acestor produse din natura. O atenție deosebită este axată pe protecția mediului și a resurselor naturale precum și reciclarea materialelor din deșeuri.

2.METODOLOGIA CERCETĂRII

În vederea realizării studiului au fost consultate 32 materiale științifice, realizând astfel o sinteză a datelor existente despre betonul realizat cu deșeuri, urmărind astfel caracteristicile și impactul acestuia asupra mediului pe termen scurt și lung.

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

3.1 Generalități

3.1.1 Conceptul de beton

Betonul este un amestec format din agregate mari, precum roca concasată cu dimensiuni între 5-20 mm, agregate fine, precum nisipul, cu diametrul între 60 micrometri și 5 mm, apa și un liant pe bază de ciment. Cu cât raportul apă/ciment este mai mic, cu atât betonul va avea o rezistență mai bună [3, 4]. Paleta materialelor utilizate pentru obținerea betonului este vastă, însă cimentul, constituit din piatră de var pulverizată, argilă și nisip încălzite la 14500°C utilizând gaz natural sau cărbune ca și combustibil, rămânând cel mai scump și poluant ingredient al betonului[5]. În același timp, la nivel mondial, producerea cimentului este responsabilă pentru aproximativ 5% din emisiile de CO₂, deși unele evaluări apreciază un nivel maximum posibil de 6% din emisiile globale [6]. Utilizarea deșeurilor în rețeta betonului ca substituenți parțiali ai cimentului sau agregatelor poate modifica costurile de producție, prin reducerea semnificativă a acestora, reducându-se deasemenea și cheltuielile pentru stocarea sau eliminarea lor, consumul de energie devenind mai scăzut, iar durabilitatea betonului crescută. Producția acestui tip de beton are ca scop major reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, reducerea utilizării resurselor naturale precum piatră de var, piatră de șist, argila, nisipul natural de râu sau rocile naturale și utilizarea deșeurilor ce ocupa o suprafață însemnată de teren care ar fi utilizată pentru stocarea lor [7, 8].

3.1.2 Conceptul de fibre

Astăzi deșeurile de materiale plastice sunt generate de o varietate de surse care duc la creșterea importantă a cantităților de deșeuri și la necesitatea imperioasă de reducere a acestor cantități.

Acumularea de resturi de plastic în mediu și consecințele asociate sunt în mare parte evitate. Reduceri imediate considerabile în cantitatea de deșeuri care intră în medii naturale, spre deosebire de depozitele de deșeuri, ar putea fi realizate prin eliminarea deșeurilor mai eficient și o mai bună manipulare a materialelor. Practic este și o problemă de comportament și unii au sugerat că aceasta a crescut în paralel cu utilizarea de produse și ambalaje de unică folosință.

Fibrele metalice și fibrele din polimeri sunt utilizabile la betonul autocompactant, dar pot reduce fluiditatea și capacitatea de a ocupa ușor spațiul dintre armături. În consecință trebuie ca prin testări preliminare să se stabilească tipul, lungimea și

dozajul de fibre pentru a obține cerințele necesare betonului autocompactant proaspăt și întărit.

Fibrele din polimeri previn fisurarea din contracție iar cele metalice cresc ductilitatea betonului.

3.2 Situatia deșeurilor rezultate in Romania și in lume

Anual se generează mari cantități de deșeuri, care dacă nu sunt gestionate corect ajung să polueze mediul și să afecteze sănătatea oamenilor. Spre exemplu in SUA se produc 505,1 milioane de tone de deșeuri din demolări, din care 353,6 milioane de tone de beton, 76,6 milioane de tone de beton asfaltic, 35,8 milioane de tone de produse din lemn, 12,7 milioane de tone de asfalt, 11,8 milioane de tone de cărămidă și țiglă, 10,3 milioane de tone de gips-carton și ipsos și 4,3 milioane de tone de oțel [9]. În Uniunea Europeană într-un singur an se produc aproximativ 850 de milioane tone de deșeuri din construcții și demolări [10]. Această cantitate variază destul de mult între țările componente, de la 5,5 tone/an persoană în Franța, la 2,24 tone/an persoană în Germania, 1,89 tone/an persoană în Marea Britanie, 0,88 tone/an persoana Spania [11]. În România, anual, cantitatea de deșeuri municipale colectată de către firmele specializate în activități de salubritate, a fost de aproximativ 6.808.837 tone (Institutul Național de Statistică)[12].

O atenție deosebită este axată pe protecția mediului și a resurselor naturale precum și reciclarea materialelor din deșeuri, multe domenii fiind producătoare de un număr semnificativ de produse care includ deșeuri (reziduuri) [13]. La o parte din cazuri deșeurile, în afară de beneficiile de mediu, produc, de asemenea, efecte pozitive asupra proprietăților produselor finale.

Printre deșeurile solide, o atenție mare o au materiale plastice, deoarece acestea nu sunt în general biodegradabile. Cu toate acestea, deșeurile din plastic sunt foarte vizibile, deoarece acestea constituie aproximativ 30 % din volumul total de deșeuri solide (Kline 1989, Karim ș.a., 1992) [14]. Dintre diversele tipuri de materiale plastice, considerate deșeuri industriale la care se adaugă și cele municipal (menajere) menționăm polietilena tereftalică (PET), polietilenă de înaltă densitate (HDPE), polietilena de joasă densitate (LDPE), polipropilenă (PP), polistiren.

3.3 Adaosuri utilizate în producția betonului

Dezvoltarea construcțiilor pe scară largă atrage după sine o cerere foarte mare ciment și beton, astfel încât industria cimentului trebuie să facă față unor provocări legate de consumarea rezervelor de combustibili fosili, deficitul altor materii prime, protecția mediului prin emisiile de CO, CO₂, SO₂ și NO cu efect de încălzire globală și acidifierea oceanelor^[15]. Prin urmare, în rețeta betonului au fost utilizate

numeroase tipuri de materiale adiționale, utilitatea acestora fiind demonstrată de studii ce dovedesc posibilitatea de reducere cu 40-95% a emisiilor de CO₂ numai în condițiile folosirii, de exemplu, a cimenturilor geopolimerice (cu cenușă zburătoare, zgură de furnal etc.)^[5,8]. Un material bun pentru producția de beton trebuie să îndeplinească câteva criterii de calitate^[16] legate de: eficiența resurselor naturale, disponibilitate pe plan local, reutilizare, reciclabilitate și durabilitate; eficiența energetică (energie utilizată pentru producerea de beton), conservarea apei; accesibilitatea, în termeni de costuri pe durata ciclului de viață a construcțiilor comparabile cu materialul convențional sau per total^[5].

Cele mai importante materiale adiționale folosite în rețeta betonului sunt:

- Cenușa zburătoare sau cenușa de combustibil solid folosită în locul cimentului în proporție de aproximativ 30% prezintă ca avantaj creșterea durabilității și lucrabilitate îmbunătățită a betonului^[6].

- Cenușa rezultată din arderea de combustibil lichid reprezintă un material ce îmbunătățește proprietățile betonului asupra rezistenței la compresiune, contracțiile la uscare, permeabilitatea la apă, reacții alcali-silice, rezistența la carbonatare, la infiltrațiile de cloruri și la sulfuri^[17].

- Silicea ultrafină (subprodus al aliajelor siliconice și ferosiliconice din cuarț și cărbunele ars în centralele electrice) folosită ca adaos crește rezistența la tensiune, modulul de elasticitate la compresiune și încovoiere și ductilitatea la compresiune, crește căldura specifică și scade conductivitatea termică, densitatea și lucrabilitatea; dacă împreună cu silicea ultrafină este utilizat un alt adaos precum silan, drept efect se constată o creștere a conductivității termice^[5].

