



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 5: Lianți minerali: cimentul aluminos și cimenturi speciale. Betoane cu lianți minerali - definiție, clasificare, proprietăți

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță

Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale

Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



Modulul 5 al cursului de *Materiale de Instalații* vă prezintă noțiuni cu privire la cimentul aluminos și cimenturile speciale. Parcurgând acest modul vă veți familiariza cu modul de obținere, proprietățile, tipurile și domeniile de utilizare ale cimentului aluminos și cimenturilor speciale. De asemenea veți putea să parcurgeți noțiunile introductive legate de betoanele cu lianți minerali: definiție, clasificare, proprietăți.

Obiective



La finalul Modulului 5 cursantul va putea să:

1. Explice principiile de obținere ale cimentului aluminos și cimenturilor speciale.
2. Precizeze proprietățile, tipurile și domeniile de utilizare ale cimentului aluminos și cimenturilor speciale.
3. Definăscă betonul cu lianți minerali și să prezinte clasificarea betoanelor în funcție de proprietățile fizico-mecanice ale acestora.
4. Explice proprietățile betonului proaspăt și întărit.
5. Explice simbolizarea unui beton după rezistența caracteristică.

Durată



Durata medie de studiu individual: 2 ore.



5.1. Cimentul aluminos

5.1.1. Definiție, compoziție oxidică și mineralogică, clasificare

Cimentul aluminos este un liant hidraulic care a apărut din necesitatea rezolvării problemei atacului apelor sulfatice asupra elementelor din beton pe bază de ciment Portland. Acesta a fost obținut prima dată de Jules Bied, în anul 1908, în Franța.

Cimentul aluminos conține în proporție mare alumină: de regulă Al_2O_3 și CaO , aproximativ 40% fiecare, Fe_2O_3 și FeO 15%, SiO_2 5%, precum și proporții mici de TiO_2 , MgO și alcalii. Materiile prime utilizate pentru fabricarea cimentului aluminos sunt calcarul și bauxita impurificată cu SiO_2 și Fe_2O_3 care, bine dozate și omogenizate, se ard în cuptoare tunel până la clincherizare ($1200\text{--}1300^\circ\text{C}$) sau topire (1600°C); această temperatură din urmă este cea mai utilizată în procesul tehnologic de obținere al cimentului aluminos de unde și denumirea franceză de *ciment fundu*. Ulterior, topitura solidificată se răcește, cu viteză mică, pentru a favoriza cristalizarea compușilor formați, într-un răcitor rotativ și se macină într-o moară tubulară. Produsul obținut este o pulbere de culoare gri închis cu o finețe de $2500\text{--}3200\text{ cm}^2/\text{g}$.

Compoziția oxidică a cimentului aluminos este: 30-80% Al_2O_3 , 20-45% CaO , 0-15% Fe_2O_3 , 0-8% SiO_2 și oxizi secundari (TiO_2 , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O) în procente mici și condiționate.

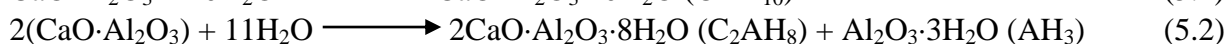
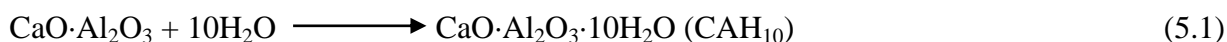
În funcție de compoziția oxidică se disting două categorii de cimenturi aluminoase: cimenturi aluminoase obișnuite (pe bază de bauxită) și cimenturi aluminoase albe, înalt refractare (pe bază de alumină).

Compoziția mineralogică este dată de constituentul mineralogic principal aluminatul monocalic (**CA**) $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ care, în cimenturile aluminoase industriale, reprezintă 40-50% și apare sub formă de soluții solide (ce pot conține cantități mici de Fe_2O_3 și SiO_2) fiind foarte reactiv cu apa, dezvoltând rezistențe mecanice mari. Un alt constituent mineralogic al cimentului aluminos îl reprezintă compusul $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C_{12}A_7) care apare în cimenturile aluminoase obișnuite dar nu apare în cimenturile aluminoase refractare; alături de aceștia mai există, în câteva procente, și compușii $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (C_2S) care contribuie la dezvoltarea rezistențelor mecanice mai mari după perioada de întărire, respectiv gehlenitul $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ (C_2AS) care are proprietăți liante nesemnificative și diminuează proprietățile refractare ale cimenturilor înalt aluminoase prin blocarea Al_2O_3 . Oxizii de fier se găsesc sub formă de soluții solide feritaluminatice și sub forma compusului Tavacsi - $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$, în clincherele mai puțin bazice.

5.1.2. Priza și întărirea

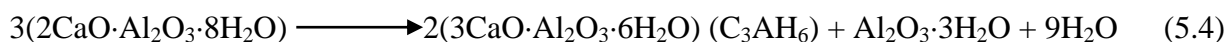
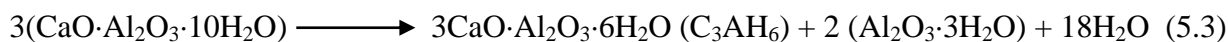
Cimentul aluminos, în urma amestecării cu apa, formează paste care se întăresc datorită reacțiilor chimice de hidratare - hidroliză ale constituenților mineralogici existenți, în principal a aluminatului monocalic (CA); acesta are viteza cea mai mare de a dezvolta rezistențe mecanice. În funcție de temperatură, reacțiile chimice care au loc sunt următoarele:

a) La temperaturi sub $20\text{--}25^\circ\text{C}$:



Se formează astfel hidroaluminații de calciu cristalini, preponderent CAH_{10} și o cantitate mai mică de C_2AH_8 , care sunt stabili, precum și gelul de alumină (AH_3).

