

DURABILITATEA STRUCTURILOR DIN BETON

Conf. dr. ing. Augustin Popăescu*

Drd. ing. Ovidiu Deaconu**

1. INTRODUCERE ÎN DURABILITATEA STRUCTURILOR DIN BETON

Conceptul modern de durabilitate pentru structuri din beton, dezvoltat în ultimele decade în principal de către CEB, urmărește să asigure o proiectare rațională și coerentă pentru durata de serviciu și are la bază modele ingineresti fundamentate ce descriu mecanismele de deteriorare care afectează rezistența, funcționabilitatea și durabilitatea. Modelele ingineresti sunt fundamentate pe cunoștințe dintr-o gamă largă de discipline, ca statica (comportare structurală), tehnologia materialelor (compoziția materialelor), proiectare (forma structurală, tradiții de proiectare, coduri), execuție (mâna de lucru, tradiții locale), statistică, economie.

Mecanisme de deteriorare

Mecanismele de deteriorare care au întradevăr semnificație și prezintă importanță sunt următoarele patru:

- Coroziunea armăturii

Coroziunea deteriorează mai întâi armătura și în continuare apar deteriorări în beton.

- Reacția alcalii-agregate
- Atac chimic (ex. sulfatic)
- Crăpare din îngheț-dezghet

La aceste trei mecanisme mai întâi se distruge betonul.

Parametri care influențează mecanismele de deteriorare:

- Apa

Toate mecanismele de deteriorare majore necesită un volum suficient de apă.

Obs. Fisurile în beton cauzate de temperatură, contracție și oboseală mecanică nu reprezintă neapărat deteriorare în sensul mecanismelor menționate, dar crează posibilități de penetrare în beton.

- Sărurile

Sărurile pe bază de clor sunt unele dintre cele mai dăunătoare materiale la care betonul poate fi expus.

Sarea pentru dezghet poate crea șoc termic și fisurarea betonului.

Sarea este higroscopică și reține apa. În prezența sării este dificil să se usuce betonul pentru a stopa posibila dezvoltare a deteriorării.

* Universitatea Transilvania Brașov, Facultatea de Construcții E-mail: popaescu@cons.incerc.ro

** Universitatea Transilvania Brașov, Facultatea de Construcții, E-mail: ovideaconu@yahoo.com

- Dezvoltarea în timp

Aproape toate mecanismele de deteriorare se dezvoltă în două faze:

- ◆ faza de inițiere: scăderi nesemnificative în proprietățile materialelor sau în funcția structurii, însă anumite bariere protectoare sunt depășite de mediu agresiv (ex. carbonatare, penetrare clor, acumulare sulfatați, ultimele două fiind accelerate de umezire-uscarea);
- ◆ faza de propagare: deteriorarea activă se dezvoltă rapid și în unele cazuri în ritm accelerat (ex. coroziunea armăturii).

- Fenomene de transport

În ambele faze de inițiere și de propagare toate mecanismele importante de deteriorare depind de unele substanțe care penetrează spre interiorul betonului prin suprafața sa. Înțelegerea acestui fapt permite punerea în evidență a zonelor care sunt critice pentru performanța structurii.

Principalele mecanisme de transport sunt neliniare în timp (mai accelerate în început). Umezirea și uscarea ciclica accelerează mult penetrarea substanțelor agresive care se concentrează lângă suprafața de evaporare.

Implicații: un strat de beton de acoperire mai redus decât s-a anticipat în proiectare poate conduce la o severă scurtare a duratei de serviciu.

Agresivitatea mediului

Definirea sau clasificarea agresivității mediului în care este plasată structura reprezintă o parte esențială a procesului de proiectare pentru durata de serviciu, dar în același timp este și cea mai slabă legatură în lanțul de decizii necesare pentru realizarea unor structuri durabile pe termen lung, făcând necesare cercetări și dezvoltări.

Controlul durabilității - ex. Inspectare

O inspectare timpurie preventivă ar permite să se facă intervenții pe perioada perioadei de inițiere, fiind și suficient timp pentru conceperea, programarea și realizarea intervențiilor. Anumite părți sensibile ale structurii pot fi supuse urmării de specialitate.

Intervenții - aspecte economice și de management

Costurile intervențiilor depind în mare măsură de momentul din durata de serviciu în care se fac intervențiile.

Durata de serviciu a structurilor din beton se poate sub-divide în următoarele patru faze [] :

Faza A: Proiectare, execuție, tratare

Faza B: Procesul de inițiere este în curs, dar propagarea deteriorării încă nu a început.

Faza C : Începerea propagării deteriorării.

Faza D : Stadiu avansat de propagare cu apariția de deteriorări extinse.

Pentru a asigura o durată de serviciu satisfăcătoare unei structuri din beton sunt necesare, într-o fază dată, costuri pentru intervenții care pot crește de cinci ori în comparație cu costurile pentru intervenții în faza precedentă.

Din acest motiv trebuie să fie dezvoltate și introduse tehnicile de inspectare și mentenanță pentru a asigura ca structurile existente să nu progreseze în fazele C și D. Este important ca în etapele inițiale ale procesului de construcție proprietarul, investitorul, managerul să ia decizii pe termen mai lung, bazate pe informații tehnice și economice fundamentate.

