



SEL**C**

**SCHIMBUL DE EXPERIENȚĂ
A LABORATOARELOR
DIN CONSTRUCȚII**

Ediția a XV-a

SELC 2003, Piatra Neamț 16 - 18 octombrie



CONSIDERAȚII PRIVIND PROIECTAREA LA DURABILITATE A STRUCTURILOR DE BETON ARMAT

Petru Rapisca, Ioan Tuns

Facultatea de Constructii Universitatea Transilvania Brasov

1. INTRODUCERE

Structurile de beton armat se proiectează la siguranță după normele și standardele în vigoare din legislație.

Aceste structuri trebuie să îndeplinească condițiile pentru care au fost proiectate o perioadă de viață. De regulă perioada de viață a structurilor de beton armat este normată în funcție de condițiile de exploatare, ele trebuind să satisfacă exigențele beneficiarului (utilizatorului), însă datorită condițiilor de mediu, a condițiilor de exploatare ulterioară a structurilor (condiții ce nu au fost prevăzute inițial) acestea se degradează timpuriu scurtându-și durata de viață sau deteriorările ce se constată induc costuri mari de reparații pentru menținerea în funcțiune la parametrii proiectați ai structurilor.

În momentul de față pe plan internațional este agrementată ideea că datorită complexității efectelor mediului înconjurător (cel natural și cel din exploatare) asupra materialelor componente ale structurilor de beton armat asigurarea performanței privind durabilitatea structurilor necesita o proiectare a lor în acest sens, proiectare care să ia în considerare toate aspectele privind materialele (ca materii prime, rețete de fabricare, tehnologii de fabricare, tehnologii de punere în opera a materialelor), gradul de pregătire tehnică al personalului și a conducerii tehnice a execuției cât și problemele legate de detaliile tehnice de proiectare la siguranță a structurilor.

Întreținerea și prevenirea riscurilor de deteriorare a structurilor sunt probleme permanente și foarte importante ale utilizatorului. Cele mai frecvente cazuri de degradare provocate de medii agresive și deci situația cea mai îngrijorătoare din punct de vedere al durabilității și siguranței în exploatare se întâlnesc la structurile de beton armat din industria chimică în special, dar și din alte industrii. În aceste condiții asigurarea durabilității și siguranței în exploatare a structurilor de beton armat nu depinde numai de măsuri de protecție primara (alcătuire constructivă, acoperire de beton, etc.) sau măsuri de protecție secundara (protecții anticorozive aplicate pe beton și armătură) ci efectiv de o proiectare la durabilitate cât și monitorizarea ei, vizând betonul și armătura.

Termenul "proiectarea durabilității" folosit în enunțul capitolului trebuie înțeles ca metodologie de proiectare pentru a face ca noile structuri de beton armat sa fie mai durabile in condițiile de mediu in care se exploatează structura. Aceasta proiectare la durabilitate este o noțiune abstracta si diferita de diagnosticele la durabilitate sau prezicerea perioadei de serviciu/viata ramase, care se fac la structurile de beton armat existente, pentru reparații sau îmbunătățiri ale calității structurale.

Aceasta recomandare se refera la betonul armat dar poate fi extinsa si la betonul precomprimat sau precomprimat si intenționează sa dea noțiuni de baza despre proiectarea la durabilitate ca un concept nou in practica proiectării structurilor de beton armat.

2. DEFINIȚIA TERMENILOR

Termenii cu care se va opera in proiectarea la durabilitate vor fi definiți după cum urmează:

a. Coeficient de mediu S_p :

Este o mărime care caracterizează mediul in care este exploatată structura. S-a notat cu S_p si va fi calculata în funcție de condițiile de mediu si pe perioada preconizata de lucru a structurilor respective. Modul de calcul si considerațiile teoretice privind aceasta mărime va fi explicat mai jos.

b. Coeficient de durabilitate T_p

Este un coeficient care definește global atributul de durabilitate pe o perioada de viata a structurii și va fi calculat în faza de proiectare la durabilitate a structurii de beton armat.

c. Coeficient de mediu în condiții normale S_o

Este caracterizat ca mărime a lui S_p în condițiile normale de lucru ale structurii.

d. ΔS_p

Variațiile coeficientului de mediu de la condițiile normale la condițiile reale (severe) de mediu.

e. $T_p(1..n)$

Puncte de durabilitate individuale pentru fiecare din elementele componente ale structurii (stâlpi, grinzi, etc.) pentru care se calculează, urmând să intervină în definirea coeficientului de durabilitate T_p ca sumă a

punctelor de durabilitate individuală.

