



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PERSOANELOR VÂRSTNICE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

AXA PRORITARĂ 1 "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere".

DOMENIUL MAJOR DE INTERVENȚIE 1.3 "Dezvoltarea resurselor umane în educație și formare profesională"

TITLUL PROIECTULUI: "Școală universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti - DidaTec"

COD CONTRACT: POSDRU/87/1.3/S/60891

BENEFICIAR: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Modulul 6. Betoane cu lianți minerali: influența componentilor, a temperaturilor scăzute și ridicate și a factorilor chimici agresivi asupra proprietăților

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță

Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale

Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



Modulul 6 al cursului de *Materiale de Instalații* vă familiarizează cu noțiuni legate de influența componentilor, respectiv a temperaturilor ridicate și scăzute asupra proprietăților betoanelor. De asemenea, se face o prezentare mai detaliată a principalelor tipuri de aditivi folosiți la obținerea betoanelor.

Obiective



La finalul Modulului 6 cursantul va putea să:

1. Explice influența cimentului, apei de amestecare, agregatelor și aditivilor asupra proprietăților betoanelor.
2. Precizeze care este rolul aditivilor la obținerea betoanelor.
3. Discute despre tipurile de aditivi și cum influențează ei proprietățile betoanelor.
4. Explice cum influențează temperaturile scăzute și ridicate proprietățile betonului.

Durată



Durata medie de studiu individual: 2 ore.

Proprietățile betonului proaspăt și întărit sunt influențate de componenții acestuia: ciment, agregate, apă și aditivi, prin calitate și cantitate, dar și de condițiile mediului exterior din timpul preparării, punerii în lucrare și întăririi betonului.

6.1. Influența componenților asupra proprietăților betonului

6.1.1. Influența cimentului asupra proprietăților betonului este dată de compoziția chimico-mineralogică și de finețea de măcinare ale acestuia, prin calitate, și de dozaj prin cantitate.

a) Compoziția chimico-mineralogică a cimentului trebuie să fie corelată cu domeniul de utilizare al betonului obținut cu acesta astfel:

- cimenturile *aluminat-alitice* sunt recomandate pentru lucrări de betonare pe timp friguros și la lucrări ce necesită rezistențe inițiale mari (prefabricate sau monolit);
- cimenturile *ferit-aluminat alitice* se recomandă la obținerea betoanelor rutiere;
- cimenturile *ferit-aluminat belitice* pentru lucrări hidrotehnice;
- cimenturile *albe și colorate* pentru lucrări decorative și de finisaj exterior;
- cimenturile *antiacide* (pe bază de sticlă solubilă sau cele cu adaosuri cementoide/puzzolanice) se utilizează pentru lucrări rezistente la acțiunea mediilor agresive intens acide (vezi Modulul 4 și 5).

c) Finețea de măcinare, exprimată prin suprafața specifică în cm^2/g (vezi Modulul 4) influențează procesele de hidratare-hidroliză ale cimentului și procentul de ciment hidratat. Astfel, o suprafață specifică avansată mărește suprafața de contact dintre particulele de ciment și apă și mărește viteza de reacție dintre aceștia (reacție în sistem eterogen); totodată favorizează și o micșorare a diametrului miezurilor nedidrate ale particulelor de ciment (vezi Modulul 4) astfel, putându-se utiliza o capacitate liantă mai mare a cimentului. O finețe de măcinare mare mărește rezistențele mecanice ale betonului, dar amplifică deformațiile prin contracție datorită unui surplus de apă de amestecare necesar.

c) Dozajul de ciment reprezintă cantitatea de ciment necesară obținerii 1m^3 de beton și influențează foarte mult proprietățile betonului proaspăt și întărit. Astfel, dacă se mențin constante cantitățile celorlalți componenți ai betonului și se crește dozajul de ciment se constată că:

- *densitatea aparentă*, ρ_a a betonului crește până la o valoare maximă după care începe să scadă; în betonul proaspăt creșterea dozajului de ciment îmbunătățește coeziunea, consistența și conservă omogenitatea acestuia mai mult timp datorită umplerii golurilor dintre granulele de agregat cu pastă de ciment, iar valoarea maximă a densității aparente este cuprinsă între $300\text{-}400\text{ kg/m}^3$ (fig. 6.1a); după aceste valori densitatea aparentă începe să scadă deoarece se înlocuiesc o parte din agregatele necesare la 1m^3 de beton cu pastă de ciment care are o densitate aparentă mai mică; în betonul întărit dozajul de ciment influențează deformațiile și rezistențele mecanice;

- *deformațiile* date de contracțiile pietrei de ciment cresc deoarece aceasta este foarte deformabilă sub efectul variațiilor de umiditate, temperatură și solicitărilor mecanice de scurtă sau lungă durată;

- *rezistențele mecanice*, f_c , f_b cresc până la o valoare maximă de $300\text{-}400\text{ kg/m}^3$, care reprezintă un dozaj economic de ciment; la un dozaj mai mare de 600 kg/m^3 rezistența la compresiune, f_c tinde să se plafoneze, iar rezistența la întindere, f_t începe să aibă o ușoară scădere datorită microfisurilor accentuate care apar prin contracție (fig. 6.1b).

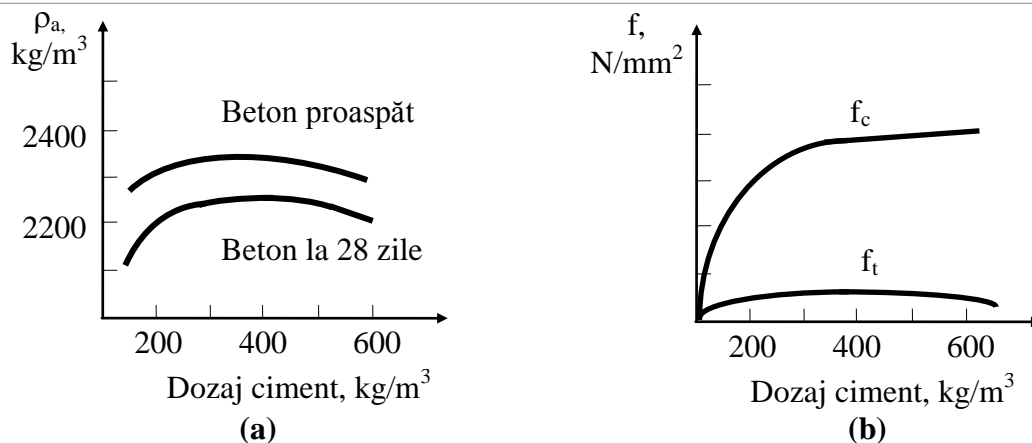


Figura 6.1. Variația densității aparente ρ_a (a) și a rezistențelor mecanice f_c , f_t (b) ale betonului funcție de dozajul de ciment

Astfel, în practică, atunci când se stabilește dozajul de ciment trebuie să se aleagă un dozaj optim care să țină cont atât de caracteristicile fizico-mecanice ale betonului proaspăt și întărit, dar și de prețul de cost al acestuia având în vedere că cimentul este componentul cel mai costisitor din prețul betonului.