Probleme de erori grosiere

Analiza a numeroase cazuri de deteriorări premature a pus în evidență ca într-un număr important de cazuri, cauza deteriorării nu s-a datorat variațiilor în-situ ale proprietăților materialelor, acoperirii cu beton etc. anticipate în mod normal (și acceptate), ci unor deviații grosiere față de valorile anticipate, ca de ex.:

- acoperire de 5 mm în loc de 50 mm;
- segregări cu caverne / compactare nesatisfăcătoare;
- dozaj de ciment de 150 Kg/mc în loc de 350 kg/mc;
- raport a/c = 0,75 în loc de 0,45;
- erori în specificarea tipurilor de ciment în raport cu mediul agresiv.

Astfel de probleme de erori grosiere nu pot fi rezolvate de coduri mai stricte, nici prin utilizarea unor teorii de siguranță avansate. Asemenea erori pot fi minimizate numai prin educație, informare și asigurarea calității și pentru ca profesia noastră să-și mențină respectabilitatea [] .

2. PREEVALUAREA DURATEI DE SERVICIU

Pe baza mecanismelor de deteriorare, a parametrilor care le guvernează și a cineticii mecanismelor de deteriorare se pot identifica parametrii necesari pentru a preevalua durata de serviciu.

În ambele faze, de inițiere și de propagare, toate mecanismele de deteriorare semnificative depind de unele substanțe care penetrează din exterior spre interiorul betonului printr-unul sau mai multe mecanisme de transport.

Prima sarcină a proiectării pentru o durată de serviciu lungă este de a asigura o suficient de lungă perioadă de inițiere. În practică aceasta se realizează prin prevederea de bariere față de penetrarea și acumularea de substanțe agresive. În acest scop este necesar să se prevadă un bun strat de protecție exterior prin :

- Selectarea calității betonului;
- Alegerea unei acoperiri mari cu beton a armăturii, urmărind o optimizare între avantajul unei acoperiri mari și creșterea riscului de fisurare;
- Prevederea de proceduri de execuție care sporesc calitatea, în special în straturile exterioare, cum ar fi o bună compactare a betonului și o tratare bună a betonului întărit.

O estimare de încredere a duratei de serviciu necesită de aceea o verificare în-situ a valorilor utilizate inițial în proiectarea duratei de serviciu.

Mai departe, dacă începe faza de propagare, orice efort trebuie făcut pentru a reduce viteza mecanismelor de deteriorare.

3. STRATEGII DE PROTECȚIE DE BAZĂ

Se pot pune în evidență două strategii de protecție de bază:

- Strategia A: a se evita deteriorarea directă a structurii sub acțiunea mediului (cu aplicare la medii agresive chimice)
 - A1: prin evitarea contactului direct ex. rezervor intermediar, membrane.
 - A2: prin selectarea unor materiale nereactive ex. oțel inox, oțel peliculizat, agregate nereactive, cimenturi cu alcalii reduse rezistențe la sulfați.
 - A3 : prin inhibarea reacției de deteriorare prin tehnici ca protecția catodică.
- Strategia B: măsuri de reducere a efectelor mecanismelor de deteriorare (cu aplicare la medii curențe, agresivitate față/redusă/slabă)
Ex.: protecție la coroziune prin alegerea potrivită a acoperirii și a compoziției betonului, proiectarea unor detalii potrivite ca minimizarea suprafeței de beton expuse, rotunjirea colțurilor sau drenare potrivita.

4. MĂSURI DE PROTECȚIE ADIȚIONALE

Betonul este un material de construcție excelent și durabil, de asemenea în medii calde și umede, cu condiția ca să fie utilizat corect. Cu puține excepții, durabilitatea structurii și o durată de serviciu satisfăcătoare (ex. de peste 50 ani) poate fi realizată folosind un beton de bună calitate, într-o structură bine proiectată, fără măsuri de protecție suplimentare.

Cu toate acestea aditivii puzzolanici ca microsiline, flyash sau slag au fost tot mai des utilizați în ultima perioadă datorită efectelor de mărire a durabilității. Acești aditivi sunt disponibili în abundență și au o anumită abilitate de a neutraliza reacții alcalii-silice și oferă o foarte scăzută difuzie a ionilor de clor și sulf.

Ca protecții adiționale se consideră următoarele:

- aditivi speciali care măresc impermeabilitatea betonului;
- aditivi speciali care neutralizează sau inhibă mecanisme de deteriorare;
- peliculizarea oțelului sau betonului;
- membrane de protecție bituminoase sau polimerice;
- protecție electrochimică;
- armătură necorodabilă ca oțel inox, bare din fibre polimerice;
- armătură din fibre (polypropilenă, sticlă, oțel).

Înainte de alegerea unei astfel de măsuri de protecție adițională ca mai sus este necesară considerarea compoziției betonului și a liantului ales, iar alegerea măsurii de protecție trebuie luată în considerare cu grijă, în relație cu mediul agresiv specific și efectele secundare posibile.