În esență această propunere ca metodă de proiectare la durabilitate se poate exprima matematic în relația:

$$T_p \geq S_p \quad (1)$$

În care termenii relației sunt caracterizați ca mărimi amintite și vor fi explicați în amănunt în continuare. Pentru a înțelege mai bine metoda propusă sunt necesare câteva precizări și anume:

- Luând în considerare cererea ca structura de beton armat să fie cât mai durabilă, această metodă de proiectare trebuie să reflecteze toate aspectele tehnice (materiale, tehnologii, performanțe) rezultate în urma activității de cercetare-dezvoltare în domeniul materialelor folosite.
- Proiectarea la durabilitate trebuie să fie aplicabilă independent de metodele de proiectare la siguranța și stabilitate a structurii de beton armat;
- Metoda de proiectare la durabilitate propusă trebuie să poată să evalueze influențele detaliilor de proiectare și principiile constructive de armare în detaliu dar și cantitativ, pentru a se putea verifica satisfacerea condiției exprimată prin relația (1)

Fiecare element de construcție ar trebui examinat individual având în vedere faptul că în cadrul construcției mai laborioase condițiile de mediu pot diferi de la element la element mai ales că structurile utilizate pentru diferite industrii potențial nocive, pot avea mari diferențe de expunere și de influențe din condițiile reale de mediu (S_o). Făcând examinarea la durabilitate pentru fiecare element în parte înseamnă că structura în ansamblu poate fi caracterizată ca fiind o sumă de examinări la durabilitate a elementelor. Această recomandare de proiectare la durabilitate trebuie să se realizeze concomitent sau după proiectarea la siguranță, dar înainte de startul execuției.

Indicele la durabilitate T_p care va fi detaliat ulterior este dat de suma punctelor de durabilitate individuale. Aceste puncte sunt în schimb determinate pentru factori care exercită influență asupra durabilității structurilor și sunt deci calculate funcție de materialele folosite, detaliile de proiectare și tehnologia de execuție.

Astfel expusă, metoda de proiectare a structurilor la durabilitate face o analogie cu metoda de examinare a structurilor la siguranță

$$F_{cap} \geq F_{efec} \quad (2)$$

3. COEFICIENTUL DE MEDIU S_p

Coeficientul S_p va fi determinat luând în considerare condițiile normale de mediu S_o și perioada de viață pentru care noua structură este proiectată, la care se adăunează variația coeficientului de mediu ΔS definită în punctul 2.d (adică diferența dintre condițiile normale și condițiile reale de mediu). În esență S_p se calculează în relația:

$$S_p = S_o + \Sigma(\Delta S_p) \quad (3)$$

Unde S_p = coeficient de mediu,

S_o = coeficient de mediu în condiții normale

ΔS_p = element de descreștere a condițiilor de mediu normale datorate condițiilor de mediu reale (severitate ca: atacul cu săruri al elementului, efectul factorului de gelivitate, atacul cu ioni de Cl etc.

Se ia ca reper $S_o = 100$ (puncte) pentru perioada de viață a structurii respective de 50 ani. Această valoare a lui S_o va fi sporită sau redusă funcție de durata de viață a structurilor, conform HGR 964/23.12.1998. Potrivit acestui act normativ duratele normale de funcționare a mijloacelor fixe sunt stabilite pentru grupa 1 de construcții, așa cum se vede în tabelul 1:

Tabelul 1

Codul de clasificare	Denumirea activelor fixe	Durate normale de funcționare (utilizare în ani)
0	1	2
GRUPA CONSTRUCȚII		
1.1.	Construcții industriale	50
1.1.1.	Construcții industriale în afara de clădirile din industria alimentară, industria materialelor de construcții, industria metalurgică și siderurgică	40
	Industria chimică	35
1.1.1.2		
1.9.3.	Conducte branșamente etc.	15

Sunt cazuri când o structură se demolează deși este durabilă la orice valoare, acest lucru datorându-se uzurii morale a structurii, lucru pe care metoda propusă nu-l include și deci nu-l ia în considerare plecând de la definiția clasei betonului care precizează că rezistența minimă garantată este pentru 95% din probe. Putem aprecia că această condiționare se referă la structurile care nu au o durată de viață normală conform HGR 964/1998 în procent de 95% din cazuri.