- b) În timp, la temperatură normală și mediu umed dar și la temperaturi mai ridicate ($35-45^{\circ}C$), în prezența soluției de $Ca(OH)_2$ și a $Al(OH)_3$ în apă are loc trecerea CAH_{10} și C_2AH_8 (cristalizați cubic) în C_3AH_6 (cristalizat cubic) astfel:



În piatra de ciment întărită, în mediu uscat, CAH_{10} și C_2AH_8 sunt stabili și se pot conserva un timp nedefinit dar, în mediu umed se transformă lent în C_3AH_6 cubic (vezi transformările de mai sus). Această transformare duce la scăderea rezistențelor mecanice ale cimentului aluminos, deoarece are loc o micșorare de volum a fazei solide de cca. 22% (trecerea din forma hexagonală a CAH_{10} , cu densitatea de 1720 kg/m^3 în C_3AH_6 formă cubică, cu densitatea de 2530 kg/m^3) și o creștere a porozității capilare prin pierdere de apă. Această transformare lentă cu variație importantă de volum se numește **conversia cimentului aluminos** și este naturală, spontană, deoarece se trece la o stare mai stabilă termodinamic.

Timpul de priză este în general normal, adică apropiat de cel al cimentului Portland, iar întărirea este rapidă. Începutul de priză (standard) este de cel puțin 2 ore, iar sfârșitul de priză este de cel mult 8 ore. Timpul de priză al cimentului aluminos este influențat de compoziția chimică și mineralogică a acestuia, de temperatură și foarte mult de adăugarea de ipsos, var, ciment Portland și materiale organice, motiv pentru care la obținerea de structuri pe bază de ciment aluminos nu se folosesc adaosuri. În cazuri speciale, se poate utiliza un amestec de ciment Portland și ciment aluminos (20-80%), unde priza este instantanee, atunci când se execută lucrări pentru a se opri pătrunderea apei (în tunele, galerii), la lucrări subacvatice, poduri, reparații rapide în structura drumurilor etc. În aceste cazuri rezistențele mecanice obținute sunt mici, mai puțin atunci când procentul de ciment aluminos este foarte mare.

5.1.3. Rezistențele mecanice ale cimentului aluminos au o viteză foarte mare de evoluție în timp, datorită hidratării rapide a aluminaților de calciu care, presupune și o viteză mare de degajare a căldurii de hidratare. Astfel, aproximativ 80% din rezistența finală a cimentului aluminos se atinge în 24 ore, iar după trei zile rezistențele mecanice cresc lent; cimentul aluminos se recomandă la realizarea de elemente de construcție subțiri. Dacă se utilizează la obținerea de elemente de construcție mai voluminoase, când degajarea căldurii de hidratare este mai lentă, evoluția rezistențelor mecanice în timp este continuu crescătoare. Betonul pe bază de ciment aluminos, după 4-6 ore, a dobândit suficientă rezistență pentru a putea fi scoase cofrajele laterale și pentru a se continua betonarea.

Exemple:

- ✓ Un beton obținut cu un dozaj de 400 kg ciment aluminos/ m^3 de beton și un raport apă/ciment de $0,4$, la temperatura de $25^{\circ}C$, poate atinge o rezistență de 30 MPa după 6 ore și peste 40 MPa după 24 de ore.
- ✓ Viteza de degajare a căldurii cimentului aluminos poate fi de $38 \text{ J/g}\cdot\text{h}$, în timp ce viteza de degajare a căldurii cimentului Portland cu întărire rapidă nu depășește niciodată $15 \text{ J/g}\cdot\text{h}$;

Dezvoltarea rezistențelor mecanice ale cimenturilor aluminoase se datorează formării compușilor stabili termodinamic C_3AH_6 și AH_3 (vezi 5.1.2b). Cimenturile aluminoase pot atinge rezistențe mai mari decât cimentul Portland (vezi 4.5.5) dar, păstrarea acestora în timp este dificilă (în zone cu umiditate și temperaturi ridicate), motiv pentru care se recomandă utilizarea la lucrări de rezistență imediată așa cum s-a prezentat mai sus.

5.1.4. Rezistența la atacul chimic

Cimentul aluminos este rezistent la atacul sulfatilor și soluțiilor acide slabe (de exemplu, apele industriale reziduale cu pH peste 4), rezistență favorizată de absența $Ca(OH)_2$ din compoziția pietrei de ciment aluminos și influențată de porozitatea capilară interconectată, care trebuie să fie cât mai mică. După conversia hidrocompușilor CAH_{10} și C_2AH_8 (vezi 5.1.2b) rezistența la atacul chimic a cimentului aluminos este micșorată. Cimentul aluminos nu este atacat de CO_2 din apă și prezintă o rezistență bună la apa de mare. Acizii concentrați și alcaliile îl atacă puternic.