5. CREDIBILITATEA UNOR NOI PRODUSE DE PROTECȚIE

În ultimii ani au apărut pe piață numeroase produse destinate "a rezolva" problemele de durabilitate la proiectare sau de "a preveni" deteriorarea viitoare în structuri existente.

Datorită consecințelor economice severe din introducerea unor măsuri de protecție costisitoare, care în final nu ar prezenta performanțele așteptate, iar în unele cazuri ar avea chiar efecte adverse, este necesar ca performanța reală a unor astfel de măsuri de protecție adiționale să fie suficient documentată.

5. ASPECTE PRIVIND EXECUȚIA, UTILIZAREA, MENTENANȚA, REPARAȚIA, CONSOLIDĂRI

Responsabilități, interacțiuni

Este important să se înțeleagă că problemele de durabilitate a betonului produse în trecut pot fi evitate în viitor dacă se fac eforturile necesare și coordonate în toate etapele procesului de concepție, proiectare, construire și folosire a construcției până la sfârșitul duratei de viață așteptată (proiectată).

Procesul tradițional de construcție este caracterizat de contribuția specializată a tuturor părților implicate și anume: proprietar, proiectanți (inginer și arhitect), executant (sub-executanți). Însă o altă parte importantă este utilizatorul construcției, care este în mod normal responsabil pentru mentenanța structurii pe perioada de utilizare. Lipsa de atenție sau acțiuni ale celor patru părți pot contribui la o stare nesatisfăcătoare a durabilității structurii.

Concepția și proiectarea trebuie să considere atât funcționalitatea cerută cât și condițiile de mediu și durata de serviciu propusă.

După predarea construcției este important să se înceapă mentenanța printr-o inspecție inițială și pregătirea unui manual de mentenanță. Înregistrările privind calitatea și inspecția pot furniza cunoștințe și experiențe utile, respectiv o bază pentru practică și decizii viitoare.

Lucrările și responsabilitatea proiectantului vor deveni mult mai precise și în multe privințe va trebui să-și extindă cunoștințele sau să apeleze la asistența specialistului. Este necesară o pregătire adecvată a inginerilor specializați în materiale pentru beton, ca și o îmbunătățire a structurii educației, unde pare să fie o oarecare discordanță între metodele de calcul foarte dezvoltate și cunoștințele necesare pentru detalii structurale.

Structurile bine executate vor fi durabile

O structură care este ușor de executat va fi mai mult ca probabil construită corect și deci va fi durabilă. Se vor evita detaliile dificile, iar armăturile se vor fixa ferm de cofraj pentru a nu se deplasa. Cofrajele trebuie să fie rigide și bine închise (etanșate) pentru a nu permite scurgeri de lapte de ciment, respectiv beton poros.

Detaliile complexe înseamnă dificultăți. Este necesară și se recomandă o verificare a posibilității de execuție a formei geometrice a cofrajului și a detaliilor de armare din punct de vedere al compactării betonului, înainte de a fi introduse în proiect, de către un executant cu experiență.

O compactare potrivită și un tratament corespunzător sunt doi factori cu cea mai mare influență asupra durabilității structurii betonului și cu o importanță deosebită pentru betonul din stratul de suprafață.

Condiții de serviciu

Când se aplică în practică conceptul de durată de serviciu trebuie să se considere și poziția proprietarului. Astfel pentru structuri industriale sau lucrări de artă proprietarul poate fi unul singur pe întreaga durată de serviciu, în timp ce pentru locuințe, birouri și multe structuri care adăpostesc activități economice poate exista o

multitudine de proprietari particulari succesivi, cu orizont îngust în ceea ce privește implicarea economică.

Marea majoritate a structurilor fac parte din ultimul tip și pentru care nu se poate conta pe o inspecție sistematică și mentenanță. În asemenea cazuri este recomandabil să se proiecteze și să se execute o structură robustă care să asigure siguranța pe întreaga durată de serviciu cerută, în timp ce elementele nestructurale, finisajele și instalațiile pot avea o durată de serviciu mai scurtă sau ar fi chiar de dorit, să se încurajeze relativ frecvente reparații și modernizări în acord cu ultimele cerințe.

Inspecție, mentenanță, reparații, consolidări

Inspectări regulate și sistematice se vor efectua în scopul de a identifica și cuantifica posibile deteriorări și de a considera consecințele economice ale măsurilor de remediere de scurtă sau de lungă durată. Inspecția constituie o parte integrală a siguranței structurale și a capacității de utilizare asigurând o legatură între condițiile de mediu la care este supusă structura și modul în care ea se comportă în timp. Având în vedere că *prevenirea este mai bună ca tratarea*, sunt necesare lucrări de remediere care să prevină deteriorări sau dezvoltarea defectelor, chiar a defectelor incipiente sau a condițiilor care conduc la defecte.

Luarea deciziilor privind precauții de siguranță, reparații, consolidări, demolare și chiar prevenirea repetării trebuie să aibă la bază evaluarea la durabilitate a structurilor (expertiza specializată).