6.1.2. Influența agregatelor

Agregatele minerale reprezintă 75-80% din compoziția betonului formând un schelet rigid și rezistent, care micșorează contracția la uscare și deformările datorită solicitărilor mecanice. Acestea influențează proprietățile betonului atât cantitativ, cât și calitativ prin caracteristicile lor cum ar fi: natura mineralogică (silicioasă sau calcaroasă), rezistența la compresiune a rocii din care provin care trebuie să fie de cel puțin 1,5 ori rezistența proiectată a betonului, calitatea rocii (să nu fie alterată și compactă), forma granulelor, granulozitatea, conținutul de impurități (vezi Materiale de Instalații, Lucrări de laborator, Lucrarea nr. 2).

De asemenea natura suprafeței agregatelor influențează rezistența betonului ca urmare a adeziunii cimentului la agregate care se observă prin încercările distructive pe epruvetele din beton. Astfel, agregatele de râu (de balastieră) au suprafața lucioasă, lisă și, în ruptură, se constată că se desprind din matricea de ciment, lăsând alveole netede, iar agregatele de concasaj, provenite din fragmentarea rocilor, au suprafața rugoasă și, în ruptură, se constată că nu se desprind din matricea de ciment ci se rup odată cu aceasta. Prin urmare, betoanele obținute cu agregate de concasaj au rezistențe mai mari, față de cele obținute cu agregate de balastieră ca urmare a aderenței mai bune a cimentului la agregate.

Rezistența betonului este influențată de granulozitatea agregatelor prin volumul de goluri care trebuie să fie minim. De aceea, *dimensiunea maximă a granulelor de agregate* se stabilește în funcție de secțiunea minimă a elementului de beton și de distanța minimă dintre armături astfel:

- să fie de 3,5 ori mai mică decât secțiunea minimă a elementului de construcție, cu excepția plăcilor;
- să fie cu 5 mm mai mică decât distanța minimă dintre armături;
- să fie de 3 ori mai mică decât grosimea plăcilor;
- să fie de 3 ori mai mică decât grosimea stratului de acoperire al plăcilor.

De asemenea *dimensiunea minimă a granulelor de agregate* (partea fină, sort 0-2) influențează rezistențele betonului; un conținut ridicat de fracțiune fină, în compoziția betonului, duce la creșterea

cantității de apă de amestecare, pentru a se asigura consistența, care determină creșterea porozității pietrei de ciment și scăderea rezistențelor. Prin urmare raportul nisip/agregat grosier, corespunzător granulozității, trebuie ales și corelat cu raportul A/C astfel încât să nu fie afectate rezistențele mecanice.

Influența componentilor asupra rezistențelor mecanice ale betonului poate fi exprimată prin următoarea relație (Bolomey-Skramtaev):

$$f_c \text{ beton} = K \times f_c \text{ ciment} \times \left(\frac{C}{A} \pm 0,5 \right) \quad (6.1)$$

unde:

- f_c beton este rezistența la compresiune a betonului;
- f_c ciment este rezistența reală la compresiune a cimentului la aceeași vârstă;
- K este un coeficient care depinde de natura și calitatea agregatelor; exprimă adeziunea pietrei de ciment la agregate și poate lua valori de 0,55-0,65 pentru agregatele de concasaj și 0,37-0,43 pentru agregatele de balastieră;
- C/A inversul raportului A/C.

În relația de mai sus dacă raportul A/C > 0,4 atunci valoarea de 0,5 se scade, iar dacă raportul A/C < 0,4 atunci valoarea 0,5 se adună. Cu ajutorul ecuației 6.1. se pot proiecta betoane de mare rezistență, adică de clasă superioară celei C50/60 (vezi tabelul 5.9 Modulul 5).

6.1.3. Influența apei de amestecare

La prepararea betonului apa de amestecare are mai multe roluri importante: participă la procesele de hidratare-hidroliză ale cimentului, asigură umectarea agregatelor dar și consistența betonului.

Apa de amestecare trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ, adică să fie o apă potabilă sau nepotabilă, provenită din surse de apă dulce (râuri, lacuri, puțuri sau chiar apă minerală cu un conținut de săruri solubile sub 2%) lipsită de săruri și impurități (săruri solubile, grăsimi și uleiuri, substanțe organice, resturi vegetale și animale, cărbune, argilă etc.) deoarece pot influența negativ priza cimentului și, deci, calitățile betonului.

Din punct de vedere cantitativ apă de amestecare se exprimă prin raportul A/C influențând considerabil rezistențele mecanice și durabilitatea betonului. De aceea la alegerea raportului A/C trebuie să se țină cont de clasa de rezistență a betonului, de clasa cimentului, de suprafața specifică a acestuia, de granulozitate și de consistența betonului.

Pentru o hidratare completă a cimentului este necesar un raport de A/C de 0,15-0,2 dar, acesta nu asigură o consistență betonului de aceea, în practică, se utilizează un raport A/C > 0,25. Astfel, la obținerea betonului se lucrează cu un exces de apă față de cantitatea de apă necesară proceselor de hidratare-hidroliză ale cimentului, apă care se evaporă și creează în structura betonului un sistem de pori capilară, pori de gel și microfisuri cu consecințe nefavorabile asupra rezistențelor. Volumul acestor pori este cu atât mai mare cu cât raportul A/C este mai mare.

Se observă din fig. 6.2. că rezistența la compresiune f_c , a betonului scade sub un raport A/C de 0,25 datorită faptului că betonul nu are consistență (nu este lucrabil), iar la valori mai mari de 0,3 aceasta scade, de asemenea, datorită creșterii porozității pietrei de ciment. Reducerea raportului A/C, cu asigurarea unei consistențe standard, se poate face prin intermediul aditivilor plastifianți și

superplastifianți, puternic reducători de apă, care să asigure o compactitate maximă betonului cu un consum minim de energie prin intermediul mijloacelor de compactare. Prin urmare mijloacele de compactare contribuie la alegerea unui raport A/C optim ce favorizează obținerea rezistențelor maxime betonului.

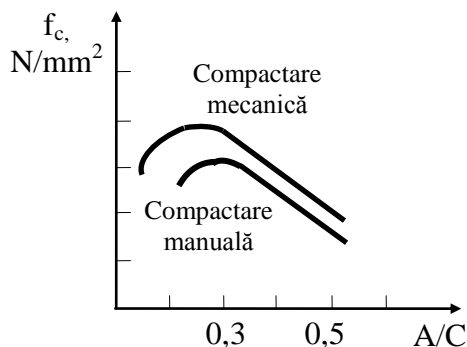


Figura 6.2. Influența raportului A/C și a mijloacelor de compactare asupra rezistențelor la compresie f_c a betonului

6.1.4. Influența aditivilor

Aditivii sunt produse chimice care se adaugă în betonul proaspăt, în procent de maxim 5% față de ciment, cu scopul îmbunătățirii caracteristicilor betonului, atât în stare proaspătă cât și întărită, adică pentru obținerea unui *beton performant*.

În prezent, utilizarea aditivilor este absolut necesară (obligatorie) la fabricarea betoanelor performante dar și pentru obținerea unor avantaje economice (de exemplu: reducerea consumului de energie necesar compactării, reducerea conținutului de ciment sau îmbunătățirea durabilității betonului), a unor beneficii ecologice și de protecție a mediului. De asemenea, folosirea aditivilor face posibilă utilizarea acestora în condiții dificile sau chiar imposibile de punere în lucrare și întărire față de un beton obișnuit, neaditivat, și oferă posibilitatea utilizării unei game mai largi de componenți în amestec.