5.1.5. Proprietăți refractare

Datorită prezenței Al_2O_3 (30-80%) în cimentul aluminos acesta are proprietăți refractare foarte bune. La temperaturi ce depășesc $200^{\circ}C$ cimentul aluminos se comportă mai bine decât cimentul Portland, deoarece se deshidratează mai greu prin lipsa $Ca(OH)_2$. În amestec cu agregatele refractare (șamotă, alumină, agregat ușor din argilă expandat etc.) cimentul aluminos este folosit la obținerea betoanelor refractare care, la temperaturi de aproximativ $700-1000^{\circ}C$, favorizează o întărire de tip ceramic între ciment și agregate ce duce la o creștere a rezistențelor mecanice. Din ciment superaluminos, cu un conținut de 70-80% Al_2O_3 , și alumină electrotopită sau tubulară, folosită ca agregat, se obțin betoane refractare care rezistă la temperaturi de $1800-1900^{\circ}C$.

Exemple:

- ✓ Tipuri de cimenturi aluminoase topite: C I 40A, cu 40% Al_2O_3 , C I 45A cu 45% Al_2O_3 , C I 50A, C I 55A
- ✓ Tipuri de cimenturi superaluminoase: C I 60A; C I 70A; C I 80A, utilizate la fabricarea betoanelor refractare.

5.1.6. Domenii de utilizare

Cimentul aluminos se folosește, în general, la obținerea de paste, mortare și betoane cu întărire rapidă, cu rezistențe mari la 6 ore, rezistență la abraziune și la atacul chimic, la șoc mecanic și la temperaturi ridicate.

Cu ciment aluminos se obțin tuburi de canalizare și alte elemente de construcție pentru gestionarea apelor industriale uzate, în special a celor cu un conținut ridicat de sulfati și acizi slabi, pentru căptușirea tuburilor de canalizare din oțel sau din beton.

În industria minieră se utilizează pentru obținerea de paste de etanșare și ca mortare de ancorare, pentru executarea de galerii și tunele.

Datorită refractarității sale ridicate cimentul aluminos se utilizează și la obținerea de mortare și betoane refractare, utilizate la temperaturi peste 1000°C , iar cimentul aluminos cu un conținut mic de alumină se utilizează la obținerea de mortare pentru șeminee.

Se mai utilizează și pentru obținerea de mortare și betoane ușoare termoizolante, la temperaturi până la 950°C , iar în amestec cu cimentul Portland se folosește la obturarea de infiltrații sau pentru cimentarea sondelor de adâncime.

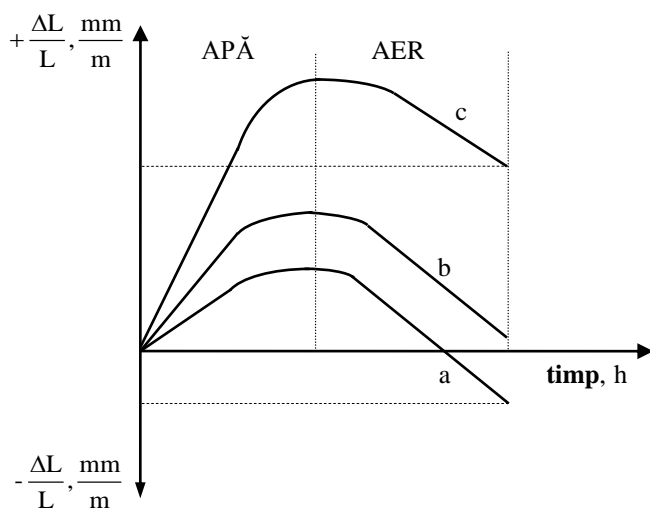
5.2. Cimenturi speciale

5.2.1. Cimenturi fără contracție și cimenturi expansive

O problemă pe care o întâmpină betoanele obținute cu cimenturi Portland normale este aceea de contracție la uscare în aer nesaturat, deoarece se elimină nu numai excesul de apă de amestecare (apa liberă) ci și apa adsorbită, respectiv apa legată chimic determinând apariția fisurilor și neetanșeităților (fig. 5.1a); în anumite situații această contracție prezintă un dezavantaj.

Din acest motiv s-au obținut *cimenturi fără contracție* sau *cimenturi cu contracție compensată* (fig. 5.1b) cu scopul de a contracara deformația determinată de contracția la uscare sau produc o ușoară mărire de volum în urma hidratării cimentului și *cimenturi expansive* (fig. 5.1c) în care deformația produsă de contracția la uscare este mai mică decât mărirea de volum din timpul hidratării cimentului.

Procesul de expansiune este produs de reacții chimice care au loc în sistemul liant existent în piatra de ciment, prin hidratarea CaO și MgO cu formarea de Ca(OH)_2 și Mg(OH)_2 , care produc o mărire de volum sau, prin reacții ale CaSO_4 cu formarea de etringit expansiv (vezi 4.5.1). Astfel, majoritatea cimenturilor expansive sunt amestecuri alcătuite dintr-un liant de bază (ciment Portland),



un agent expansiv (CaO , MgO , CaSO_4) și un stabilizator (de exemplu, zgură de furnal) care asimilează încet excesul de sulfat de calciu și oprește expansiunea. Este foarte important ca expansiunea cimentului să fie controlată și să se producă numai în intervale de timp scurte (în mediu umed timp de 4 zile) pentru a fi corelată cu porozitatea pietrei de ciment. Așadar, dacă produși expansivi care se formează (Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 , etringit) ocupă volumul porilor și fisurilor pietrei de ciment, atunci nu are loc expansiunea, dar dacă aceștia ocupă un spațiu limitat, în cimentul întărit, atunci are loc expansiunea.