- Fibre, deșeuri din lemn, derivate din plante (de sticlă, carbon, bor, nucleu de cocos, trestie de zahăr sau celuloză) sunt folosite în armarea betonului în vederea asigurării rezistenței la tensiune, ductilitate și comportarea post-fisurare. Deșeurile din lemn (cenușa rezultată din arderea masei lemnoase) pot fi reutilizate pentru a înlocui materialul granular în lucrări geotehnice (fundatii de drumuri), totuși acest tip de cenușă nu este permis a fi folosit de standardele în vigoare din domeniul construcțiilor, motiv pentru care cele mai multe studii de până acum au vizat impactul adaosurilor de cenușă provenită din combustia cărbunilor și a biomasei în amestec și, doar într-o pondere mai mică, a adaosurilor doar de cenușă provenită din arderea biomasei^[18]. Subprodusele derivate din plante (fibre vegetale) pot mări rezistența betonului prin reducerea volumului de goluri din material.^[19]

- Polimeri folosiți în rețeta betonului reprezintă un concept nou, acești compuși mărind semnificativ rezistențele mecanice și chimice, prezentând bune proprietăți de izolare termică și fonică, reduc apariția și propagarea fisurilor, sporesc flexibilitatea materialului, toate acestea însă în condițiile unor costuri ridicate de producție^[20,21]. Întrebunțările unui astfel de beton sunt din ce în ce mai diversificate, considerând prefabricatele din beton pentru clădiri, panouri de pod, baraje, rezervoare, subsoluri, material de căptușeală în industria alimentară și cea chimică^[22]. Folosirea polimerilor în asemenea scopuri este din ce în ce mai

solicitată în ultima vreme, atât datorită eficacității dovedite ca liant în producerea unui beton de calitate, cât și pentru reducerea costurilor de producție^[23].

-Deșeurile de pluta și poliuretanul, materiale greu biodegradabile, ocupă un spațiu vast de depozitare, dar prezintă multe caracteristici bune (flexibilitate, duritate și coeficientul de dilatare liniară bun), fiind astfel utile pentru producția de beton, utilizându-se ca materii inerte în matricea de ciment sau încorporate ca agregate în beton^[24, 25].

-Deșeurile din demolări reprezintă deșeurile rezultate din distrugerea clădirilor, drumurilor, podurilor sau altor structuri^[26]. Deșeurile variază din punct de vedere al compoziției; componentele majore sunt betonul, produsele din lemn, țigla, cărămida și țigla, oțelul și gips-cartonul^[9].

3.4 Folosirea deșeurilor din mase plastice în beton

În anii '50 – '60, în domeniul betonului ca material de construcție, s-a trecut la o dezvoltare pe orizontală și verticală, fără precedent în istoria acestui material compozit și a materialelor de construcții în ansamblu. Astfel, s-a extins și dezvoltat mult gama diferitelor tipuri de betoane: betoane grele de uz curent în diferite tipuri de construcții, betoane rutiere, betoane hidrotehnice, betoane ușoare de izolație, izolație – rezistență, rezistență, betoane grele și ușoare preparate cu diferite subproduse industriale, betoane foarte grele, rezistente la radiații nucleare, betoane cu lianți minerali și rășini sintetice, betoane cu rășini sintetice fără lianți minerali, betoane armate dispers, cu fibre metalice, fibre din sticlă zirconică, de polipropilenă, fibre de carbon etc [1].

Betoane cu armare dispersă – se obțin prin înglobarea în masa betonului a anumitor cantități de fibre discontinue (fibre anorganice sau organice artificiale, fibre organice naturale). Betoanele cu armare dispersă au o rupere ductilă, rezistențe la întindere sporite, o foarte bună comportare la șoc, acțiuni dinamice și oboseală, precum și o rezistență sporită la uzură.

Cele mai mari rezistențe la compresiune le asigură betonul impregnat și polimerizat (BIP) și totodată și indicele de calitate (R_c/α) cel mai ridicat. Betonul cu polimeri fără ciment (BP) se caracterizează prin rezistențe mecanice mari și un indice de calitate ridicat. Alte tipuri de betoane cu polimeri au rezistențele mecanice și indicii de calitate cu puțin mai mari decât betonul obișnuit [27].

Fibrele din beton armat (FRC) prezintă avantaje (minimizarea fisurării, creșterea absorbției compozite a energiei și creșterea rezistenței reziduale), iar în urma mai multor studii s-a observat că betonului agregat reciclat armat cu fibre poate fi folosit cu succes în placile pentru pavaje.^[28]

3.4.1 Betoane armate cu diferite fibre

3.4.1.1 Betoanele armate cu fibre de oțel - au fost utilizate în SUA în anul 1971 la repararea și ramforsarea îmbrăcăminților rutiere rigide. În prezent aceste betoane se folosesc la reparații și ramforsări în multe alte țări, cum ar fi: Anglia, Japonia, Canada și țări din Europa occidentală, având utilizare largă la lucrări și reparații în mine și tuneluri, la stabilizarea taluzurilor, reparații la deversoarele barajelor, la acoperișuri industriale, la fabricarea unor elemente prefabricate.

3.4.1.2 Betoanele armate cu fibre de sticlă - au început să fie fabricate în fosta URSS încă din anul 1941 având ca și liant cimentul aluminos. În Anglia s-au fabricat pentru prima dată în anul 1970, când s-au realizat sticle rezistente în mediul alcalin [29].

3.4.1.3 Betoane armate cu fibre de cânepa - în ultimii ani o multitudine de cercetări au avut în centrul atenției cânepa. Cercetarea asupra fibrelor de cânepă împletite a început în Germania cu 10 ani în urmă. Acest nou interes a apărut în urma eforturilor de a exploata enormele potențialuri a resurselor re folosibile în domeniile nealimentare, ca o alternativă economică împotriva taxelor scăzute din agricultură și a reducerii folosirii materialelor petrochimice brute, prin folosirea produselor ecologice [1].

3.4.1.4 Betoane armate cu fibre din carbon - unele dintre fibrele de carbon utilizate sunt rebuturi rezultate în urma fabricării diversilor produși de carbon. Fibrele sunt confecționate din poliacrilonitril carbonizat, fiecare fibră având un diametru de 5 μm . De obicei fibrele de carbon sunt produse și vândute sub formă de colaci. Trei tipuri diferite de fibre au fost testate în Viena, Austria: întâi materialul a fost despicat, în al doilea caz materialul a fost mărunțit, iar în al treilea caz s-au folosit mici “bețișoare” [30].

3.4.1.5 Betonul compact cu fibre de oțel (BCFO) - se poate considera, după compoziția și performanțele sale, ca făcând parte din categoria betoanelor din pudre reactive. El a fost studiat, dezvoltat și aplicat în Danemarca de către Societatea AALBORG PORTLAND.

3.4.1.6 Betonul din împâslitură de fibre de oțel - injectată cu pastă este un material nou dezvoltat în SUA. Este denumit Slurry Infiltrated Continuous-Fiber-Mat Reinforced Concrete (SIMCON). Se obține prin introducerea în cofraj a unei împâslituri din fibre lungi continue de oțel inoxidabil și injectarea rețelei dese de fibre cu o pastă fluidă pe bază de ciment. Datorită unui raport ridicat al aspectului (lungime / diametru) fibrelor, se obțin îmbunătățiri considerabile ale rezistenței, ductilității și procesului de fisurare, atingându-se o rezistență la întindere directă de până la 17 N/mm² corespunzătoare unei deformații de până la 1,5% pentru un procent volumetric de fibre de numai 5,29%. Pe de altă parte, împâsliturile de fibre sunt mai ușor de manipulat [31].

3.4.1.7 Betoane din pudre reactive (BPR) - Apariția la începutul anilor '80 a betoanelor de înalte performanțe a permis specialiștilor constructori să aducă

inovații în proiectarea și execuția lucrărilor de artă (clădiri înalte, construcții monumentale, poduri ș.a.).

