
CONTRIBUȚII LA REALIZAREA ÎMBRĂCĂMINȚILOR RUTIERE RIGIDE

DOCTORAND: ING. RADU POPA
CONDUCĂTOR DOCTORAT: PROF.DR. ING. SORIN DAN
PROF. DR. ING. CORNELIU BOB

-REZUMAT-

Teza este structurată pe șase capitole, bibliografie și o anexa foto.

Capitolul 1. Introducere analizează actualitatea și importanța temei cercetate în prezenta teză de doctorat, luând în considerare motivația cercetării și anume necesitatea unor studii aprofundate asupra componentilor și a tehnologiei de fabricare a betonului în scopul de a asigura soluții sustenabile în vederea realizării îmbrăcăminților rutiere puse în operă.

Capitolul 2. Dezvoltarea betoanelor rutiere în secolul XXI cuprinde un studiu bibliografic complex, care trece în revistă noțiuni privind tipurile de îmbrăcăminți rutiere folosite, tipuri de fibre utilizate în compoziția betoanelor, prezentate în corelare cu caracteristicile pe care fibrele le transferă betoanelor. Se concluzionează cu afirmația că materialele de armare dispersă conduc la ridicarea parametrilor fizico-mecanici ai structurilor rutiere, iar proporția lor de adaos în masă și modul în care acestea realizează o aderență bună cu scheletul mineral, liant și alte materiale de adaos influențează hotărâtor durabilitatea îmbrăcăminților rutiere. Fibrele constituie faza discontinuă în masa îmbrăcăminții rutiere și au rolul de a ranforșa produsul finit dar și rol de umplere a spațiilor interstițiale dintre fracțiunile granulare datorită reducerii porozității și a tensiunilor superficiale care se dezvoltă la interfața componentilor. Acest fapt va conduce la reducerea riscului de apariție a microfisurilor și deci a degradării timpurii a îmbrăcăminții rutiere.

Capitolul 3. Criterii de stabilire a sustenabilității unui beton, consideră sustenabilitatea definită ca fiind un concept bazat pe aspectele de mediu, economice și sociale și este unul dintre aspectele-cheie ale sectorului construcțiilor, care trebuie să fie bine luate în considerare în secolul XXI.

Durabilitatea este direct legată de performanța structurală, adică de caracteristici cum ar fi siguranța și utilitatea.

Definește caracteristicile ce trebuie luate în considerare când se afirmă despre un material utilizat în construcții că este sustenabil, dacă îndeplinește următoarele criterii:

- este eficient energetic;
- este economic;
- procedeul de obținere al acestuia presupune o folosire rațională a resurselor naturale;
- este reciclabil/reutilizabil;
- nu se produc deșeuri în timpul procesului de fabricare a acestuia, sau cantitatea de deșeuri rezultate este foarte scăzută;
- este ușor de procurat/produs, aproape de locul utilizării lui ulterioare;
- presupune un consum de apă limitat în timpul procesului tehnologic de fabricare;
- nu prezintă riscuri pentru sănătatea umană;
- flexibilitate sporită în design.

În cadrul capitolului 3, se prezintă și factorii decizionali în stabilirea sustenabilității unui material de construcții, concluzionând, din punct de vedere al acestui aspect prin prezentarea a unui număr de șapte concepte ce trebuie să stea la baza stabilirii sustenabilității unui material utilizat în realizarea unei construcții.

Capitolul 4. Determinări de laborator pe betoane cu fibre, are la bază un larg program experimental realizat de către autorul tezei de doctorat, pe rețete de betoane cu fibre metalice, poliuretanică și de sticlă. Scopul programului experimental a constat în obținerea unei compoziții cu caracteristici cel puțin satisfăcătoare din punctul de vedere al rezistențelor mecanice ale acesteia, astfel încât să poată fi utilizată pe scară extinsă la stratul de uzură al drumurilor.

Studiul experimental efectuat pe betoanele armate dispers cu fibre de oțel a condus la concluzia privind creșterea rezistențelor la întindere atunci când betonul armat cu fibre de metal se află în zona comprimată. Acest rezultat este semnificativ pentru cercetarea efectuată în cadrul prezentei teze de doctorat deoarece scopul principal de utilizare a betoanelor studiate este acela al îmbrăcăminților rutiere rigide, mai precis, ca și strat de uzură la acestea.

Fibrele de oțel s-au smuls în zona de cedare a epruvetei testate, ceea ce conduce la concluzia unei aderențe superficiale între matrice și fibre.