Aditivii sunt substanțe organice sau anorganice, care au ca și caracteristică principală compoziția chimică. Din acest motiv aditivii sunt produse brevetate cu o compoziție specifică fiecărui producător care, la comercializare, precizează proporția față de ciment, recomandată la utilizare. Cu toate acestea fiecare utilizator de aditivi, la obținerea betonului, trebuie să ajusteze proporția folosită în funcție de materialele disponibile și de condițiile concrete de la fața locului.

Prezența aditivilor în compoziția betoanelor poate modifica favorabil proprietăți ca: priza și întărirea, consistența, rezistențele mecanice (inițiale și finale), comportarea la îngheț-dezgheț, gradul de impermeabilitate, rezistența la agresiune chimică etc. Efectele favorabile se obțin cu condiția selectării corecte a aditivului, a procentului în care acesta este utilizat, a tipului de ciment, a compoziției betonului aditivat, iar îmbunătățirea unei proprietăți să nu afecteze negativ alte proprietăți ale betonului.

Aditivii pot fi utilizați în stare solidă sau lichidă. Cei în stare lichidă sunt mai des folosiți deoarece sunt dispersați uniform, mai repede, în timpul amestecării betonului. Sunt introduși în apa de amestecare, de regulă în cantitatea finală de apă adăugată sau, în timpul unei amestecări suplimentare, înainte de punerea în lucrare a betonului.

În condițiile actuale de dezvoltare explozivă a industriei chimice dar și a tendinței tot mai accentuate de obținere a unor betoane cât mai performante aditivii trebuie considerați componenți

principali ai betonului alături de liant, apă și agregate. Aceștia, trebuie să aibă un conținut limitat de cloruri (sub 0,1%) și alcalii (sub 0,5% exprimate în echivalent Na_2O) pentru a nu ataca suprafața agregatelor, prin reacții alcalii-agregate, și pentru a nu coroda armătura.

Aditivii se clasifică în funcție de acțiunea lor asupra betonului care, de multe ori, este destul de complexă. Conform SR EN 934-2 aditivii utilizați la obținerea betoanelor se pot clasifica astfel:

- Aditivi plastifianți/reducători de apă;
- Aditivi superplastifianți/puternic reducători de apă;
- Aditivi de reținere a apei;
- Aditivi antrenori de aer;
- Aditivi acceleratori de priză;
- Aditivi acceleratori de întărire;
- Aditivi întârziatori de priză;
- Aditivi impermeabilizanți în masă;
- Aditivi plastifianți/reducători de apă/întârziatori de priză;
- Aditivi superplastifianți/puternic reducători de apă/întârziatori de priză;
- Aditivi plastifianți/reducători de apă/acceleratori de priză.

De asemenea se mai folosesc și aditivii speciali: de impermeabilizare la apă, antibacterieni și similari lor. S-au descoperit și agenți antigelivi speciali care sunt în fază de cercetare și verificare.

a) Aditivii plastifianți (reducători de apă) reduc conținutul de apă al amestecului dintr-un beton cu 5-10%, iar uneori chiar și cu 15% în cazul betoanelor foarte fluide. Utilizarea acestor aditivi permite: fie reducerea raportului A/C, în condițiile menținerii aceleiași consistențe a betonului, fie îmbunătățirea consistenței betonului fără să se modifice raportul A/C.

Caracteristicile acestor aditivi sunt: de reducerea a apei de amestecare, de creștere a rezistenței la compresiune și de menținere a unui conținut de aer în betonul proaspăt. Betoanele cu acești aditivi reducători de apă au tendință de segregare redusă și proprietăți de curgere mai bune.

Aditivii plastifianți au în compoziția lor *acizi lignosulfonici* și sărurile lor sau *acizi carboxilici hidroxilați* și sărurile lor care sunt substanțe tensioactive. Aceștia sunt adsorbiți de particulele de ciment, conferindu-le o sarcină superficială negativă, având ca rezultat respingerea lor reciprocă și împiedicarea lor sterică în a se aglomera (aditivii pe bază de polietieri carboxilați - PEC). Acest lucru se realizează prin orientarea aditivului (substanței tensioactive) la suprafața granulei de ciment astfel: gruparea mai puțin polară către granula de ciment, iar gruparea puternic polară ($-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$; $-\text{COO}^-\text{Na}^+$) spre apă. Așadar, apa formează un film de molecule, orientate, care împiedică o apropiere prea strânsă a particulelor de ciment între ele (fig. 6.3) mărindu-le mobilitatea. Apa favorizează o hidratare timpurie a particulelor de ciment care determină creșterea rezistenței mecanice a betonului, cu o viteză mai mare, față de rezistența mecanică a unui beton neaditivat dar cu același raport A/C.

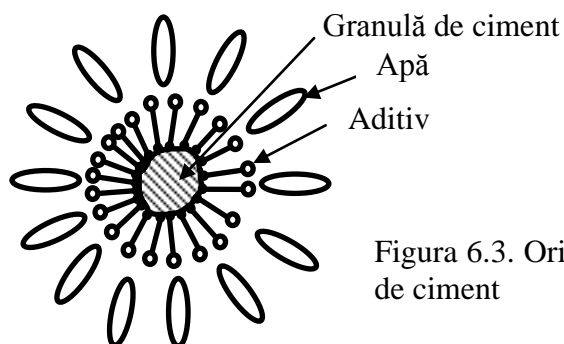
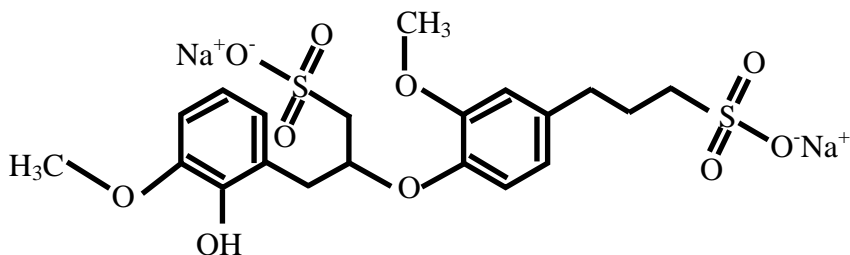


Figura 6.3. Orientarea aditivului plastifiant și a apei la suprafața granulei de ciment

Din categoria aditivilor plastifianți fac parte lignosulfonatul de sodiu ($C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$), de calciu ($C_{20}H_{24}CaO_{10}S_2$), de amoniu ($C_6H_9Cl_2N_7O$), care se comercializează sub diferite denumiri: Sikaplastiment BV-40, Sika BV 3M etc.



Lignosulfonatul de sodiu

Chiar dacă aditivii reducători de apă influențează viteza de hidratare a cimentului, natura produșilor de hidratare rămâne neschimbată la fel ca și caracteristicile pietrei de ciment. Din acest motiv aditivii reducători de apă nu modifică rezistența betonului la îngheț-dezghet.

Prin efectul de dispersie al aditivilor reducători de apă la prepararea betonului are loc și o dispersare a aerului în apă astfel încât, aditivul poate avea și un ușor efect de antrenare de aer (de exemplu lignosulfonatul). În acest caz se poate produce o diminuare a rezistenței betonului, efect nedorit dar, pe de altă parte, aerul antrenat îmbunătățește consistența acestuia.

b) Aditivi superplastifianți (puternic reducători de apă) sunt polimeri organici solubili în apă care se obțin în procese complexe de polimerizare și care conțin lanțuri lungi cu masă moleculară mare. Majoritatea se prezintă sub formă de săruri de sodiu, dar și sub formă de săruri de calciu cu o solubilitate mai mică. Datorită moleculelor lungi acestea se înfășoară în jurul particulelor de ciment, conferindu-le o încărcare negativă mare, astfel încât acestea se resping reciproc împiedicând aglomerarea și favorizând dispersarea lor cu consecințe benefice asupra consistenței betonului.