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Dezvoltarea durabilă susține idea de îmbunătățire a condiției umane, subliniind importanța unui echilibru dintre creșterea economică și protecția mediului. Concluzia este aceea dezvoltarea durabilă înseamnă utilizarea unor resurse naturale fără a compromite regenerarea pentru generația următoare.^[32] Între țările Uniunii Europene există diferențe mari între gradul de generare a deșeurilor pe cap de locuitor și de asemenea între gradul de reciclare al acestora. Mai puțin de o treime dintre deșeurile din plastic sunt reciclate în Europa. Producția de plastic a crescut exponențial la nivel mondial în doar câteva decenii, de la 1,5 milioane de tone în 1950 la 322 de milioane de tone în 2015.

În România rata de reciclare a deșeurilor din plastic este de aproape 8%, conform Parlamentului European. De asemenea trebuie să existe tehnici și tehnologii de reintroducere a materialelor în circuitul productiv.

Reciclarea este bine venită pentru că acumularea de deșeuri este un factor important, care influențează mediul deoarece aceste deșeuri nu sunt biodegradabile. Orice produs ar trebui fabricat, consumat și transportat în mod durabil, în scopul protejării mediului și asigurarea prosperității societății pe termen lung.

Bibliografie

- [1] C.Avrăm, C.Bob “Noi tipuri de betoane special” - Editura tehnica București 1980
- [2] Mihail R.Goldenberg N.- Prelucrarea materialelor plastic, Editura tehnica Bucuresti 1963
- [3] Badur S., Chaudhary R., Utilization of hazardous wastes and by-products as a green concrete material through S/S process: a review, Reviews on Advanced Materials Science, 17, 42-61,2008;
- [4] Imbabi M.S., Carrigan C., McKenna S., Trends and developments in green cement and concrete technology, International Journal of Sustainable Built Environment, 1, 194-216 , 2012;
- [5] Cătălina-Mihaela Helepciuc (Grădinaru), Betonul ecologic – A alternativă viabilă pentru protejarea mediului înconjurător, Creații universitare , 66-71 ,2016;
- [6] Crossin E., The greenhouse gas implications of using ground granulated blast furnace slag as a cement substitute, Journal of Cleaner Production, 95, 101-108, 2015;
- [7] Suhendro B., Toward green concrete for better sustainable environment, Procedia Engineering, 2nd International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials, 95, 305-320 , 2014;
- [8] Błaszczyszki T., Król M., Usage of green concrete technology in civil engineering, Procedia Engineering, 122, 296-301 , 2015;
- [9]**https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/2014_smmfactsheet_508.pdf -
- [10] Cristina Iacoboaia, Mihai Șercăianu, Reciclarea deșeurilor din construcții și demolări - o necesitate , The Romanian Economic Journal, nr. 33, 2009;
- [11] Mazzanti M., Zoboli R., Waste generation, waste disposal and policy effectiveness: Evidence on decoupling from the European Union, Resources, Conservation and Recycling 52, 2008 ;

12. [12]***Planurile Regionale de Gestionare a Deșeurilor, 2006-2007 ;
13. [13] Niemanu H.I Peters H.L.Verna W.NaturyugKuhlturne im Wind.Betonund Stahletonban 6/1972
14. [14] Tung Chai Ling Hasanan M.D Granulated waste tyres in concrete paving block Malaysia 2006
15. [15] Folosirea deșeurilor industriale in materiale de construcții a XI-a Conferință Națională multidisciplinară cu participarea internațională „Profesorul Dorin PAVEL fondatorul hidroenergeticii romanesti SEBES 2011
16. [16] Garg C., Jain A., Green concrete: efficient and eco-friendly construction materials, *IMPACT: International Journal of Research in engineering and technology*, 2, 2, 259-264,2014;
17. [17] Awal A.S.M.A., Hussin M.W., The effectiveness of palm oil fuel ash in preventing expansion due to alkali-silica reaction, *Cement and Concrete Composites*, 19, 367-372 , 1997;
18. [18] Berra M., Mangialardi T., Paolini A. E., Reuse of woody biomass fly ash in cement-based materials, *Construction and Building Materials*, 76, 286-296 , 2015;
19. [19]Chindaprasirt P., Rukzon S., Sirivivatnanon V., Resistance to chloride penetration of blended Portland cement mortar containing palm oil fuel ash, rice hush ash and fly ash, *Construction and Building Materials*, 22, 932-938 , 2008;
20. [20]Agavriloaie L., Oprea S., Bărbuță M., Luca F., Characterisation of polymer concrete with epoxy polyurethane acryl matrix, *Construction and Building Materials*, 37, 190-196 ,2012;
21. [21] Bărbuță M., Harja M., Properties of fiber reinforced polymer concrete, *Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3, Sectia Construcții. Arhitectura* , 2008;
22. [22] Bărbuță M., Harja M., Ciobanu G., Mechanical properties of polymer concrete containing tire waste power, *Journal of Food, Agriculture / Environment*, vol 12 (2), 1185-1190 , 2014;
23. [23]Yu R., Spiesz P., Brouwers H.J.H., Static properties and impact resistance of a green Ultra-High Performance Hybrid Fibre Reinforced Concrete (UHPHFRC): Experiments and modeling, *Construction and Building Materials*, 68, 158-171 ,2014;
24. [24]Simona Sorina Gabrian, Sorin Grozav, Cornel Gabrian, Lidia Grozav, Ana Rosca, Silvia Farcas, Dan Rosca, Utilizarea deșeurilor în materiale de construcții, 575-579, 2012;
25. [25]*** http://strategia.nesd.ro/dbimb/27_fisiere_fisier.pdf;
26. [26]****EPA,OSWER,ORCR, US. „Sustainable Management of Construction and Demolition Materials - US EPA”. US EPA*;
27. [27]Dan Sorin, Contribuții la stabilirea capacității portante a structurilor din beton armat având diferite durate de exploatare, Teza de doctorat, Timișoara 1999
28. [28] RicardoChan , Mauricio A.Santana, André M.Oda,Ricardo C.Paniguel,Luiz B.Vieira, Antonio D.Figueiredo,IsaacGalobardes , Analysis of potential use of fibre reinforced recycled aggregate concrete
29. [29] Avram C., Filimon I., Bob C., Buchman I., *Îndrumător pentru folosirea betonului armat cu fibre de oțel*, Bul. Construcțiilor (ICPCD-INCERC), Vol. 3, București, 1977, p. 120-127
30. [30] Proceedings of the International Conference held at the University of Dundee, *Concrete in the Service of Mankind, Concrete for Environment Enhancement and Protection*, Scotland, UK, 1996
31. [31] I. Buchman, *Betoane de ultra înalte performanțe*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999
32. [32] IM Simion, C Ghinea, SG Maxineasa, N Taranu, A Bonoli, M Gavrilescu, Ecological footprint applied in the assessment of construction and demolition waste integrated management, *Environmental Engineering and Management Journal* 12 (4), 779-788, 2013;

MIXTURI ASFALTICE CU BITUM SPUMAT

Dumitru – Dragoș Hanganu,¹

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, hanganu.dragos@gmail.com

REZUMAT

În acest articol am prezentat importanța mixturilor asfaltice cu bitum modificat. Tehnologia de bază pentru construcția și întreținerea structurilor rutiere constă în utilizarea mixturilor bituminoase. O definiție generală a mixturilor asfaltice este: material de construcție realizat din amestecuri obținute, pe baza unor dozaje judicios stabilite, din agregate naturale sau artificiale și filer, aglomerate cu bitum, printr-o tehnologie adecvată. Liantul fiind bitumul, factorul cheie în realizarea unei mixturi de calitate, constă în dozarea corectă a bitumului și dispersia omogenă a lui în masa mixturii. Cel mai frecvent folosită este mixtura asfaltică la cald („hot-mix”), realizată printr-un proces tehnologic care presupune încălzirea agregatelor naturale, filerului și bitumului, executarea malaxării până la anrobarea completă a agregatelor și punerea în operă la temperaturi foarte ridicate.