În cazul probelor realizate cu betoane cu fibră de sticlă, la efectuarea încercării la întindere prin încovoiere, se obține o rezistență superioară când stratul de armare este în zona întinsă. Deasemenea se constată că, deși prima fisură apare la aproximativ 30% din valoarea forței de rupere, datorită fibrelor de sticlă prezente în matrice, fisurarea este întârziată semnificativ, fisura 2 și 3 apărând foarte aproape de forța maximă. Fibrele împiedică deschiderea fisurilor, fapt ce conduce la impresia că proba nu este distrusă.

La realizarea încercărilor experimentale pe compozițiile cu fibră de sticlă, au apărut diverse probleme tehnologice cum ar fi:

- ruperea parțială a fibrelor în malaxor;
- necesitatea de a controla tendința de aglomerare a fibrelor de sticlă precum și distribuția uniformă a acestora în masa betonului.

Adaosul de fibre de sticlă poate conduce la o creștere a rezistențelor mecanice la întindere prin încovoiere, atunci când stratul armat dispers cu fibre de sticlă este poziționat în zona comprimată, cu aproximativ 1,5 - 7% față de betonul martor.

La betoanele cu fibre de polipropilenă, s-au realizat încercări pe trei tipuri de astfel de fibre, în total 10 compoziții, și anume: RoNet- fibre fibrilate din polipropilena, Ro White- fibre monofilament din polipropilenă, Readymesh PF 540- macrofibre din polipropilenă.

Concluzile programului experimental pe betoane armate dispers cu fibre din polipropilenă sunt prezentate analizând comportarea probelor testate la întindere prin încovoiere, având un strat de 5 cm grosime realizat cu beton armat dispers cu diferite tipuri de fibre, stratul fiind poziționat fie în zona comprimată, fie în cea întinsă. Tabelul 15 din cadrul tezei de doctorat, prezintă capacitatea portantă obținută pe toate cele 10 compoziții experimentate. Se observă ca valoarea maximă a capacității portante se obține, așa cum era de așteptat, în cazul armării disperse cu fibre de oțel.

Capitolul 5, intitulat: *Studiu de caz - platformă betonată Timișoara*, prezintă partea a doua a programului experimental care a constat din refacerea unei zone de îmbrăcămînți rutiere rigidă în Timișoara, Calea Șagului, nr. 142/A la intrarea în parcul auto Dacia-Renault. S-a realizat, la locația menționată, înlocuirea pe porțiuni a platformei betonate. Astfel, pe o suprafață de 27 mp s-a

decatat în întregime betonul existent și s-a înlocuit cu un beton armat dispers cu fibre de oțel tip HE55/35, adică pe o grosime de 20 cm. Un alt tronson cu suprafața de 18 mp, a fost decapat în întregime și a fost înlocuit cu un beton armat dispers cu fibre din polimeri. Un tronson a fost decapat în întregime și a fost înlocuit cu un beton rutier martor. Cele din urmă tronsoane, cu o suprafață de 24 mp, s-au rutier decapat parțial, adică pe o grosime de 7 – 8 cm și s-a înlocuit cu un strat de beton armat dispers cu fibre polimerice, respectiv cu fibre din oțel. De menționat că, pentru protecția betoanelor nou turnate, pe primele două tronsoane experimentale s-a aplicat hârtie Kraft peste stratul de balast compactat existent, iar în cel de-al treilea caz, pentru a asigura aderența dintre betonul existent și cel nou, s-a utilizat aditivul pentru aderență Sikalatex.

Pentru stabilirea durabilității și a comportării în timp a betoanelor cu fibre utilizate la reabilitarea îmbrăcăminților rutiere menționate anterior, s-a ales, pe lângă observațiile vizuale efectuate pe o perioadă de 5 ani și metoda de extragere de carote și testarea acestora.

Carotele testate au fost extrase la 28 de zile de la realizarea platformelor, respectiv la 5 ani. Analiza rezultatelor obținute a condus la concluziile:

- se observă o creștere în timp a rezistenței la întindere prin despicare la toate tipurile de betoane, acest lucru este în concordanță cu literatura de specialitate din domeniu;
- în cazul betoanelor armate cu fibre metalice cu grosimea de 7 cm, rezistența obținută este similară, atât la vârsta de 28 de zile, cât și după 5 ani, cu cea obținută pe betoanele armate cu fibre polimerice pe toată grosimea stratului îmbrăcăminții rutiere. Introducerea fibrelor metalice în compoziția betoanelor rutiere conduce la dublarea rezistenței la întindere a acestora;
- în cazul utilizării fibrelor polimerice pentru armarea dispersă a betoanelor rutiere, se observă o creștere de aproximativ 15% a rezistențelor în cazul armării disperse pe toată grosimea îmbrăcăminții rutiere, față de armarea numai a stratului de uzură, iar în cazul celor armate dispers cu fibre metalice de 15%. Această concluzie este semnificativă atunci când se ia în considerare raportul cost/beneficiu în stabilirea soluțiilor de reparare/consolidare a drumurilor.