În accepțiunea recomandării înseamnă că pentru 95% din structurile proiectate la durabilitate în timpul perioadei de viață cheltuielile ocazionate cu întreținerea structurii vor fi minime, cele strict necesare, structura fiind inspectată și evaluată în timpul perioadei de viață prin metode vizuale. Deci, în concluzie, în această recomandare de proiectare la durabilitate a structurilor de beton armat valoarea coeficientului de mediu este de 100 în condiții de mediu normale $\Delta Sp = 0$; și $Sp = So$.

Pentru structuri ce se presupun a fi subiectul unor atacuri severe de sare și nu numai dar și datorită acțiunii de gelivitate indicele de mediu Sp va fi calculat luându-se în considerare și creșterile variației de mediu exprimat prin ΔSp care în accepțiunea prezentei recomandări va fi:

Tabelul 2

Nr. crt.	Condiții de mediu	Sp
1	Atac sever de sare și toate cauzele coroziunii betonului arma	10 ... 70
2	Îngheț, dezgheț, ciclu de gelivitate	10 ... 40

Credem că este necesar de precizat următoarele:

- numărul de puncte stabilite în plaja 10...70 vor fi apreciate funcție de intensitatea atacului coroziv apreciat prin clasele de la 1 la 4 astfel pentru:

clasa 1	10
clasa 2	20
clasa 3	30
clasa 4	40-70 mediu agresiv chimic cu clasele a,b,c,d.

- același raționament ne determină să apreciem ca pentru ciclul de gelivitate cu plaja 10...40 în funcție de numărul de cicluri și în funcție de temperaturile minime să le împărțim în:

clasa 1	10 puncte
clasa 2	20 puncte
clasa 3	30 puncte
clasa 4	40 puncte.

acest lucru stabilindu-se în funcție de clasa betonului, de gelivitate (numărul de cicluri de gelivitate pe care o suporta elementul de beton armat) și în funcție de zonarea teritoriului după adâncimea de îngheț.

Am remarcat distinct atacul cu sare ca fiind o abatere de la condițiile naturale de mediu pentru lucrări hidrotehnice realizate în mediu marin sau pentru lucrările masive (baraje) unde sar putea ca apa să aibă diferite impurități de săruri, de altfel greu de precizat când se realizează detaliile de proiectare (a se vedea acoperirea de beton).

În ceea ce privește ciclurile de gelivitate ele se circumscriu perioadei convenționale de timp friguros (15 noiembrie – 15 martie), iar din punct de vedere al temperaturilor minime se vor considera cele din prescripțiile privind împărțirea funcție de adâncimea de îngheț.

Pentru clasele de expunere a construcțiilor la condițiile de mediu, vezi tabelele 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 din Codul de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat, indicative NE012-99.

În afara abaterilor de la condițiile de mediu normale mai pot introduce influențe asupra durabilității structurilor de beton armat și alți factori ca: fenomene de oboseală datorată unor sarcini ciclice, reacția alcalii-agregate la fabricația betoanelor.

În ceea ce privește oboseala previziunea cantitativă a determinării durabilității este chiar dificilă, mai ales pentru cazurile în care efectele unor încărcări ciclice sunt suprapuse celor de mediu (vezi podurile masive din beton armat sau cele prefabricate cu armatura pre sau postcomprimată). De aceea acest aspect nu s-a luat în considerare.