În particular, alegerea unei rețete optime de asfalt se face funcție de solicitările de trafic, climatice și de considerente economice. În prezent, dat fiind nivelul de dezvoltare global ce implică considerente de mediu și dezvoltare durabilă, se impun analize și din punct de vedere al impactului social și asupra ecosistemului, întrucât, fără nici o exagerare, lucrările de drumuri și autostrăzi reprezintă dezvoltarea civilizației umane la nivel planetar. La aceste considerente, adăugăm și faptul că bitumul este un produs petrolier, petrol care este o resursă epuizabilă și inevitabil o să asistăm la o creștere continuă a prețului. În acest context, în următorii ani o să avem o multitudine de tehnologi referitoare la utilizarea bitumului ca liant, dar care vor viza economii semnificative prin reducerea conținutului de bitum în mixtura, consumuri specifice de combustibili diminuate, impact minimal asupra mediului, dar în paralel cu creșterea performanțelor acestor mixturi. Una din posibile direcții de dezvoltare este utilizarea bitumului spumat.

Cuvinte cheie : mixturi asfaltice ; bitum spumat, mixturi bituminoase

1. INTRODUCERE

Utilizarea bitumului spumat pentru execuția straturilor din structură rutieră datează încă din 1956, fiind elaborată în SUA de către Ladis Csanyi [6, 51] - US

Patent 2917395/1959. Aplicabilitatea relativ restrânsă pe plan mondial a soluției tehnologice poate fi atribuită și datorită faptului ca până în anii '90 a fost obiectul unei licențe deținute de grupului Mobil Oil. În plus, tehnologia presupune ca procesul de fabricație să necesite un control riguros al anumitor parametrii, în corelație cu materialele utilizate și condițiile de mediul ambiant. Se mai remarcă că tehnologia permite atât fabricarea mixturilor bituminoase, dar poate fi folosită și la stabilizarea solurilor necoezive.

2. UTILIZAREA MIXTURILOR CU BITUM SPUMAT LA EXECUȚIA STRUCTURILOR RUTIERE

Pentru execuția diverselor straturi din structura rutiera, domeniul de utilizare al mixturii cu bitum spumat se poate suprapune cu succes peste cel al stabilizărilor cu lianți hidraulici, al mixturilor bituminoase la cald sau cel al mixturilor cu emulsie bituminoasă. Cu toate acestea, în țara noastră, ca și în Europa, s-a consacrat pentru execuția straturilor de fundație și a straturilor de bază. Tehnologia prezintă totuși un potențial important pentru utilizarea la execuția aproape integrală a structurilor rutiere pentru drumuri de clasă tehnică inferioară și în condiții economice avantajoase, precum și în condiții de impact asupra mediului mult diminuate.

Sintetizând, utilizarea tehnologiei cu bitum spumat, din punct de vedere al performanțelor și avantajelor economice, se pretează la următoarele utilizări pentru construcția sau întreținerea drumurilor:

- stabilizarea solului cu spuma de bitum,
- fabricarea de mixturi bituminoase obținute cu tehnologii relativ simple în stații fixe sau mobile,
- reciclarea structurilor rutiere cu tehnologia bitumului spumat (reciclarea „in situ” sau reutilizarea materialelor din structurile rutiere degradate, eventual reciclarea molozului),
- mixtura stocabila, dacă materialul obținut este păstrat, după fabricație, în saci sau recipiente etanșe și poate fi compactat ulterior).

De asemenea, tehnologia cu bitum spumat prezintă avantaje certe din punct de vedere al rentabilității economice, dintre care enumerăm:

- Procedul de fabricație și punerea în operă nu implică tehnologi noi și avansate tehnologice. În acest sens menționăm că putem folosi la producția chiar și stații de beton, iar pentru punerea în operă se pot folosi utilajele de la mixturile asfaltice la cald fără modificări. De asemenea, în cazul reciclărilor în situ este posibilă utilizarea aceluiași utilaj ca la reciclarea cu emulsie.
- Mobilitatea și adaptabilitatea soluției întrucât se pot folosi diverse materii prime și mutarea cu ușurință a utilajelor de producție.
- Stocabilitatea materialului. Lucrabilitatea materialului nu este deloc afectată de timpul scurs între fabricare și punerea în operă. Materialul, în condițiile

în care își păstrează umiditatea (transport în bene acoperite sau păstrarea pe termen lung în recipiente etanșe ca mixtura stocabila) își păstrează proprietățile.

O altă posibilă aplicație a mixturii cu bitum spumat, în condițiile unei proiectări adecvate a mixturii, este utilizarea și ca strat anti-fisură la reabilitarea sistem rutier degradat sau la așternerea mixturii asfaltice peste structuri rutiere rigide .

Totuși, caracteristicile fizico-mecanice ale acestei mixturi bituminoase nu sunt la nivelul mixturilor asfaltice bituminoase performante și nu pot fi folosite ca strat de uzura sau pentru ambele straturi de rezistență din structura rutieră. Din punct de vedere al caracteristicilor fizico-mecanice, performanțele mixturile cu bitum spumat sunt similare cu ale mixturilor bazate pe emulsii . În plus, aceste performante se ating cu costuri reduse cu circa 25%.

3. PRODUCEREA ÎN LABORATOR A MIXTURII CU SPUMA DE BITUM

Spumare este capacitatea unui lichid (în cazul nostru bitumul cald) de a include un gaz în toata masa acestuia. Bitumul sub forma de spumă reprezintă o stare tranzitorie a bitumului. Aceasta stare se obține prin introducerea apei reci în masa bitumul fierbinte. Prin fierberea apei se obține dispersia bitumului sub forma de bule, echilibrului instabil fiind dat de efectul tensiunii superficiale al peliculei de bitum și forțele date de presiunea vaporilor de apă în expansiune.

Fenomenul de spumare este dificil de modelat matematic, nefiind un proces cvasistatic. Pentru o caracterizare empirică a spumei avem definite caracteristicile: Rata de expansiune – ER (Expansion Rate), și timp de înjumătățire $t_{1/2}$. ER este o funcție de timp și arată raportul dintre volumul la un moment dat și volumul masei inițiale a bitumului. Timpul zero este dat de momentul când se termină injecția, moment în care avem expansiunea maximă, ce dă parametrul caracteristic ER_m (Expansion Rate Maximal).

3.1. Mașina de spumare a bitumului

Echipamentul de laborator folosit la cercetare a fost de tipul Foamlab produs de SAE (Grup Fayat) (figura 1). Echipamentul a fost proiectat ca fiind un echipament dedicat cercetărilor avansate de laborator. Menționez că mai exista echipamente similare, dar în general sunt proiectate pentru elaborarea rețetelor în laboratoarele de șantier (ex. Writgen WLB 50).

Echipamentul Foamlab prezintă o construcție modulară a camerei de injecție, ceea ce permite diverse configurări ale acesteia, prin schimbarea diametrului

orificiilor duzelor de intrare și de ieșire ale camerei . Controlul debitul de bitum se face prin variația turației pompei cu precizie de 1 rot./min, controlul temperaturii cu precizie de 0.1 °C, temporizarea precisă a timpului de injecție, control separat pentru circuitele de bitum, apă și aer, indicarea presiunii și temperaturii din camera de injecție și controlul presiunii din circuite și a debitului. Echipamentul Foamlab SAE permite pe lângă studiul de laborator și configurarea similară a sistemelor industriale.



Figura 1 Echipament de laborator

4. UTILIZAREA TEHNOLOGIEI CU SPUMA DE BITUM LA RECICLAREA STRUCTURILOR RUTIERE

4.1 Stadiul dezvoltării tehnologiei de reciclare cu bitum spumat

În ultimele decenii s-a constatat la nivel mondial o creștere semnificativă a utilizării tehnologiilor de reciclare pe plan mondial. Cu toate acestea, se remarcă că tehnologiile de reciclare au o pondere semnificativă în țările în curs de dezvoltare unde infrastructura rutiera nu este puternic dezvoltată fie datorită slabei dezvoltări economice a țărilor respective, fie datorită întinderilor teritoriale vaste (ex. Australia, Africa de Sud, țările din America de Sud). Cu toate acestea, și în țările dezvoltate reciclarea structurilor începe să fie din ce în ce mai des folosită în contextul dezvoltării durabile corelate cu impactul asupra mediului și conservare a resurselor (țările din Uniunea Europeană, Asia de SE).