Figura 5.1 Variații de volum/contracție pentru:
a – ciment Portland; b – ciment fără contracție;
c – ciment expansiv.

Cimenturile expansive au o priză normală și întărire rapidă, au rezistențe mecanice de același ordin de mărime ca cimenturile Portland și se utilizează în special la lucrări de etanșare pentru diferite construcții subterane (tuneluri rutiere, feroviare sau de metrou, galerii, parcări subterane supraetajate,

elemente de construcție din beton precomprimat, construcții hidrotehnice) pentru a împiedica pătrunderea apei sau pentru lucrări de reparații rapide.

Se produc și cimenturi expansive speciale, cu o expansiune foarte mare, pe bază de ciment aluminos.

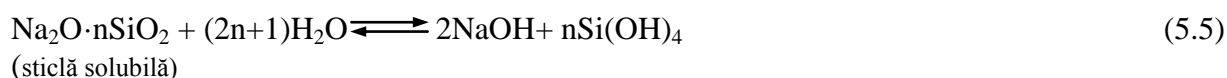
Exemplu:

- ✓ Ciment cu expansiune controlată: amestec de ciment Portland normal, ciment aluminos și ghips în proporție de 66:20:14.

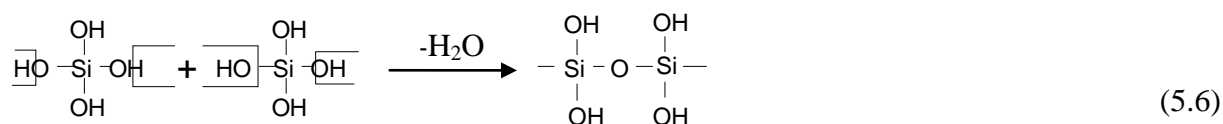
5.2.2. Cimenturi antiacide

Cimenturile antiacide au apărut din necesitatea de a elimina vulnerabilitatea cimenturilor obișnuite la acțiunea mediilor agresive intens acide. Acestea sunt cimenturi pe bază de sticlă solubilă (silicat de sodiu sau potasiu - Na_2SiO_3 , K_2SiO_3), cu adaosuri minerale rezistente la acțiunea acizilor (nisip cuarțos, bazalt, granit etc.) și acceleratori ai procesului de întărire (fluorosilicatul de sodiu - Na_2SiF_6 sau potasiu).

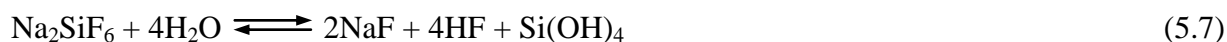
Sticla solubilă se folosește în stare lichidă, sub forma unui sol cu un pH cât mai bazic, pentru a împiedica gelifierea acidului silicic (vezi curs Chimie cap. 4.3.2); se comportă ca o substanță liantă care face priză și se întărește în aer ca urmare a acțiunii dioxidului de carbon și a acceleratoarelor fluorosilicatul de sodiu Na_2SiF_6 sau potasiu. Reacțiile chimice care au loc sunt următoarele:



unde NaOH reprezintă peptizantul solului de acid silicic $\text{Si}(\text{OH})_4$ (vezi curs Chimie cap. 4.3.2.3b2) care policondensează cu formare de gel astfel:



Acțiunea fluorsilicatlui de sodiu (Na_2SiF_6) este complexă și se presupune că este de natură fizico-chimică.



Astfel, HF format neutralizează peptizantul NaOH care produce gelifierea acidului silicic declanșând începutul de priză (acelerează reacția 5.5) care, de obicei, este mai mare de 30 minute. Deoarece reacțiile 5.5 și 5.7 sunt reacții de echilibru, iar adăugarea de Na_2SiF_6 se face necantitativ, mai rămâne NaOH ne-neutralizat (în exces) care reacționează cu CO_2 din aer conform reacției:



Na_2CO_3 format cristalizează (este de 5 ori mai puțin solubil în apă decât NaOH) având ca rezultat sfârșitul de priză (între 4-8 ore). Începutul și sfârșitul de priză sunt influențate de cantitatea de Na_2SiF_6 adăugată, de finețea de măcinare a adaosurilor de pulberi fine de nisip cuarțos, bazalt granit,

bogate în SiO_2 , rezistente la acțiunea acizilor și care acționează ca acceleratori de întărire și de temperatură.

Produsul obținut este un ciment rezistent la acțiunea agresivă a acizilor, dar cu o rezistență la compresiune mică ($f_c \approx 6 \text{ MPa}$). Verificarea rezistenței cimentului la acțiunea acizilor se face prin fierberea acestuia în acizii respectivi, iar pierderea de masă, după fierbere, nu trebuie să fie mai mare de 8%.

Cimenturile antiacide se folosesc la obținerea de mortare și betoane antiacide.