Aditivii superplastifianți pot acționa în două moduri: la un raport A/C și conținut de apă constante îmbunătățesc consistența betonului prin creșterea tasării, fără să micșoreze coeziunea betonului proaspăt și, prin obținerea unor betoane cu consistență normală care dezvoltă rezistențe mecanice foarte mari datorită diminuării importante a raportului A/C. S-au folosit rapoarte de A/C până la 0,2 cu care s-au obținut betoane care, după 28 de zile, dezvoltă rezistențe la compresiune (determinate pe epruvete cilindrice) de aproximativ 150 MPa. De obicei superplastifianții reduc necesarul de apă de amestecare cu 25-35%, fără să se modifice consistența betonului, determinând o creștere a rezistenței betonului întărit după 24 de ore cu 50-75%.

Cei mai mulți aditivii superplastifianți sunt pe bază de: polimeri acrilici, naftalină sulfonată, melamină sulfonată, polieteri carboxilați - PEC etc, ultimii fiind tot mai mult studiați și folosiți cu avantaje tehnologice și de mediu.

Mecanismul acțiunii superplastifianților nu este în totalitate cunoscut, dar se știe că ei acționează asupra C_3A – ului care are o hidratare întârziată. Astfel, se formează cristale de etringit mici cu aspect exterior aproape cubic și nu acicular, ca în absența superplastifiantului, care favorizează o mai bună mobilitate a pastei de ciment. Aditivii pe bază de PEC deoarece conțin macromolecule pe care se găsesc grupări polare ($-SO_3^-Na^+$) au o afinitate mărită față de C_3A fiind adsorbiți la suprafața etringitului astfel încât au un efect steric ce împiedică aglomerarea particulelor de ciment.

Este foarte important să se aleagă combinația potrivită de ciment - superplastifiant, iar dozajul de superplastifiant recomandat de producător, după testările din laborator, este pur orientativ, datorită influențelor multiple pe care le poate avea tipul de ciment asupra comportării superplastifiantului.

Superplastifianții nu modifică semnificativ tensiunea superficială a apei astfel încât ei nu determină antrenarea unor cantități importante de aer deci, pot fi utilizați în proporții mai mari, iar performanțele lor depășesc cu mult cerințele impuse de standarde.

Exemplu:

- ✓ În România se produc superplastifianți pe bază de melamină – formaldehidică - sulfonată (MFS) cu denumirea comercială de VIMC11 și pe bază de naftalină - formaldehidică – sulfonată (NFS) cu denumirile comerciale de VIMC22 și FLUBERT.

În tab. 6.1 este prezentată influența acestor superplastifianți asupra unor proprietăți ale betonului proaspăt.

Tabel 6.1 Influența aditivilor superplastifianți VIMC11, VIMC22 și FLUBERT asupra unor proprietăți ale betonului proaspăt

Grupa de superplastifianți	Caracteristici	Influențe asupra unor proprietăți ale betonului proaspăt
VIMC11	Superreducători de apă Fluidizanți	<ul style="list-style-type: none"> - la o cantitate de apă de amestecare constantă crește consistența betonului de 3-5 ori (tasarea crește de la 4-5 cm la 18-22 cm); - reduce segregarea și îmbunătățește omogenitatea betonului; - reduce ușor volumul de aer oclus și îmbunătățește structura porilor; - la o consistență dată a betonului permite reducerea cantității de apă de amestecare cu 12-30%, funcție de procentul de substanță activă din superplastifiantul utilizat; - crește densitatea betonului proaspăt cu 1-3%.
VIMC22, FLUBERT	Superreducători de apă Fluidizanți	<ul style="list-style-type: none"> - la o cantitate de apă de amestecare constantă crește consistența betonului de 3-5 ori (tasarea crește de la 4-5 cm la 18-24 cm); - volumul de aer oclus crește ușor și îmbunătățește structura porilor;

		<ul style="list-style-type: none"> - se reduce segregarea și se îmbunătățește omogenitatea betonului; - densitatea betonului proaspăt scade ușor, în funcție de volumul de aer oclus; - la o consistență dată a betonului permite reducerea cantității de apă de amestecare cu 12-35%, funcție de procentul de substanță activă din superplastifiantul utilizat;
--	--	---

c) **Aditivii antrenori de aer** sunt substanțe tensioactive care, introduse în betonul proaspăt, în timpul amestecării au rolul de a antrena bule de aer fine, într-o cantitate controlată, uniform distribuită la suprafața particulelor de ciment. Aceștia permit reducerea raportului A/C, îmbunătățesc consistența și coeziunea betonului, care devine mai plastic.

Fiind substanțe tensioactive sunt alcătuite din molecule care conțin un lanț de hidrocarbură nepolară și o grupare polară, hidrofilă (vezi curs Chimie). În beton, aditivii se orientează cu gruparea polară către ciment și agregate, iar cu lanțul nepolar către exterior (aer) care antrenează bule de aer micronice (10-100 μm) în proporție de maxim 5-6% față de volumul betonului (fig. 6.4). Introdus în procent mai mare, aerul poate influența negativ compactitatea și implicit rezistențele mecanice ale betonului. Aceste bule de aer sunt repartizate uniform în masa betonului unde joacă rolul unui fluid ce înlocuiește o parte din apa de amestecare, motiv pentru care aditivii antrenori de aer au și acțiune de reducători de apă.

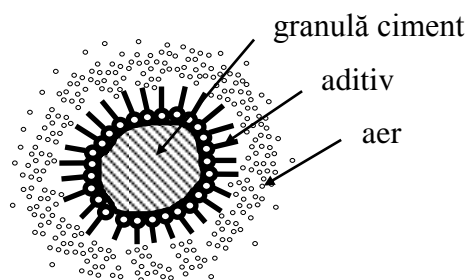


Figura 6.4. Orientarea aditivilor antrenori de aer la suprafața granulei de ciment

Prezența aerului în beton face ca porozitatea totală să fie mai mare, dar cu efecte benefice asupra betonului întărit deoarece întrerup capilarele ($\leq 10 \mu\text{m}$) și împiedică ascensiunea capilară, ca niște vase de expansiune, micșorând astfel efectul distructiv de mărire de volum al apei prin îngheț. Astfel, betonul este mai impermeabil, mai rezistent la îngheț-dezgheț repetat și la acțiunea soluțiilor chimice agresive.

Aditivii antrenori de aer pot avea în compoziția lor: stearat de calciu, acizi și săruri ale rășinilor din lemn, detergenți, acizi lignosulfonici, lignosulfonați, siliconi, produși macromoleculari de sinteză etc. Betonul preparat cu aditivi antrenori de aer este utilizat, în special, în construcțiile de poduri, rutiere și hidrotehnice.

d) Aditivi acceleratori de priză și întărire sunt substanțe solubile în apă care au ca funcție principală accelerarea întăririi betonului, iar concomitent pot accelera și priza acestuia. Sunt substanțe care măresc viteza reacțiilor de hidratare-hidroliză ale cimentului, însoțite de degajare de căldură, consolidează produșii rezultați sau conduc la formarea de noi compuși insolubili, stabili care acționează favorabil asupra rezistențelor mecanice.