Concluziile din raportul Congresului Mondial XXII al AIPCR, desfășurat la Durban din 2003, în cadrul Comitetelor AIPCR C7/8 și C16, s-a concluzionat că:

- inovațiile majore în domeniul proiectării și exploatarei infrastructurii depind într-o mare măsură de un cadru instituțional adecvat, printr-o colaborare a statului cu sectorul privat;
- apariția inovațiilor majore și soluțiile tehnice deosebite apar tocmai pe fondul pnerilor de fonduri și când strategiile economice ale unei țări se schimbă. Astfel, în contextul crizei economico-financiare recente, pe plan mondial sigur soluțiile de reciclare vor câștiga din ce în ce mai mult teren.

4.2 Reciclarea „in situ” utilizând tehnologia mixturii cu bitum spumat

Reciclare la rece „in situ” ce utilizează bitumul spumat este un procedeu ce constă în frezarea și reciclarea straturilor degradate din structura rutiera, atât de mixtura cit și de beton de ciment, stratul rutier astfel obținut fiind utilizat ca un strat nou în structură. Reciclarea cu bitum spumat se poate folosi pentru toate straturile din structura rutiera, funcție de clasa tehnica a drumului, excepție fiind utilizarea ca strat de uzura.

În principiu procedeul de reciclare „in situ”, constă în frezarea straturilor rutiere cu o stare avansată de degradare, malaxarea și umidificarea materialului frezat cu apă sau suspensie de apă cu ciment, în paralel cu injecția bitumul spumat. Materialul rezultat în urma acestui proces este așternut și recompatat cu ajutorul grindei finisoare. Toate fazele procesului sunt realizate cu ajutorul utilajului tip tren de reciclare (figura I.2). În cazul în care studiul de rețetă efectuat în laborator impune modificarea curbei granulometrice, materialele de adaos vor fi adăugate prin dispersare uniformă în fața utilajului de reciclare.



Figura 2 Utilaj tip tren de reciclare

Utilajul de reciclare “in situ” (reciclator sau tren de reciclare) este compus din următoarele grupuri funcționale:

- freză cu tamburi,
- instalație pentru dozarea apei în timpul malaxării (malaxare ce se poate face pe tamburul de frezare sau separat într-un malaxor incorporat),
- sistem de injecție a bitumului sub formă de spumă,
- grinda finisoare pentru așternere,
- grup energetic și propulsor,
- instalație electrică și sisteme electronice pentru controlul de proceselor de dozare, a temperaturilor și a parametrilor de lucru pentru întregul utilaj.

Procedeul de reciclare se aplica în funcție de soluția proiectată, pentru o adâncime de frezare și reciclare a stratului de maxim 30 cm.

Tehnologia de reciclare se identifica prin:

- caracteristicile materialelor componente și dozajele stabilite,
- detaliile tehnologiei de execuție,
- condițiile de punere în opera,
- procedurile tehnice de operare specifice utilajelor.

Etapele de execuție a reciclării sunt:

- curățirea părții carosabile cu peria mecanică sau cu jet de aer;
- frezarea stratului existent ce urmează a fi reciclat (frezarea se realizează cu tamburii de frezare ai reciclatorului, eventual cu freze suplimentare în cazul materialelor dure);
- controlul compoziției granulometrice și a umidității materialelor (prin prelevarea de material frezat în timpul execuției;
- adăugarea apei de adaos sau suspensiei de ciment în apă;
- introducerea bitumului spumat (valori cuprinse în intervalul 3,5-5,0% bitum),
- omogenizarea amestecului în instalație;
- așternerea și pre-compactarea materialului reciclat cu ajutorul grindei finisoare
- compactarea finală a stratului reciclat.

Pentru controlul calității stratului rutier reciclat se urmărește constanta calității produsului obținut, prin verificări în laboratorul de șantier, atât pentru materialele componente cât și pentru produsul final.

Încă din faza procesului de malaxare trebuie asigurată umiditatea optimă a amestecului (umiditatea optimă de compactare). Adaosul de apă în material, considerând atât umiditatea existentă în strat, aportul de apă de la frezare și apa (luată separat sau cea din suspensia de ciment) se calculează pornind de la valoarea umidității optime obținută cu încercarea Proctor modificat pe materialul frezat - WoptP (fără adaosul de spumă). Peste acest amestec se pulverizează bitumul spumat. După compactarea stratului obținut acesta se acoperă un strat de

mixtura asfaltică, sau de tratament bituminos, după ce conținutul de apă a scăzut cu 25-30% fata de valoarea optimă a umidității de compactare, valoarea umidității de referință care este stabilită prealabil în laborator. Pentru compactare se folosește trusa de compactare alcătuită cu cilindri compactori de 10-20 t (lis cu vibrații și pe pneuri), iar numărul de treceri pentru realizarea compactării se stabilește pe un sector experimental, astfel încât să se asigure gradul de compactare conform clasei tehnice a drumului.

5. PERFORMANȚELE STRUCTURILOR RUTIERE DEGRADATE RECICLATE, UTILIZÂND TEHNOLOGIA CU BITUM SPUMAT

Pe plan mondial, la nivelul național sau regional sau la nivel de mari companii de construcții drumuri, sunt implementate metodologi proprii de proiectare rețete de mixturi asfaltice reciclate și metodologi de dimensionare [49]. Astfel, suplimentar, pe lângă determinările de laborator pentru rezistența la compresiune, suplimentar se considera determinările modulului de rigiditate în regim dinamic, încercarea triaxială și determinarea rezistenței la oboseală. Aceste valori pot fi utilizate pentru proiectarea pe criterii de performanță a structurii rutiere reciclate, dar și pentru corelarea cu determinările de capacitate portantă cu echipamentele dinamice tip FWD

5.1. Determinarea modurilor și a capacității portante

În literatura de specialitate internațională referitor la determinarea modurilor pentru starturile executate cu mixtură cu bitum spumat pentru a stabili dimensionarea stratului rutier se folosesc două moduri de abordare:

- metoda „full back-calculation”, considerând toate straturile din structura rutieră,
- „back-analysis” considerând contribuția a două materiale distincte în structura – mixtura asfaltică (sau stabilizatul sau betonul rutier) și mixtura cu bitum spumat.

În aceste calcule trebuie să se ia în considerație ca performanțele mixturii cu bitum spumat cresc pe măsură ce trece timpul pe termen lung. Aceasta evaluare se face în prealabil pe sectoare experimentale și cu teste de laborator specifice (teste efectuate în regim dinamic). Evaluarea trebuie să cuprindă o perioadă de circa 1 an, dar după maturarea inițială să avem un modul de rigiditate E să satisfacă relația: $E_{in-situ} \geq E_{initial}$.

Spre exemplificare prezentăm în tabelul VI.1 valori medii obținute și calculate cu echipamentul deflectometrul dinamic tip FWD și calculate pentru o structură rutieră reciclată, alcătuită dintr-un strat de mixtură cu bitum spumat, acoperit cu strat de uzură din mixtura asfaltică (TRL Report 386).

Deși uzual se pot obține moduli de rigiditate superiori valorii de 2700 MPa, valorile sunt relevante în ceea ce privește procesul de maturare al mixturii în structură. De

asemenea, sectorul respectiv (autostrada A9, Granish – Scotia) a fost urmărit timp de mai mulți ani de la execuția din 2000 până în 2003 și acesta s-a comportat bine în exploatare, nefiind semnalate degradări sau cedări structurale

Tabelul I.1. – Evoluția capacității portante pe sector executat cu tehnologia bitumului spumat .