4. COEFICIENTUL DE DURABILITATE T_p

Coeficientul de durabilitate T_p va fi considerat în funcție de calitatea materialelor din care se face betonul (agregate, ciment, apă), calitatea armăturii, detaliile de proiectare privind modul de realizare și montare a barelor de armătură, acoperirea cu beton, modul de fabricație al betonului, problemele de etanșeitate a cofrajelor, transportul betonului, tehnologii de betonare, fisurile și microfisurile din betonul întărit provocate de diferite cauze, gradul de calificare al personalului și altele. Coeficientul de durabilitate T_p poate fi calculat cu formula:

$$T_p = T_N + \sum T_p(IJ) \quad (4)$$

unde $T_p(IJ)$ reprezintă punctele de durabilitate care cantitativ reprezintă influențele diferitelor factori asupra proiectării structurii la durabilitate, (conform Codului NE 012-99), date în tabelul 1, T_N reprezintă durata normată de funcționare din HGR nr. 964/23.12.1998 (vezi tabel 3).

Tabelul 3

I	J	Puncte de durabilitate	Tp (I,J)
0	1	2	3
1.	Parametrii compoziției betonului		
	1.	Tipul de ciment	10 ~ 0
	2.	Raportul A/C maxim	15 ~ -10
	3.	Dozajul minim de ciment	0 ~ -5
	4.	Consistența betonului (lucrabilitatea)	30 ~ -30
	5.	Cantitatea de apă de amestecare	10 ~ -25
	6.	Granula maximă a agregatelor	0 ~ -5
	7.	Granulozitatea agregatului total	0 ~ -10
8.	Beton proiectat sau prescris pentru durabilitate	10 ~ -20	
2.	Aditivi și adaosuri la beton		
	1.	Aditivi la beton	30 ~ 0
	2.	Adaosuri la beton (SUF, BP)	15 ~ 0
3.	Calitatea și controlul cimentului în stocul fabricii de ciment		10 ~ 0
	Considerații asupra betonului întărit		
	1.	Microfisuri din reacții de hidratare	0 ~ -15
4.	2.	Fisuri din gradient de temperatură S	0 ~ -20
	3.	Rezistența la gelivitate	5 ~ -15
	4.	Rezistența la penetrarea apei	0 ~ -10
	5.	Rezistența la atac chimic	5 ~ -15
	Preparare beton		
5.	1.	Personal, echipament, instalații, laboratoare	15 ~ -10
	2.	Stații de betoane, fabrici	10 ~ -10
	3.	Instalații de dozare și amestecare	20 ~ -10
6.	Armarea betonului		
	1.	Oteluri pentru armături	5 ~ -10
	2.	Fasonare și montare, toleranțe de execuție	5 ~ -10
	3.	Acoperirea de beton	30 ~ -30
	4.	Innădirea armaturilor	5 ~ -20
7.	5.	Detalii de execuție	0 ~ -20
	Cofraje și susținere (eșafodaje)		
	1.	Tipuri de cofraje, etanșitate, calitate	5 ~ -5
8.	2.	Tipuri de susțineri	5 ~ -10
	3.	Control de cofraje și recepția lucrării	0 ~ -5
	Transportul, turnarea betonului		
9.	1.	Transportul betonului	5 ~ 0
	2.	Turnarea betonului (cu pompa)	15 ~ 0
	3.	Compactarea betonului	15 ~ -15
	4.	Rosturi de betonare	10 ~ -5
	5.	Tratarea betonului după turnare	10 ~ 0
	6.	Experiența și calificarea inginerului șef la test	5 ~ 0
10.	Sistemul de asigurare și control al calității		
	1.	Procedeele de control a calității	10 ~ 0
	2.	Criterii de conformitate și sisteme de modificare a calității	10 ~ 0
11.	Protecția suprafeței de beton (protecție anticorozivă)		20 ~ -5

Indicele de durabilitate are la baza informații cantitative valabile dar și evaluând cantitativ influența diferiților factori care afectează durabilitatea structurilor de beton armat.

Pentru determinarea indicelui de durabilitate s-au corelat reglementările tehnice românești (NE012-99) reglementările și recomandările CEN, CEB și JSCE.

Pentru asigurarea durabilității structurilor de beton armat, proiectantul va analiza regimul de serviciu și expunere, cât și gradul de agresivitate a mediului, stabilind clasa de expunere, cerințele impuse betonului corespunzător clasei de expunere respective.

În caietul de sarcini și după caz în planșele de execuție, proiectantul va menționa în mod expres pe lângă clasa betonului și tipul de otel beton și cerințele de durabilitate astfel: clasa de expunere, gradul de permeabilitate, gradul de gelivitate, tipul de ciment, valoarea maximă a raportului A/C.