Acceleratorii de priză și întărire pot fi folosiți în condiții de betonare pe timp friguros (-2 -4°C), pentru decofrări rapide sau pentru lucrări de reparații urgente. Utilizarea acestor aditivi permite finisarea suprafeței betonului după un timp mai scurt, aplicarea rapidă a unor straturi de protecție dar și punerea mai rapidă în exploatare a elementelor de beton respective.

Ca și acceleratori de priză și întărire există o gama variata de substanțe anorganici și organice dintre care amintim câteva: sărurile de calciu, sodiu, potasiu, amoniu, aluminiu, fier, staniu, magneziu respectiv trietanolamina, hidroxilamina, ureea, glicolul, caprolactama, formaldehida, rezorcina, formiatul de calciu etc.

Dintre acceleratorii anorganici clorura de calciu s-a folosit timp îndelungat ca cel mai eficient și ieftin accelerator dar, prezintă un dezavantaj considerabil datorită ionilor de clor care au acțiune corozivă puternică asupra armăturii. Din acest motiv CaCl_2 poate fi folosită ca accelerator de priză și întărire doar pentru betoanele nearmate. Pot fi utilizați ca acceleratori azotitul și azotatul de calciu, primul având și un efect de inhibitor de coroziune a armăturii, sau aditivi fără clor sau cu un conținut limitat de clor.

Ca accelerator organic trietanolamina este puternic influențată în acțiunea sa de dozajul folosit dar și de compoziția cimentului, de aceea ea este folosită doar pentru a compensa efectul întârziator al unor aditivi reducători de apă.

e) Aditivi întârziatori de priză sunt substanțe care micșorează viteza de hidratare a cimenturilor, dar nu modifică natura și compoziția produșilor de hidratare și nu afectează dezvoltarea rezistențelor mecanice ale betonului. Acești aditivi sunt utili în condițiile betonării pe vreme caldă, pentru transportul betonului pe distanțe lungi, pentru turnarea de elemente masive sau turnarea continuă, fără rosturi când se folosește o întârziere controlată a diferitelor șarje de turnare, pentru executarea unor lucrări de finalizare arhitecturală a unor suprafețe cu agregate aparente.

Acțiunea întârziatoare o au fie substanțele organice ca: zaharurile, sărurile de calciu, sodiu, amoniu ai acizilor lignosulfonici, hidroxicarboxilici, acidul gluconic, gluconatii de sodiu sau de calciu, glicerina, cazeina, etc. fie substanțele anorganice ca: sărurile de zinc solubile, fosfați alcalini, borați solubili, sărurile de magneziu etc.

Mecanismul acțiunii întârziatorilor de priză nu se cunoaște cu exactitate dar, se presupune că aceștia ar putea acționa astfel:

- micșorează viteza de creștere a cristalelor de hidrocompuși care se formează sau modifică morfologia acestora, prin adsorbția lor la suprafața granulelor de ciment care întârzie contactul cu apă; acest mecanism este specific întârziatorilor de natură organică (zaharurile);
- complexează ionii de calciu și împiedică precipitarea/cristalizarea portlanditului pentru un timp; mecanism specific citraților și tartraților;

- formează precipitate cu hidrocompuşii cimentului care rămân fixate ca pelicule pe suprafața granulelor anhidre de ciment; acest mecanism este presupus pentru: acizii carboxilici organici și sărurile lor, fosfații alcalini, tetraboratii alcalini etc.

Este foarte important de specificat ca aditivii întârziatori de priză sunt eficienți doar dacă sunt respectate indicațiile producătorului cu privire la momentul când aceștia trebuie introduși în amestecul de beton proaspăt.

Exemplu:

- ✓ La construirea tunelului Canalului Mânecii, care leagă Franța de Anglia, cu o lungime de 50,450 km, din care 37,9 km sunt sub mare, și inaugurat în anul 1990, s-a folosit melasă (amestec de zaharuri) pentru a preveni priza betonului rezidual deoarece îndepărtarea prin spălare nu era posibilă în tunel.

Deoarece majoritatea aditivilor întârziatori de priză acționează și ca reducători de apă aceștia se denumesc aditivi întârziatori și reducători de apă.

f) Aditivii antigel sunt aditivii care permit turnarea betonului pe timp friguros (temperaturi până la -15°C) și sunt multifuncționali cu acțiuni multiple: acceleratori de priză și întărire, reducători de apă și antrenori de aer. Se pot folosi ca substanțe antigelive: NaOH, KOH, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$, ureea precum și combinațiile de substanțe ca amestec de cloruri. Dozajele sunt cuprinse între 2 și 10% față de masa cimentului, de tipul de ciment și de temperatură.

g) Aditivi speciali

g1) Aditivii impermeabilizanti în masă împiedică adsorbția apei în capilarele betonului prin hidrofobizarea betonului adică prin creșterea unghiului de umectare între peretele porilor capilari și apă, astfel încât aceasta este “împinsă afară” din pori. Astfel, acești aditivi împiedică penetrarea în masă a betonului; pot acționa în mai multe moduri:

- Reacționează cu hidroxidul de calciu din piatra de ciment formând, de exemplu, acidul stearic și unele grăsimi vegetale și animale care hidrofobizează piatra de ciment;
- Unii aditivi acționează prin coalescența lor în contact cu piatra de ciment care, datorită bazicității sale distruge stabilitatea emulsiei de aditiv, iar particulele solide se depun pe suprafața porilor capilari, ceea ce determină hidrofobizarea acestora;
- Materialele foarte fine disperstate din aditivi care conțin stearat de calciu, unele rășini de hidrocarburi sau smoală de gudron de uilă, se depun pe suprafața betonului cu efect în hidrofobizarea betonului.

Eficiența aditivilor impermeabilizanti în masă este condiționată foarte mult de presiunea apei care trebuie să fie foarte mică, cum este cazul apei de ploaie, sau dacă este aplicată o presiune hidrostatică cum este cazul unor recipienti de apă sau fundații într-un teren îmbibat cu apă.

g2) Aditivi antibacterieni sunt pe bază de substanțe toxice față de unele microorganisme ca bacterii, spori sau insecte care, datorită texturii superficiale rugoase a betonului favorizează adăpostirea lor și astfel pot ataca betonul. Substanțele din compoziția acestor aditivi sunt substanțe antibacteriene, fungicide sau insecticide. Sulfatul de cupru și pentaclorfenolul pot inhiba creșterea algelor și a lichenilor pe suprafața betonului întărit dar pentru o perioadă limitată de timp.

În tab. 6.2 sunt prezentați schematic tipurile de aditivi recomandați pentru obținerea diferitelor categorii de betoane.