Perioada de timp trecuta de la execuție	Modulul de rigiditate determinat în situ cu echipament FWD și calcul cu corecția temperaturii [MPa]
160	1400
355	1800
593	2600

6. CONCLUZII REFERITOARE LA STUDIUL MIXTURII CU BITUM SPUMAT

Concluziile generale a acestei lucrări pot fi rezumate în următoarele idei:

-Deși tehnologia cu bitum spumant nu este de data recentă, prezintă încă un mare potențial de dezvoltare, dacă este privită din perspectiva tehnologiilor „half-warm”. Aplicând această tehnologie se pot obține reale beneficii financiare și de impact asupra mediului și al dezvoltării durabile, îndeosebi datorită faptului că se pretează la utilizarea materialelor reciclate.

-În țara noastră, deși reciclarea cu bitum spumat este doar la nivelul de agremente tehnice obținute pentru tehnologie și material, deși nu este impusă printr-un normativ unic național (Normativ AND), a fost un aspect benefic întrucât a permis o abordare flexibilă a lucrărilor derulate cu această tehnologie. Totuși, este regretabil că nici până în prezent nu sunt stabilite criterii clare de proiectare și de performanță pentru aceste lucrări (proiectare a rețelei, valori de referință pentru modulii de rigiditate, limitările tehnologiei).

-Până în prezent, tehnologia a fost susținută îndeosebi de producătorii de echipamente de reciclare cu bitum spumat. Studiul prezentat referitor la parametrii de malaxare arată că nicidecum „calitatea” spumei este un element predominant în obținerea unor performanțe superioare pentru mixtura fabricată. Astfel, renunțarea la echipamente de injecție sofisticate și scumpe poate conduce la dezvoltarea și „ieftinirea” în continuarea tehnologiei.

BIBLIOGRAFIE

1. L.H. Csanyi, „Foamed asphalt in Bituminous Paving Mixtures”, Bull. 160, HRB, National Research Council, Washington, DC, 1957

2. M. Corrigan, „Warm Mix Asphalt technology”, AASHTO Standing Committee on Highways technical Meeting, Nashville, 2005
3. J. Lancaster., L. McArthur, R. Warwick, “Vicroads experience with foamed bitumen stabilisation” “17th ARRB Conference, Proceedings Held in Gold Coast, Queensland, Volume 17, 1994
4. L.H. Castedo-Franco, E.L. Wood, “Stabilisation with foamed asphalt of aggregates commonly used in low volume roads” Low-volume roads: 3-rd international conference, Washington, DC, Transportation Research Board. (Transportation Research Record; 898), 1983
5. F.M.L. Akeroyd, B.J. Hicks, “Foamed Bitumen Road Recycling Highways”, Volume 56, Nr. 1933, 1988
6. D. Lesueur, H. Clech, A. Brosseaud, C. Such, B. Cazacliu, B. Koenders, P.-J.Cérino, J. Bonvallet, „Foamed Bitumens: Foamability and foam stability”, International Journal of Road Materials and Pavement Design, 2004.
7. L.Solca, M.Peticila, „Aplicatii informatice pentru procesare specifica datelor din laboratorul de drumuri”, Al XI-lea Congres de Drumuri si Poduri, Timisoara, 2002
8. Gugiuman Gh - Suprastructura și întreținerea drumurilor - partea I-a. I.P.Iași, Rotaprint,1991.
9. Asphalt Institute – Antecedentes de los Metodos de Ensayo de Legantes Asfalticos de SUPERPAVE, 1998
10. SR EN 12697 – 11 – Metode de încercare pentru mixturi asfaltice preparate la cald. Partea 11 : Determinarea afinității dintre agregate și bitum
11. Ing. Bulău Camelia , Găman Dănuț Viorel – Îndrumător pentru laboratoarele de încercări în construcții
12. Garber J N.,Hoel A.L. - Traffic and Highway Engineering,Second Edition,Brooks/Cole Publishing Company, SUA, 1999.

Study on seismic behavior of reinforced concrete beam-column joints: a state of art overview

Ahmad Abu-Halaweh,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, abohalawehahmad@yahoo.com

Abstract

The beam-column joints are the critical part in a reinforced concrete structure subject to seismic loading. The behavior of reinforced concrete structures during last seismic action around the world showed the consequences of poor performance of beam-column joints. This behavior has an important influence on the response of the structures. The shear failure of the joints is often brittle in nature which is not an accepted structural performance especially in seismic conditions. In this work the seismic behavior of beam-column joints in reinforced concrete structure was presented in order to a better understanding of the essential seismic behavior of the beam-column joints.

Keywords: beam-column joints, bond, transfer mechanisms, failure modes, influence parameters

1. INTRODUCTION

The zone that connects between a horizontal element (beam), and a vertical one (column) in a reinforced concrete structure is called beam-column joint. According to ACI-ASCE Committee beam-column joints are that portion of the column within the depth of the deepest beam that frames into the column (ACI 352R-02 2002). Thus, the major roles of beam-column joints are transferring the loads effectively between the structural components, and ensuring their continuity (Pradip, Rajesh and Menon 2007). Beam-column joints in a reinforced concrete structure are considered to be one of the most sensitive and critical components especially when the structures subjected to lateral loads. This critical behavior is a result of complexity of forces distribution in the joint region and Sudden change of the joint geometry. During seismic loading the joint core undergo to a high vertical and horizontal shear forces resulting from the bending moments in columns and beams. These forces integrated with the column axial force lead to cause brittle shear failure of the joints (Park and Paulay 1975). Moreover, the failure of beam-column joints leads to heavy damages of the structure during earthquakes. The behavior of beam-column joints under seismic loading is based on several parameters such as: concrete compressive strength, geometry of the joint, reinforcement, and axial load (Marques and Jirsa 1975; Soroushian et al. 1988).

These parameters are effective variables on the joint's behavior. To improve the behavior of reinforced concrete structure, special attention should be given to the joints. The objective of this work is to presents a review of the seismic behavior of beam-column joints in order to a better understanding of the essential behavior of the joints.

2. CLASSIFICATION OF JOINTS

According to the geometrical configuration, the joints can be divided into three patterns: exterior, interior, and corner joints as shown in the figure (1). When a joint has beams framing into all four sides the joint is called as an interior, When a joint has at least two beams framing into opposite sides of the joint, it is called as an exterior joint, and When a joint has at least one beam framing into the side of the joint, it is called as a corner joint (Patil and Manekari 2013). Also, depending on loading conditions and the structural behavior can be classified the joints into two categories: Type-I, and Type-II. Type-I related to a joint designed to withstand the gravity and wind load without significant inelastic range. While, a type -II related to a joint designed to withstand the seismic motions, explosions effect, and very high wind loads (ACI 352R-02 2002).