5.3 Betoane cu lianți minerali

5.3.1. Definiție și clasificare

Betonul este un material compozit alcătuit dintr-un sistem polifazic de ciment, agregate (nisip, pietriș, piatră spartă), apă și aditivi și se obține printr-o bună dozare și omogenizare a acestora; după întărire are aspectul unui conglomerat artificial cu bune proprietăți fizico-mecanice, rezistent la acțiunea mediului dar și a unor agenți chimici, stabil și durabil.

Datorită proprietăților și avantajelor tehnico-economice pe care le prezintă, betonul este, în prezent, unul din cele mai utilizate materiale de construcție.

Sistemul polifazic al betonului s-a format ca urmare a reacțiilor de hidratare și hidroliză a cimentului cu apa, urmat de întărirea acestora ce constituie partea activă (piatră de ciment sau matricea) a sistemului; întărirea are loc în jurul agregatelor care sunt inerte față de ciment și constituie scheletul rigid. Aditivii adăugați au rolul de a îmbunătăți o serie de caracteristici ale betonului proaspăt și întărit dar, și pentru a asigura unele beneficii economice.

O **clasificare a betoanelor** se poate face în funcție de principalele caracteristici fizico-mecanice ale betonului dar și după alte criterii, care sunt prezentate în continuare:

a) Funcție de **densitatea aparentă** a betonului întărit, la 28 zile, betoanele se clasifică în categorii de densitate, așa cum rezultă din tabelul 5.1.

Tabel 5.1. Clasificarea betoanelor întărite după densitatea aparentă

Densitatea aparentă a betonului, kg/m^3	> 2600	2600 - 2001	< 2000
Categoria de densitate	Beton greu	Beton normal	Beton ușor

b) Funcție de **rezistența caracteristică**, f_{ck} a betonului, care reprezintă rezistența la compresiune efectuată pe cuburi cu latura de 150 mm sau pe cilindri cu diametrul de 150 mm și înălțimea de 300 mm, după 28 de zile în condiții standardizate de păstrare, acestea se clasifică conform tabelului 5.2.

Tabel 5.2. Clasificarea betoanelor după rezistența caracteristică (f_{ck})

Clasa de rezistență a betonului	C 8/10	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{ck \text{ cil}}, \text{N/mm}^2$	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ck \text{ cub}}, \text{N/mm}^2$	10	15	20	25	30	37	45	50	55	60

c) Funcție de **gradul de impermeabilitate la apă** betoanele se clasifică așa cum rezultă din tabelul 5.3. Gradul de impermeabilitate la apă se exprimă prin presiunea maximă a apei la care este supus betonul (epruvete cubice, cu latura de 200 mm) și la care nu au loc exfiltrații de apă la fața exterioară epruvetei, opusă celei ce se află în contact cu apa (fața de infiltrație) și prin adâncimea limită de pătrundere a apei.

Tabel 5.3. Clasificarea betoanelor după gradul de impermeabilitate la apă

Gradul de impermeabilitate al betonului, P_n^x	P_2^{10}	P_4^{10}	P_6^{10}	P_8^{10}	P_{12}^{10}
	P_2^{20}	P_4^{20}	P_6^{20}	P_8^{20}	P_{12}^{20}
Presiunea maximă a apei, bari	2	4	6	8	12

x- adâncimea de pătrundere a apei

d) Funcție de rezistența la îngheț-dezghet ce se exprimă prin **gradul de gelivitate** betoanele se clasifică așa cum rezultă din tabelul 5.4.

Tabel 5.4. Clasificarea betoanelor după gradul de gelivitate

Gradul de gelivitate	G_{50}	G_{100}	G_{150}
Nr. de cicluri îngheț/dezghet	50	100	150

Gradul de gelivitate reprezintă numărul maxim de cicluri succesive de îngheț-dezghet pe care epruvetele din beton, saturate cu apă, le pot suporta fără ca rezistența la compresiune să scadă cu mai mult de 25% sau modulul de elasticitate dinamic să scadă cu mai mult de 15% (vezi modulul 1).

e) După **modul de turnare** betonul se clasifică în: beton obișnuit, prin pompare, prin injectare, turnare sub apă.

f) După **modul de întărire**: beton cu întărire normală, beton cu întărire prin aburire sau prin autoclavizare.

g) După **destinație** betoanele se împart, convențional, în: betoane obișnuite pentru construcții civile, industriale agricole, poduri; betoane rutiere; betoane hidrotehnice pentru: baraje, ecluze, canale colectoare etc.; betoane speciale: antiacide, refractare, rezistente la uzură, pentru protecție contra radiațiilor, cu polimeri, cu fibre.