Tabel 6.2 Tipuri de aditivi recomandați pentru diferite categorii de betoane

Nr. ctr.	Categorie beton	Aditivi recomandați
1	Betoane supuse la îngheț-dezghet repetat	Antrenori de aer
2	Betoane cu permeabilitate redusă	Reducători de apă Plastifianți
3	Betoane expuse la agresivitate intensă și foarte intensă	Reducători de apă Plastifianți
4	Betoane cu clasa de rezistență între C 12/15 și C 30/37 inclusiv	Plastifianți sau superplastifianți
5	Betoane executate monolit cu clasa \geq C 35/45	Superplastifianți Intens reducători de apă
6	Betoane fluide cu tasare egală cu T_5	Superplastifianți
7	Betoane masive Betoane turnate fără vibrare	Superplastifianți Întârziatori de priză
8	Betoane turnate pe timp calduros	Întârziatori de priză + Superplastifianți Plastifianți
9	Betoane turnate pe timp friguros	Antigel + Acceleratori de priză
10	Betoane cu rezistențe mari la termene scurte	Acceleratori de întărire

6.2. Influența temperaturilor scăzute și ridicate asupra proprietăților betonului

Temperatura influențează reacțiile chimice de hidratare-hidroliză ale cimentului cu repercusiuni asupra prizei și întăririi betonului deci, și asupra rezistențelor mecanice. În România datorită climei temperat continentală de tranziție, cu variații mari de temperatură între vară și iarnă (temperaturi minime în jur de -20°C și maxime de $+35^{\circ}\text{C}$) procesele fizico chimice ce se produc în timpul prizei și întăririi cimentului sunt influențate, la care se adaugă și variațiile importante de umiditate atmosferică. De aceea se impun temperaturi optime de priză și întărire ale betonului.

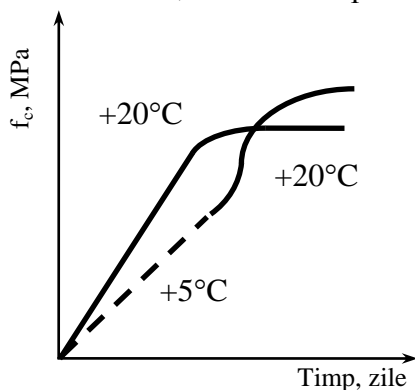
În tehnologia betonului se consideră temperaturi normale de întărire cele în jur de $+20^{\circ}\text{C}$, iar temperaturile sub $+5^{\circ}\text{C}$ sunt considerate scăzute.

6.2.1. Influența temperaturilor scăzute asupra întăririi și rezistențelor betonului. Betonarea pe timp friguros

a) Influența temperaturilor scăzute, pozitive. Dacă întărirea betonului se face la temperaturi scăzute dar pozitive ($0 - +5^{\circ}\text{C}$) un timp limitat, iar apoi se continuă la temperaturi normale de $+20^{\circ}\text{C}$ rezistențele mecanice finale ale betonului vor fi mai mari decât în cazul întăririi normale (fig. 6.5), deoarece viteza de hidratare a granulelor de ciment este mai lentă, iar hidratarea se face mai în profunzime. Astfel, produșii de hidratare-hidroliză formați (gelurile și cristalele) au o structură mai fină, cu mai puține defecte și cu consecințe favorabile asupra rezistenței betonului. La temperaturi

normale produșii de hidratare se formează mai rapid și, înconjurând granulele de ciment sub formă de pelicule, frânează continuarea proceselor de hidratare-hidroliză

b) Influența temperaturilor scăzute, negative. La temperaturi sub 0°C , prin înghețarea apei din betonul proaspăt viteza de hidratare a cimentului este diminuată drastic, fiind practic nesemnificativă, iar betonul prezintă o structură afânată cu consecințe negative asupra proprietăților



finale în special asupra rezistențelor mecanice. Astfel, se formează lentile de gheață, atât pe agregate cât și pe armătura din beton, care slăbesc adeziunea pastei de ciment cu atât mai mult cu cât raportul A/C este mai mare. La temperaturi sub -10°C reacțiile chimice se opresc complet deoarece îngheață și apa adsorbită.

Figura 6.5. Variația rezistenței la compresiune a betonului funcție de temperatură

La betonarea pe timp frigos trebuie să se asigure betonului o temperatură de minim $+5^{\circ}\text{C}$, pe perioada de întărire, pentru ca acesta să atingă rezistențe de min. 5 MPa, iar pentru construcții speciale (supuse acțiunilor chimice agresive) până se atinge minimum 70% din clasa betonului. După atingerea acestor rezistențe frigul nu mai poate influența negativ evoluția ulterioară a betonului, deci nu mai poate fi periclitată calitatea acestuia.

Pentru betonarea pe timp frigos se recomandă următoarele măsuri:

- utilizarea unor cimenturi unitare, cu întărire rapidă și cu degajare mare de căldură;
- utilizarea unui raport A/C cât mai mic pentru a reduce cât mai mult posibil apa de amestecare;
- folosirea aditivilor plastifianți, acceleratori de priză și întărire sau antigel în funcție de particularitățile lucrării;
- în unele cazuri se pot încălzi agregatele (până la aprox. $+50^{\circ}\text{C}$) și apa de amestecare (până la $+50.....+70^{\circ}\text{C}$), dar nu la temperaturi mai ridicate pentru a nu avea loc o priză rapidă a cimentului cu reducerea consistenței și obținerea betonului cald;
- prelungirea duratei de amestecare a betonului cu 50% față de durata de amestecare în condiții normale;
- este obligatorie compactarea betonului prin vibrare;
- la transportarea betonului pe distanțe lungi trebuie să se reducă pierderile de căldură ale acestuia;
- imediat după turnare, pentru a se sigura în continuare o temperatură de minim $+5^{\circ}\text{C}$, suprafețele libere ale betonului trebuie acoperite cu prelate, folii de polietilenă, saltele termoizolante etc;
- decofrarea se face numai după verificarea rezistențelor mecanice pe probe de beton păstrate în aceleași condiții ca și elementele din beton în cauză.

6.2.2. Influența temperaturilor ridicate asupra proprietăților betonului

Conform NE 012-2/2010 temperaturile mediului ambiant recomandate pentru turnarea betonului sunt cuprinse între $+5$ și $+30^{\circ}\text{C}$. Aceste temperaturi favorizează dezvoltarea lentă a unor structuri de rezistență compacte ale betonului întărit, cu un volum mic de defecte datorită dispersării



omogene a hidrosilicaților de calciu și a portlanditului formați ca urmare a proceselor de hidratare-hidroliză.

Temperaturile mediului ambiant de peste 35°C sunt nefavorabile turnării betonului, cu influențe negative asupra rezistențelor finale, datorită evaporării masive a apei de amestecare care încetinește procesele de priză și întărire ale betonului. De aceea pentru a se evita acest lucru se impune ca, după ce betonul a fost turnat, să se ia o serie de măsuri pentru ca temperatura mediului în care are loc priza și întărirea betonului să nu depășească 30°C .

Betonul întărit își păstrează proprietățile până la temperaturi de cca. 150°C . Peste această temperatură rezistența la întindere începe să scadă datorită deshidratării gelurilor și amplificării sistemului de microfisuri, iar peste 300°C începe să scadă și rezistența la compresiune. Dacă betonul este supus flăcărilor, la temperaturi de peste 600°C acesta se degradează treptat prin exfoliere de la exterior către interior datorită descompunerii portlanditului (la temperatura de 540°C are loc deshidratarea $\text{Ca}(\text{OH})_2$), a hidrosilicaților de calciu, a dilatărilor termice și datorită transformării polimorfe a SiO_2 din agregatele silicioase la 870°C însoțită de o mărire de volum de 14% (vezi curs Chimie). Dacă agregatele sunt calcaroase, începând cu temperatura de 600°C are loc și degradarea acestora datorită disocierii termice a CaCO_3 .

Cu toate acestea construcțiile din beton se comportă mai bine la incendii față de cele metalice care se înconvoaie sub propria greutate.