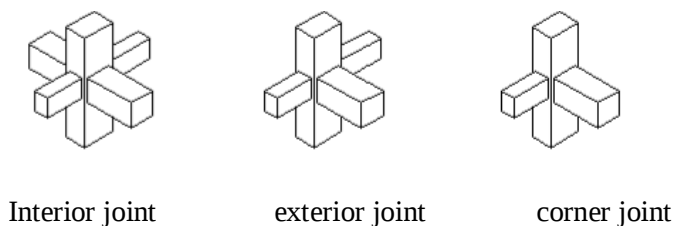


Fig.1. Types of joints in frame

3. FORCES AND BOND IN A BEAM-COLUMN JOINT

Generally, the joint region is idealized as a two-dimensional plane subjected to internal forces from the column and the beam acting on the joint face. In case of gravity load, joints are capable of transmitting tension, compression, and axial loads from the beams end and the columns directly through the joint. On the other hand, when the seismic load is applied to the joint area, the joint undergoes to large shear and flexural stresses acting in the same time in the joint region. These stresses cause an internal diagonal tensile and compressive stresses lead to minor cracks in the joint core, as a result of increased seismic loads, major diagonal

cracks form in the joint core (Chidambaram, and Thirugnanam 2012). In Beam-Column Joints The bond performance of the reinforcing bar is influenced by confinement, clear distance between the bars and nature of the surface of the bar, deformed bars give better performance in bond (Ichinose 1991). For effective bond performance confinement of the embedded bar is very essential to transfer the tensile forces. The additional confinement is obtained from column axial compression and with reinforcement that helps in arresting the splitting cracks. The behavior of the reinforcing bar in bond also depends on the quality of concrete around the bar. In an interior joint, the force in a bar passing continuously through the joint changes from compression to tension. This causes a push-pull effect which imposes severe demand on bond strength and necessitates adequate development length within the joint. In exterior joints the beam longitudinal reinforcement that frames into the column terminates within the joint core. After a few cycles of inelastic loading, the bond deterioration initiated at the column face due to yield penetration and splitting cracks, progresses towards the joint core. Repeated loading will aggravate the situation and a complete loss of bond up to the beginning of the bent portion of the bar may take place. The longitudinal reinforcement bar, if terminating straight, will get pulled out due to progressive loss of bond (Eligehausen, Popov and Bertoro 1983).

4. JOINT MECHANISM

Shear transfer mechanisms in a beam column joint involves two possible primary mechanisms: a concrete diagonal compression strut mechanism and a truss mechanism as shown in Figure (2). These Mechanisms provide means of transferring the beam and column forces across the joint core (Leon 1990). The two forces governing the strut mechanism are the concrete's compressive strength and the compressive resistance of the equilibrating compression blocks in the joint itself. Strut mechanism includes the formation of a single diagonal concrete compressive force in the joint. this single diagonal concrete assumed to be qualified for transferring the shear force in the joint without the aid of reinforcement. Here, any transverse reinforcement ties in the joint would sufficiently confine the concrete leading to improve the shear transfer. In an extreme high-load level truss mechanism is developed, its shown when there is a solid immobile bond maintained along the joint reinforcement, which starts to fail under the load. In this case, horizontal ties in the joint region develop tensile forces, and a diagonal compression field forms by many smaller inclined compressive concrete struts between those ties in the joint depends on the strength contributed by horizontal ties and vertical reinforcement within the joint area to maintain the truss action. The truss mechanism involves the formation of a network of small compression struts across the entire beam-joint interface. In this case, an

adequate amount of joint confinement can activate a diagonal compression field able to sustain and transmit the bond forces. A problem in the substandard old reinforcement concrete frames that it doesn't have any joint hoops which lead to no activation of the truss mechanism (Park 2002).

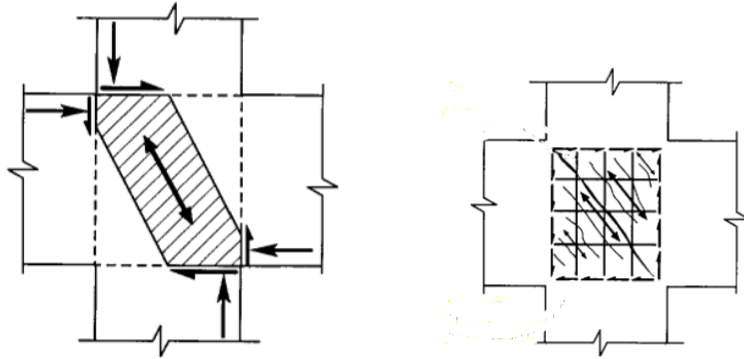


Fig.2. Concrete diagonal compression strut mechanism and truss mechanism

5. JOINT FAILURE

The failure of a building structure under seismic loads is mainly due to: short columns, soft stories, strong beam/weak column philosophy and deficient building practices (Mohele and Mahin 1991; Sezen et al.2003; Ghobara 2004). However, during recent earthquakes worldwide Numerous reinforced concrete structures constructed prior to 1975 were damaged due to failure of beam-column joints especially shear failure of the joint. Many studies (Shiohara 2001; Pampanin, Magenes and Carr 2003) have elaborated different failure modes that can occur at the beam column joint as a consequence of lack of transverse reinforcement in the joint region, and insufficient anchorage capacity in the joint. these reasons represent possible sources of particularly brittle failure mechanisms, the figure (3) below presenting some of the failure modes in the joints. Usually, the location of the plastic hinge formation in the joints will determine the pattern of failure in the reinforced concrete structure. Basically, three different categories of failure modes can be observed on beam-column joints:

Anchorage Failure:

This mode of failure occurs when beam longitudinal bars slip (pull-out) of beam bottom reinforcement due to anchorage conditions like having insufficient embedment length of the beam reinforcement or poor detailing. There could be global instability since the beam longitudinal bars are pulled out of the joint

without actual shear failure, pull-out comes at an applied beam load significantly lower than that required to develop either the beam's flexural strength or the joint's shear strength.

Joint Failure:

In this failure mode, beams and columns are adequately reinforced to resist the seismic forces hence the unconfined joint becomes the weak link. Keep in mind that the ultimate shear capacity of a joint is different than the shear strength at initial joint cracking. If the strength of the joint is less than the shear force required for beam failure, then joint failure will occur at this lower load with no yielding of beam or column reinforcement. Usually joints can withstand a further significant increase in load after initial shear cracking. This Failure mode is a brittle mode of failure that's present in most buildings before the advent of new seismic design code.

Flexural Failure:

This mode is likely when beam or column flexural capacity is very poor compared to joint shear strength then the strength of the global connection will be governed by the flexural behavior of its intersecting members. In seismic design philosophy, the beam-column joint is designed based on strong column-weak beam criteria, thus avoiding column failure. Sufficient stirrups should ensure that the beam fails in flexure and not in shear. With all that said, avoiding these failures in the buildings which were built before the beginning of applying seismic regulations there has to be some retrofitting required.



Fig.3. Failure Modes for Beam-Column Joint

6.PARAMETERS-AFFECTING JOINT BEHAVIOR

A plenty of studies have been carried out in order to understand the behavior of beam-column joints. The first study on the subject was conducted by (Hanson and Conner 1967). They defined the first quantitative definition for joint shear. It determined from a free-body diagram. Another study conducted by (Kim and LaFave 2007) presented the key factors that influences the behavior of the joint. However, the significant factors that influence the behavior of reinforced concrete beam-column joints are explained below:

Concrete Compressive Strength:

Concrete compressive strength is the most governing parameter in determining the ultimate strength of a reinforced concrete beam-column connection behavior (Murakami 2000). The use of higher strength concrete in column leads to better stress distribution in the joints, which improves joint shear resistance stemming from force transfer to the joint panel and from the bonding between the steel reinforcements and the surrounding concrete, it can also affect joint failure and ductility (Durrani and Wight 1985). In case of the beam concrete being stronger than column concrete, the behavior of beam column joint becomes inconsistent at different axial load levels. High strength concrete is inflexible causing the column to fail in tension at low axial loads on column. In another case if the column concrete is stronger, the moment carrying capacity of joint increases with increase in axial level. The best-case scenario is when the Joint is having the same grade of concrete in beam and column which leads to more rotation capacity than any other combination (kumar1995).

Geometry of the joint:

The absolute size of a joint has some influence on its performance. Ideal bond and anchorage conditions are very difficult to simulate in a small joint. Whether it is an interior or an exterior joint, international construction codes requires a minimum horizontal development length in terms of beam bar diameter for the joints, and thereby a minimum column width, to ensure the proper anchorage conditions (Park and Paulay 1975).The width of the column framing into a beam-column joint is a vital factor that governs the bond condition of the longitudinal bars in the beam and also contributes to resistance to horizontal shear (Roufaiel and Meyer 1987). The anchorage for the longitudinal bars terminating into the joint core in a beam-column joint is usually provided in the form of standard 90-degree hooks, which include a horizontal development length and a vertical tail extension.