5.3.2. Proprietățile betonului proaspăt

Betonul proaspăt reprezintă starea acestuia din momentul amestecării componentilor până când începe priza cimentului, adică pe toată perioada de punere în lucrare a betonului când, acesta, suferă deformații plastice. Betonul proaspăt constituie o etapă intermediară întăririi lui de aceea, pentru a obține rezistențe mecanice bune, este foarte important să aibă o consistență bună.

a) **Consistența** reprezintă o proprietate esențială a betonului proaspăt și poate fi definită ca aptitudinea acestuia de a se compacta, sub acțiunea masei proprii sau a unei forțe exterioare, la o densitate maximă posibilă, de a umple bine cofrajele și a îngloba armăturile, cu un consum rezonabil de energie, în condițiile păstrării omogenității la transport și punere în lucrare. Prin urmare este foarte important ca betonul proaspăt să aibă o anumită consistență, necesară pentru a evita **fenomenele de segregare** adică, separarea componentilor pe baza diferențelor de densitate și a dimensiunilor

particulelor. Factorii care influențează consistența betonului sunt: apa de amestecare, dimensiunea maximă a granulelor agregatelor, respectiv granulozitatea acestora și conținutul de aditivi. Determinarea consistenței se face prin metode standardizate cum ar fi: metoda tasării, metoda Vebe, metoda determinării gradului de compactare, metoda cu masa de răspândire (vezi Materiale de instalații: lucrări de laborator, lucrarea nr. 5).

a₁) Metoda tasării (SR EN 12350-2/2009) este utilizată pentru determinarea consistenței betonului proaspăt care, conține agregate cu dimensiunea maximă a granulelor sub 40 mm; constă în măsurarea tasării betonului proaspăt introdus într-un vas, fără fund, de forma unui trunchi de con, atunci când vasul este ridicat vertical. Se notează tasarea **h** a betonului, care este o măsură a consistenței lui (figura 5.2.). Conform tasării, betonul proaspăt se ordonează în clase de tasare, așa cum rezultă din tabelul 5.5

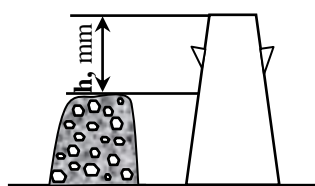


Figura 5.2 Măsurarea tasării

Tabel 5.5. Clase de tasare (“slump”)

Clasa	Tasare h, mm	Consistența
S1	de la 10 până la 40	Vârtos
S2	de la 50 până la 90	Plastic
S3	de la 100 până la 150	Foarte plastic
S4	de la 160 până la 210	Fluid
S5	≥ 220	Foarte fluid

Betonul *vârtos* are aspectul unui pământ umed, se desface ușor la manipulare, nu separă apa de amestecare și umple bine cofrajul numai printr-o compactare energetică.

Betonul *plastic* se deformează ușor, își păstrează omogenitatea în timpul transportului și umple cofrajul în urma unei compactări medii sau ușoare.

Betonul *fluid* curge pe jgheaburi înclinate, iar la turnarea în cofraje este necesară doar înțeparea cu vergea sau o ușoară batere în cofraj.

a₂) Metoda Vebe (SR EN 12350-3/2009) se folosește pentru a determina consistența betonului proaspăt, care conține agregate cu dimensiunea maximă a granulelor sub 63 mm; constă în măsurarea timpului, în secunde, a unei probe de beton proaspăt care se remodelează, sub efectul vibrației, din forma inițială tronconică în forma finală cilindrică. Există mai multe forme de tasare, așa cum rezultă din figura 5.3, iar betonul se ordonează în clase conform tabelului 5.6.

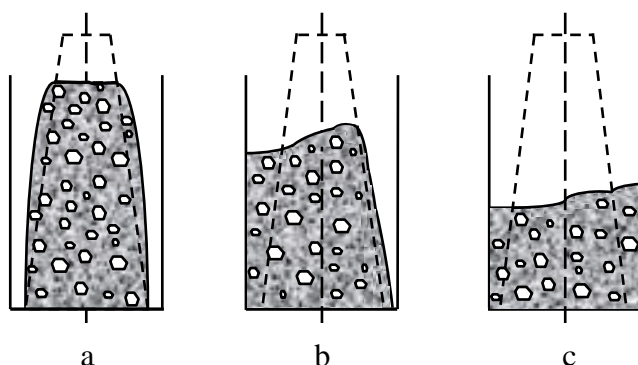


Figura 5.3 Forme de tasare: a – tasare măsurabilă; b – tasare cu forfecare; c – tasare cu prăbușire

Tabel 5.6. Clase de tasare Vebe

Clasa	Vebe, s
V0	≥ 31
V1	de la 30 până la 21
V2	de la 20 până la 11
V3	de la 10 până la 6
V4	de la 5 până la 3

a₃) Metoda determinării gradului de compactare (SR EN 12350-4/2009) se aplică betoanelor proaspete care conțin agregate cu dimensiunea maximă a granulelor sub 63 mm; constă în determinarea raportului **C**, dintre înălțimea inițială, $h_1 = 400$ mm, a unei probe din beton proaspăt, introdusă într-un recipient de formă paralelipipedică (200x200x400 mm), și înălțimea betonului compactat, $h_2 = 400 - s$, din interiorul recipientului (figura 5.4); acest raport reprezintă indicele de compactare.

$$C = \frac{h_1}{h_2} = \frac{400}{400 - s} \quad (5.9)$$

unde:

s - valoarea medie, măsurată cu exactitate de un milimetru, a celor patru distanțe de la suprafața betonului compactat până la marginile superioare ale recipientului.