La construcțiile speciale din industria chimică, metalurgică sau a materialelor de construcție care trebuie să reziste la temperaturi ridicate se utilizează betonul refractar. Acesta se obține din ciment aluminos (vezi Modulul 5) și agregate rezistente la temperaturi ridicate: șamotă, spărtură din cărămizi refractare, perlit, corindon etc. În funcție de temperatura de refractaritate, T_r (vezi Modulul 1) betoanele rezistente la temperaturi ridicate se clasifică în: *betoane rezistente la foc* ($T_r < 1580^{\circ}\text{C}$), *betoane refractare* ($1580 < T_r < 1770^{\circ}\text{C}$) și *betoane suprarefractare* cu $T_r > 1770^{\circ}\text{C}$. Cu cât conținutul în Al_2O_3 din beton este mai bogat cu atât temperatura de refractaritate este mai ridicată.

Betoanele refractare se simbolizează astfel: BR 40, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 92, 94, 97, unde BR reprezintă acronimul pentru beton refractar, iar cifrele conținutul de Al_2O_3 din beton care se găsește în ciment și agregate. Betonul refractar se folosește la construcția de: căptușeli pentru cuptoare, coșuri de fum, etc.

6.3. Influența factorilor chimici agresivi asupra proprietăților betonului. Clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător

Coroziunea betonului este un proces fizico-chimic de degradare sau distrugere a acestuia datorită acțiunii chimice agresive din mediul de exploatare. Mediile agresive pentru beton pot fi sub formă de: soluții, gaze (CO_2 sau SO_2 din zonele industriale), aerosoli (în zona litoralului), uleiuri, grăsimi sau microorganisme.

Distrugerea betonului în medii agresive chimic se produce, în primul rând, datorită degradării pietrei de ciment prin decalcifiere sau expansiune (vezi Modulul 4). Dacă soluțiile agresive au caracter acid pot fi distruse și agregatele calcaroase, formându-se săruri solubile de calciu. Soluțiile acidului fluorhidric, HF, distrug și agregatele silicioase.



Deoarece coroziunea betonului are importanță tehnică și economică considerabilă, în proiectarea acestuia, pentru asigurarea durabilității, trebuie să se țină seama și de condițiile de exploatare. De aceea standardul european SR-EN 206-1 precizează **clasele de expunere** ale betonului la acțiunea mediului înconjurător asociate cu măsuri privind compoziția betonului, grosimea stratului de acoperire, tratarea acestuia etc.

La simbolizarea claselor de expunere (Tabel 6.3 - selecție din SR-EN 206-1) s-au folosit două litere urmate de o cifră. Prima literă este **X** de la cuvântul *eXposure* - expunere, a doua literă se referă la mecanismul de degradare considerat astfel: **C** – *carbonation* - carbonatare; **D** – *deicing salt* – sare pentru dezgheț; **S** – *sea water* – apă de mare; **F** – *frost* – îngheț; **A** – *aggressive environmental* – mediu agresiv chimic, iar cifra simbolizează nivelul de umiditate pentru clasele de expunere XC, XD, XS și XF și nivelul de agresivitate pentru clasa de expunere XA.

Tabel 6.3. Clase de expunere

a) Beton în mediu fără risc.

Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
NICIUN RISC DE COROZIUNE		
X0	Toate mediile de expunere cu excepția cazurilor de îngheț-dezgheț, abraziune și atac chimic	Beton aflat în interiorul clădirilor unde umiditatea este foarte scăzută
	Mediu foarte uscat	

b) Beton expus la carbonatare

RISC DE COROZIUNE A ARMĂTURILOR INDUS DE CARBONATARE		
Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
XC1	Mediu uscat sau permanent umed	Beton aflat în interiorul clădirilor unde umiditatea mediului ambiant este redusă. Beton aflat permanent sub nivelul apei
XC2	Mediu umed, rareori uscat	Beton aflat pe termen lung în contact cu apa. Majoritatea fundațiilor
XC3	Mediu cu umiditate moderată	Beton în interiorul clădirilor cu umiditate moderată (medie) sau ridicată. Beton aflat în exterior dar protejat de intemperii.
XC4	Mediu caracterizat de alternanță umezire-uscare	Beton supus contactului cu apa dar care nu intră în clasa de expunere XC2

Carbonatarea este produsă de CO_2 din aer și de cel dizolvat în apă și se manifestă prin solubilizarea și levigarea ionilor de calciu din matricea de ciment întărit. CO_2 carbonatază Ca(OH)_2 transformându-l în CaCO_3 insolubil și/sau $\text{Ca(HCO}_3)_2$ solubil. La concentrații mici de CO_2 acesta nu este periculos pentru beton deoarece CaCO_3 care se formează în urma reacției cu Ca(OH)_2 este practic insolubil, iar depunerea sa în porii pietrei de ciment are chiar acțiune protectoare (vezi Modulul 4). Betoanele compacte, cu grad ridicat de impermeabilitate prezintă o adâncime redusă de carbonatare, sub 1 mm. La concentrații mari de CO_2 carbonatarea este foarte periculoasă deoarece determină și

reducerea pH-ului betonului de la 13 la 8,5-9, valori care nu mai permit o pasivare a fierului din armătură, producându-se astfel coroziunea acestuia prin oxidare.

c) Beton expus la atacul clorurilor

RISC DE COROZIUNE A ARMĂTURILOR DATORAT CLORURILOR AVÂND O ALTĂ ORIGINE DECÂT CEA MARINĂ		
Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
XD1	Mediu caracterizat prin umiditate moderată	Beton expus la clorurile din atmosferă
XD2	Mediu umed, rar uscat	Piscine, bazine, rezervoare. Beton expus apelor industriale ce conțin cloruri
XD3	Mediu caracterizat prin alternanța umezire-uscăre	Beton din structura podurilor expuse stropirii cu apă ce conține cloruri, îmbrăcămînți rutiere
RISC DE COROZIUNE A ARMĂTURILOR DATORAT CLORURILOR DIN APA DE MARE		
Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
XS1	Beton expus la clorurile din atmosferă, fără posibilitate de stropire	Structuri de beton aflate pe litoral sau în apropierea acestora
XS2	Beton permanent imersat	Structuri sau elemente de structuri marine
XS3	Beton expus stropirii (sau ceței marine)	

Coroziunea datorată clorurilor ($MgCl_2 > CaCl_2 > NaCl > KCl$) este produsă prin intermediul apei care le conține și care pătrunde în beton prin difuzie și absorbție. Aceasta corodează atât piatra de ciment, prin formarea de cristalohidrați expansivi ($CaO \cdot CaCl_2 \cdot 2H_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3$) cât și armătura prezentă în beton. În apa de mare dintre toate clorurile prezente predominantă este NaCl în proporție de 75-80%, față de celelalte cloruri.