Reinforcement:

Presence of reinforcement has prominent effects on the performance of individual members as well as beam-column joints. The increase in shear reinforcement decreases the ultimate deflection of the joint, particularly with high percentage of tensile reinforcement in beam (Shah and Rangan 1970). Furthermore, longitudinal tension steel provides complex stress distribution at the joint anticipating ductility and strength increase depending on the area of tensile and compression reinforcement, and amount and distribution of transverse reinforcement. The effectiveness of the joint shear reinforcement likewise depends on the ability of the flexural reinforcement and the surrounding concrete to interchange high intensity bond stresses. However, if there is no shear reinforcement provided with a small axial compression on the column, the joint will not be able to transfer all the moment applied to it by beams. The increase in the percentage of shear reinforcement results in the increase of the ratio of actual ultimate moment to theoretical ultimate moment capacity of joint.

Axial load:

Despite the numerous investigations both experimentally and analytically, the effect of column axial load on the general behavior of beam-column joints have produced contradictory results. Some authors reported that there is negligible effect of beam-column joint on joint shear strength, among those (Park and Mosalam 2012) who showed that joint shear strength is not clearly affected by column axial stress. (Meinheit and Jirsa) also stated that ultimate shear capacity of the joint is not affected by axial loading on column but the shear at first cracking is highly increased. In some other studies, the column axial load was reported to be one of the most influential factors affecting the bond performance of joints. (Clyde, Pantelides and Reaveley 2000; Barnes and Jigoral 2008). (Kaku and Asakusa 1991) claim that axial loading on columns helps the joint to have less pinching, increased stiffness and anchorage of both hooked and straight beam bars passing through the joint. However, the effect of axial load on the beam-column joint shear strength is still controversial among researchers meeting no unanimity.

7. CONCLUSIONS

The beam-column joints are still a motivating point for the civil engineering researchers for avoided the damage at the joints. Hence, ensure the safety of reinforced concrete structures. It is believed that this study will help in understanding the fundamental theories of seismic behavior of the joints. In this context, an overview of seismic behavior of beam-column joints has been introduced. The shear transfer mechanisms involved in joint performance and bond have been discussed. In addition, three failure modes

are provided and discussed in detail because the knowledge of the failure mode can be essential for a perfect design of the joints. Moreover, the parameters impacting of seismic behavior of the joints are explained. For a better effectiveness of performance of beam-column joints should be considered of these parameters while designing the joints.

REFERENCES

36. ACI 352R-02 2002. Recommendations for design of beam-column-joints in monolithic reinforced concrete structures. American Concrete Institute. ACI 352R-02. ACI/ASCE. Committee 352.
37. Barnes M., and Jigoral S. 2008. Exterior non-ductile beam column joints. PEER/NEESREU Research Report. University of California, Berkeley, August.
38. Clyde C., Pantelides C. and Reaveley L. 2000. Performance-based evaluation of exterior reinforced concrete building joints for seismic excitation. Pacific Earthquake Engineering Research Center. PEER Report 2000/05. University of California, Berkeley, CA.
39. Durrani A. and Wight J. 1985. Behavior of interior beam to column connections under earthquake type loading. ACI, Vol.82, Issue 3, pp. 343-349.
40. Eligehausen R., Popov E. and Bertoro V. 1983. Local bond stress-slip relationships of deformed bars under generalized excitations. Report 82/23, Earthquake Engineering Research Centre, university of California, Berkeley, pp. 169.
41. Ghobara A. (2004). The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and infrastructure. Engineering Structure, Vol.28, Issue 2, pp. 312-326.
42. Hanson N. and Connor H. 1967. Seismic resistance of reinforced concrete beam-column joints. Journal of Structural Division ASCE, Vol.93, Issue 5, pp. 533-559.
43. Ichinose T. 1991. Interaction between Bond at Beam Bars and Shear Reinforcement in RC Interior Joints. Design of Beam-Column Joints for Seismic Resistance, American Concrete Institute. Farmington Hills, SP- 123, pp. 379-400.
44. Kaku T. and Asakusa H. 1991. Bond and anchorage of bars in reinforce concrete beam-column joints. Design of beam-column joints for seismic resistance – ACI SP-123, pp. 401-424.
45. Kim J. and LaFave J. 2007. Key influence parameters for the joint shear behavior of reinforced concrete (RC) beam-column connections. Engineering Structures, Vol.29, Issue 10, pp. 2523-2539.
46. Kumar V. (1995). Rotational Capacity of Reinforced Concrete Beam-Column Joints, Journal of structural Engineering, SERC, Vol.22, Issue.2, pp. 109-113.
47. Leon R. 1990. Shear strength and hysteretic behavior of interior beam-column joints. Structural Journal, Vol.87, Issue 1, pp. 3-11.
48. Marques J. and Jirsa J. 1975. A Study of Hooked Bar Anchorages in Beam-Column Joints. ACI journal, Vol.72, Issue 5, pp. 198-209.
49. Meinheit D. and Jirsa J. Shear strength of reinforced concrete beam-column connections. Journal of the Structural Division, Vol.107, Issue 11, pp. 2227-2244.
50. Mohele J. and Mahin S. 1991. Observations on the behavior of reinforced concrete buildings during earthquakes. In: Ghosh SK editor, ACI SP-127 Earthquake resistant concrete structures-inelastic response and design. ACI, Detroit.
51. Murakami H., Fujii S., Ishiwata Y. and Morita S. Shear strength and deformation capacity of interior RC beam column joint sub-assembly. Proceedings of the Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, 2000, pp. 679.
52. Pampanin S., Magenes G. and Carr A. 2003. Modelling of shear hinge mechanism in poorly detailed RC beam-column joints. In: Proceedings of the FIB 2003 symposium.

53. Park R. 2002. A summary of results of simulated seismic load tests on reinforced concrete beam-column joints, beams and columns with substandard reinforcing details. *Journal of Earthquake Engineering*, Vol.6, Issue 2, pp. 147-174.
54. Park R. and Paulay T. 1975. Reinforced concrete structures. John Wiley and Sons. New York.
55. Park S. and Mosalam K. 2012. Parameters for shear Strength prediction of exterior beam-column joints without transverse reinforcement. *Engineering Structures*, Vol. 36, pp.198-209.
56. Patil S. and Manekari S. 2013. Analysis of Reinforced Beam-Column Joint Subjected to Monotonic Loading. *International Journal of Engineering and Innovative Technology, IJEIT*, Vol.2, Issue 10, pp.149-158.
57. Pradip S., Rajesh A., and Devdas M. 2007. Design of RC beam-column joints under seismic loading- A review. *Journal of Structural Engineering*, Vol.33, Issue 6, pp. 449-457.
58. Roufaiel M. and Meyer C. 1987. Analytical Modelling of Hysteretic Behavior of Reinforced Concrete Frames. *Journal of structural Engineering, ASCE*, Vol.113, Issue 3, pp. 429-444.
59. Sezen H., Whittaker A., Elwood K. and Mosalam K. 2003. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey. *Engineering Structure* 25(1), pp. 103-114.
60. Shah S. and Rangan B. 1970. Effect of reinforcement on ductility of concrete. *Journal of structural Engineering, ASCE*, Vol.96, Issue 6, pp.1167-1184.
61. Shiohara.H 2001. New model for shear failure of RC interior beam-column connections. *Journal of Structural Engineering*, Vol.127, Issue 2, pp. 152-160.
62. Siva C., and Thirugnanam G. 2012. Comparative Studies on Behavior of Reinforced Beam-Column Joints with Reference to Anchorage Detailing. *Journal of Civil Engineering Research*, Vol.2, Issue 4, pp. 12-17.
63. Soroushian P., Obaseki K., Nagi M. and Rojas M. 1988. Pullout Behavior of Hooked Bars in Exterior Beam-Column Connections *ACI Structural Journal*, Vol.85, Issue 3, pp. 269-276.