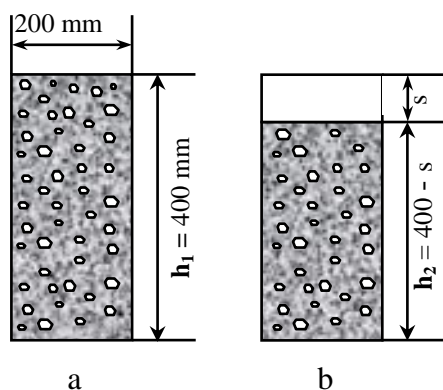


Figura 5.4. Beton proaspăt în recipient paralelipipedic:
a - înainte de compactare; b - după compactare

Clasele de compactare ale betoanelor determinate prin metoda gradului de compactare sunt prezentate în tabelul 5.7.

Tabel 5.7. Clase de compactare

Clasa	Indice de compactare
C0	$\geq 1,46$
C1	de la 1,45 până la 1,26
C2	de la 1,25 până la 1,11
C3	de la 1,10 până la 1,04

a₄) Metoda cu masa de răspândire (SR EN 12350-5/2009) constă în determinarea consistenței betonului proaspăt, prin măsurarea răspândirii acestuia pe o suprafață plană, care este supusă la o zgâlțâire standardizată; nu se aplică betonului autocompactant și betonului care conține agregate cu dimensiunea maximă a granulelor mai mare de 63 mm. Rezultatul se exprimă prin răspândirea **F**, care se calculează cu relația 5.10 (figura 5.5).

$$F = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5.10)$$

unde::

d_1 - dimensiunea maximă a răspândirii betonului, paralelă cu una din muchiile mesei; d_2 - dimensiunea maximă a răspândirii betonului, paralelă cu cealaltă muchie a mesei.

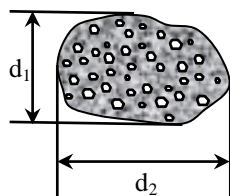


Figura 5.5. Măsurarea răspândirii

Și prin această metodă se poate face o clasificare a betonului proaspăt pe clase, după diametrul răspândirii, așa cum rezultă din tabelul 5.8.

Tabel 5.8. Clase de răspândire ("flow test")

Clasa	Diametrul răspândirii, mm
F1	≤ 340
F2	350 - 410
F3	420 - 480
F4	490 - 550
F5	560 - 620
F6	≥ 630

Consistența F_6 corespunde betoanelor speciale, obținute cu aditivi superfluidizanți, iar consistența C_4 se aplică numai betonului ușor.

Alegerea unei clase de consistență pentru un beton proaspăt se face în funcție de destinația acestuia, de mijloacele de compactare și de gradul de armare, astfel încât să se obțină o compactitate maximă.

b) Densitatea aparentă a betonului proaspăt reprezintă masa unui metru cub de beton proaspăt, compactat în aceleași condiții ca în timpul punerii în lucrare. Aceasta trebuie cunoscută deoarece se corelează cu alte proprietăți ale betonului cum ar fi: compactitatea, permeabilitatea la apă, rezistența la îngheț-dezghet, rezistențele mecanice.

c) Verificarea cantității de aer oclus (SR EN 12350-7/2009)

La prepararea betonului proaspăt, în timpul amestecării componentilor, se antrenează și aer care, de obicei, este de cca. 5%, procente din volumul betonului. Dacă această valoare este depășită rezistențele mecanice ale betonului întărit sunt afectate. Verificarea cantității de aer oclus este necesară mai ales atunci când se folosesc aditivi antrenori de aer, ce antrenează o cantitate de aer mai mare, și care nu trebuie să depășească anumite valori.

d) Priza betonului reprezintă perioada de tranziție de la starea de beton proaspăt la cea de beton întărit, datorită creșterii accentuate a vâscozității în timp. Începutul de priză corespunde cu momentul în care betonul nu mai poate fi compactat, iar sfârșitul de priză este dat de momentul când acesta este

complet rigidizat și începe perioada de întărire. La sfârșitul prizei, betonul are o formă bine definită și volum practic constant.

Priza betonului este controlată de priza cimentului și este influențată de aditivi care pot avea rol de acceleratori sau întârziatori de priză, dar și de aditivii superplastifianți care, prin structura lor chimică, fiind puternic reducători de apă, duc la scăderea vitezei de hidratare a cimentului deci, produc întârzierea prizei.

5.3.3. Proprietățile betonului întărit

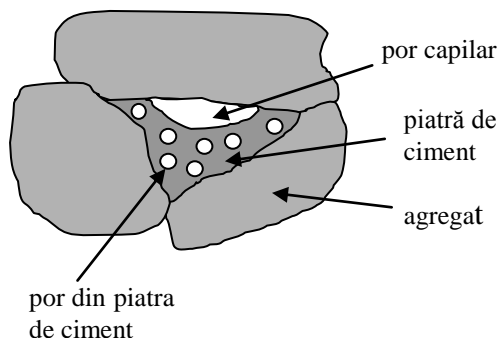
a) Structura betonului întărit

Betonul întărit are aspectul unui conglomerat artificial (rocă artificială) cu bune proprietăți fizico-mecanice, rezistent la acțiunea mediului înconjurător dar și a unor agenți chimici, este stabil și durabil; acesta reprezintă starea betonului după minim 28 de zile de la turnare.

Structura betonului întărit este complexă, reprezintă rezultatul structurii evolutive a betonului proaspăt, fiind dată de conlucrarea dintre piatra de ciment (matricea betonului) și agregatele (scheletul betonului) care sunt înglobate în aceasta, ca urmare a bunei adeziuni a pastei liante de ciment la suprafața agregatelor. O adeziune defectuoasă influențează negativ proprietățile fizico-mecanice ale betonului, impermeabilitatea la apă, rezistența la acțiunea agenților chimici etc.