d) Beton expus la îngheț-dezghet

RISC DE ATAC DIN ÎNGHEȚ-DEZGHEȚ CU SAU FĂRĂ AGENȚI DE DEZGHEȚARE		
Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
XF1	Suprafețe de beton saturate <u>moderat</u> cu apă <u>fără</u> agenți de dezghețare	Suprafețe verticale de beton expuse ploii și înghețului
XF2	Suprafețe de beton saturate <u>moderat</u> cu apă <u>cu</u> agenți de dezghețare	Suprafețe de beton ale structurilor rutiere expuse înghețului și agenților de dezghețare
XF3	Suprafețe de beton saturate <u>puternic</u> cu apă <u>fără</u> agenți de dezghețare	Suprafețe orizontale de beton expuse ploii și înghețului
XF4	Suprafețe de beton saturate <u>puternic</u> cu apă <u>cu</u> agenți de dezghețare (sau în prezența apei de mare)	Îmbrăcămînți rutiere, tabliere de pod etc. expuse la agenți de dezghețare
		Suprafețe verticale ale betonului expuse stropirii cu agenți de dezghețare
		Suprafețe de beton aparținând

		structurilor marine expuse stropirii cu agenți de dezghețare
--	--	---

Apa care pătrunde în porii și capilarele betonului, prin înghețare, își mărește volumul cu 9% și crează eforturi mai mari decât rezistența la întindere a betonului provocând fisuri și crăpături. Alternanța ciclurilor îngheț-dezgheț accelerează distrugerea betonului care devine mai accentuată cu cât calitatea betonului este mai slabă.

e) Beton expus la atacul chimic

Cod	Descrierea mediului	Exemple informative unde se poate întâlni clasa de expunere
RISC DE ATAC CHIMIC DIN SOL, APE DE SUPRAFAȚĂ SAU APE SUBTERANE		
XA1	Beton aflat într-un mediu cu agresivitate chimică <u>slabă</u>	Soluri naturale și apă freatică
XA2	Beton aflat într-un mediu cu agresivitate chimică <u>moderată</u>	
XA3	Beton aflat într-un mediu cu agresivitate chimică <u>intensă</u>	

Atacul chimic este produs de apele care conțin SO_4^{-2} , NH_4^+ , Mg^{+2} , CO_2 și cu pH acid. Evaluarea agresivității mediului este prevăzută în standardul european SR-EN 206/1 și este prezentată în tabelul 6.4.

Tabel 6.4. Valorile limită pentru clasele de expunere la atacul chimic al apelor de suprafață, subterane și solurilor naturale

Caracteristici chimice	Clasa de expunere		
	XA1	XA2	XA3
Ape de suprafață și subterane			
SO_4^{-2} , mg/L	≥ 200 și ≤ 600	> 600 și ≤ 3.000	> 3.000 și ≤ 6.000
pH	$\leq 6,5$ și $\geq 5,5$	$< 5,5$ și $\geq 4,5$	$< 4,5$ și $\geq 4,0$
CO_2 agresiv, mg/L	≥ 15 și ≤ 40	> 40 și ≤ 100	> 100 până la saturație
NH_4^+ , mg/L	≥ 15 și ≤ 30	> 30 și ≤ 60	> 60 și ≤ 100
Mg^{+2} , mg/L	≥ 300 și ≤ 1.000	> 1.000 și ≤ 3.000	> 3.000 până la saturație
Sol			
SO_4^{-2} , mg/kg total	≥ 2.000 și ≤ 3.000	> 3.000 și ≤ 12.000	> 12.000 și ≤ 24.000
Aciditate, mL/kg	> 200	Nu sunt întâlnite în practică	

Mediul agresiv chimic, dat de prezența ionilor SO_4^{2-} , produce degradarea betonului prin expansiune sulfatică (coroziune de tip III) prin formare de etringit ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) în faza de beton întărit care produce o mărire de volum de 227% datorită cantității mari de apă de cristalizare (vezi modulul 4).

Din tabel se observă că intensitatea clasei de expunere $\text{XA1} < \text{XA2} < \text{XA3}$ crește odată cu creșterea concentrațiilor mediului agresiv chimic. De aceea, betonul exploatat în astfel de condiții trebuie să fie cât mai compact (cu un raport A/C cât mai mic și cu un dozaj de ciment crescut) și să fie de clasă mare (rezistența caracteristică mare).

Recomandările pentru caracteristicile betonului expus la medii agresive chimic XA sunt prezentate în tabelul 6.5.



Tabel 6.5 Caracteristicile recomandate betonului expus la medii agresive chimic XA

Clasa de expunere	XA1	XA2	XA3
Caracteristici recomandate betonului			
A/C maxim	0,55	0,50	0,45
Dozaj minim de ciment C, kg/m ³ beton	300	320	360
Clasa minimă a betonului	C 30/37		C 35/45

Bibliografie

1. A.M. Neville, *Proprietățile betonului*, Ediția a IV-a, Traducere de Maria Georgescu, Annemarie Sigrid Puri, Editura Tehnică, București, 2003, ISBN 973-31-2059-6.
2. Ion Robu, Maria Popescu, *Matériaux de Construction*, 2, Institut de Construction, Bucharest, 1993.
3. Maria Popescu, *Materiale de Construcții*, Institutul de Construcții București, 1990.
4. Maria Gheorghe, *Materiale de Construcție*, Vol. 1, Editura Conspress, București, 2010, ISBN 978-973-100-107-4.
5. Liliana Crăciunescu, Eugenia Popa, *Materiale de Construcție*, Editura Matrix Rom, București, 2004, ISBN 973-685-787-5.
6. Marin Amăreanu, *Materiale de construcție. Aspecte de rezistență și durabilitate pentru betoane și metale*, Editura Conspress, București, 2013, ISBN 978-973-100-245-3.
7. Alexandrina Simion, *Materiale de Construcție*, Vol. 1, UTCB multiplicare, 1997.
8. Petru Răpișcă, *Materiale de construcție*, Editura Matrix Rom, București, 2006, ISBN (10) 973-755-067-6
9. SR-EN 206-1:2002, Beton. Partea 1: Specificație, performanță, producție și conformitate.
10. NE 012-2/2010, Normativ European de producere beton și executare lucrări din beton. Partea 2: Executare lucrări din beton.





Test de autoevaluare – MODULUL 6

Completați spațiile libere:

1. Finețea de măcinare a cimentului influențeazăși
2. Agregatele minerale reprezintă din compoziția betonului formând un schelet rigid și rezistent.
3. Din punct de vedere cantitativ apă de amestecare se exprimă prin
4. Aditivii sunt produse chimice care se adaugă în betonul proaspăt, în procent de față de ciment, cu scopul îmbunătățirii caracteristicilor betonului, atât în stare proaspătă cât și întărită, adică pentru obținerea unui

Bifați căsuța corespunzătoare:

5. Aditivii plastifianți (reducători de apă) permit: fie reducerea raportului A/C, în condițiile menținerii aceleiași consistențe a betonului, fie îmbunătățirea consistenței betonului fără să se modifice raportul A/C.

Adevărat ☐

Fals ☐

6. Aditivii antigel sunt aditivii care permit turnarea betonului pe timp frigos la temperaturi până la -25°C .

Adevărat ☐

Fals ☐

7. Conform NE 012-2/2010 temperaturile mediului ambiant recomandate pentru turnarea betonului sunt cuprinse între $+5$ și $+30^{\circ}\text{C}$.

Adevărat ☐

Fals ☐

8. Temperaturile mediului ambiant de peste 35°C sunt favorabile turnării betonului, cu influențe pozitive asupra rezistențelor finale.

Adevărat ☐

Fals ☐





Răspunsuri

- 1. Procesele de hidratare-hidroliză și procentul de ciment hidratat (pag. 2)**
- 2. 75 - 80% (pag. 3)**
- 3. Raportul A/C (pag. 4)**
- 4. Max 5%, beton performant (pag. 5)**
- 5. Adevărat (pag. 6)**
- 6. Fals (pag. 11)**
- 7. Adevărat (pag.13)**
- 8. Fals (pag. 14)**