Ultimul capitol al tezei, **Capitolul 6. Concluzii și contribuții personale** sintetizează rezultatele obținute în cadrul studiilor teoretice și experimentale prezentate. Astfel, se desprind următoarele concluzii ale prezentei teze de doctorat:

-
- Sporirea durabilității și sustenabilității structurilor din beton, prin reducerea costului de reparații și întreținere, prin sporirea rezistențelor la întindere a betoanelor realizate cu fibre, precum și prin posibilitatea eliminării, chiar dacă nu în totalitate, a armăturilor, este un obiectiv major al cercetărilor din domeniul ingineriei civile. În timpul construcției, diferența de consum de combustibil pentru producerea de asfalt față de beton este imensă. Acest lucru se datorează în principal energiei necesare pentru încălzirea materialelor asfaltice.
 - Ca și dezavantaj al acestor betoane se poate menționa costul inițial sporit al materialelor componente, și anume al adaosului de fibre, dar acest dezavantaj se pierde în timp prin sporirea durabilității. Aceste betoane se dovedesc a fi eficiente la realizarea căilor de rulare la poduri, îmbrăcăminților rutiere, tuneluri sau conducte.
 - Testele experimentale efectuate asupra betoanelor armate cu diverse tipuri de fibre, pot sta la baza stabilirii unor direcții principale de optimizare a compozițiilor acestor betoane.
 - Betoanele armate dispers cu fibre trebuie să aibă o compoziție atent stabilită, o tehnologie de amestecare riguros respectată, deoarece, într-un material armat dispers cu fibre mai mult sau mai puțin distribuite uniform și la distanțe mici una de alta, distanțarea fibrelor afectează proprietățile acestuia.
 - S-a constatat că, dacă se compară două șarje de turnare diferite cu același procent volumic de fibre Vf, cu fibre de același tip și diametru, distanța medie dintre fibre este diferită și ranforsarea lor cu fibre va fi considerabil diferită.
 - Costul ridicat al materialelor din compoziție, cât și faptul că este necesar un control de calitate sporit asupra betonului și a agregatelor constituie un dezavantaj major al betoanelor cu fibre. Utilizarea fibrelor ajută la modificarea proprietăților atât în stadiul de beton proaspăt cât și în faza de beton întărit, ceea ce face din betonul cu fibre un material mai versatil pentru a fi utilizat pentru o varietate de aplicații.
 - Rezultatele experimentale obținute pe cele cinci tipuri de betoane cu fibre studiate în cadrul tezei de doctorat sunt în concordanță cu cele prezentate în lucrări de specialitate din țară și străinătate.

Sintetizând materialul prezentat anterior, principalele contribuții personale sunt:

1. Întocmirea unui studiu bibliografic reprezentativ pentru acest domeniu de cercetare, ilustrat prin lista de bibliografie.
2. Realizarea unui scurt istoric al folosirii fibrelor, respectiv a betonului armat cu fibre, în construcții.
3. Realizarea unui larg program de cercetare experimentală pe betoane armate dispers cu 5 tipuri diferite de fibre, cu adaos de fibre diferit, deci în total 10 rețete de betoane armate dispers cu fibre.
4. Optimizarea tehnologiei de amestecare a betoanelor cu fibre testate.
5. Realizarea unui studiu practic prin utilizarea betoanelor armate dispers cu fibre metalice și respectiv cu fibre polimerice la reabilitarea unei platforme din Timișoara.
6. Urmărirea comportării în timp, pe o durată de 5 ani, a platformei reabilite.
7. Realizarea unui beton cu fibre ce poate fi utilizat la îmbrăcămințile rutiere, care se remarcă prin durabilitate sporită.
8. Studiul are ca beneficiari inginerii constructori din țara noastră implicați în toate etapele de realizare a îmbrăcăminților rutiere, cărora datele prezentate în această teză de doctorat le poate oferi informații utile despre comportarea betoanelor armate dispers cu fibre. Astfel, se pot concepe amestecuri de betoane cu o comportare superioară. Aceste cunoștințe pot contribui la realizarea unor drumuri mai durabile, la care costurile de întreținere în exploatare se pot reduce, astfel că, în timp se poate vorbi de un câștig din punct de vedere economic.

Valorificarea rezultatelor s-a făcut prin publicarea a de 8 articole cotate ISI, dintre care unul într-o revistă, alături de membri ai departamentului de Construcții Civile și Instalații ai Facultății de Construcții, Universitatea Politehnica Timișoara.