Betonul, prin structura sa, este un material microporos și microfisurat, preponderent la interfața matrice-agregat (fig. 5.6), în care proprietățile fizico-mecanice sunt influențate și de prezența respectiv volumul porilor (microporilor și macroporilor), microfisurilor (vezi modulul 4), de suprafața și natura granulelor de agregat, de raportul apă/ciment (A/C), de modul de punere în lucrare, de condițiile de întărire etc.

b) Compactitatea betonului



Datorită structurii sale betonul nu poate fi obținut cu o compactitate de 100%, de aceea este considerat compact, convențional, atunci când porozitatea totală este de max. 5-7%. Pentru ca un beton să fie cât mai compact trebuie ca agregatele constitutive să aibă o granulozitate foarte bună, să aibă un raport A/C cât mai mic care să favorizeze o consistență cât mai bună, la preparare să se folosească aditivi plastifianți, iar punerea în lucrare să se execute prin mijloace de compactare adecvate urmată de o tratare corespunzătoare.

Figura 5.6. Reprezentare schematică a porilor în beton

c) **Densitatea aparentă** a betonului întărit se determină pe epruvete cubice, prismatice sau cilindrice, de dimensiuni standardizate, folosite ulterior la încercări mecanice și se calculează prin raportul dintre masa epruvetei și volum ei; se exprimă în kg/m^3 . Aceasta variază în timp, funcție de umiditatea mediului ambiant, de aceea se poate determina atât pe epruvete din beton uscate cât și pe epruvete cu o umiditate naturală.

d) Permeabilitatea la apă a betonului este exprimată prin gradul de impermeabilitate (P_n^x) (vezi modulul 1) și depinde de porozitatea acestuia; este influențată de tipul și dozajul de ciment, de agregate, de suprafața de contact dintre piatra de ciment și agregate, de condițiile de exploatare, de raportul A/C etc. Impermeabilitatea la apă poate fi îmbunătățită prin adăugarea de aditivi impermeabilizatori la obținerea betonului, dar și prin aplicarea de pelicule hidrofuge pe suprafața betonului întărit.

e) Rezistența la îngheț - dezgheț a betonului (rezistența la gelivitate, G) reprezintă aptitudinea acestuia de a rezista, fără a suferi deteriorări, variațiilor climatice, date în special de modificările de temperatură, care se produc în timpul exploatării lui. Se exprimă prin gradul de gelivitate G, determinat în condiții de laborator adică, prin numărul maxim de cicluri succesive de îngheț-dezgheț, din seria standard: G₅₀, G₁₀₀, G₁₅₀, pe care epruvetele din beton, saturate cu apă, le pot suporta fără ca rezistența la compresiune sau modulul de elasticitate dinamic să scadă cu mai mult de 25% respectiv 15% (vezi modulul 1).

Degradarea betonului datorită îngheț-dezghețului repetat este o consecință a structurii sale microporoase și microfisurate care permite pătrunderea apei și, în condițiile unor temperaturi negative, își mărește volumul cu cca. 9% dezvoltând eforturi ce depășesc rezistența la întindere a betonului. Rezistența la îngheț-dezgheț, depinde exclusiv de proprietățile betonului, prin sistemul de pori și capilare existent în structura acestuia care este în strânsă legătură cu proprietățile materialelor componente (ciment, agregate, aditivi), dar și de caracteristicile mediului înconjurător.

Pentru ca un beton să nu se deterioreze la cicluri de îngheț-dezgheț repetat trebuie să fie cât mai compact și impermeabil adică, să se obțină cu cimenturi unitare, bogate în C₃S și cu un conținut cât mai mic în C₃A, raportul A/C să fie cât mai mic, suficient pentru asigurarea unei consistențe, și cu agregate negelive. Pentru a crește rezistența la îngheț-dezgheț a betonului se utilizează aditivi antrenori de aer care creează pori fini, uniform distribuiți, ce întrerup capilarele și împiedică pătrunderea apei, reducând efectul presiunii capilare produse de cristalizarea apei.

f) Conductivitatea termică a betonului depinde de densitatea aparentă, de porozitate, de natura agregatelor, de umiditatea acestuia. Coeficientul de conductivitate termică, λ variază între 1,0-1,6 W/m·K.

g) Rezistențele mecanice

În timpul exploatării, elementele de construcții din beton sunt supuse la diferite solicitări: de compresiune, de întindere, de forfecare, de torsiune, de șoc. Astfel, atunci când se proiectează și se realizează un tip de beton comportarea acestuia, la astfel de solicitări, trebuie prevăzută prin rezistențe mecanice.

g₁) Rezistența la compresiune (R_c , f_c) este cea mai importantă caracteristică mecanică a betonului, prin intermediul căreia se apreciază calitatea unui beton; depinde, în primul rând, de totalitatea caracteristicilor betonului întărit, imprimate de structura evolutivă a betonului proaspăt dar și de alți factori cum ar fi: condițiile de încercare, viteza de încărcare, forma și dimensiunile epruvetelor, modul de confecționare și păstrare a epruvetelor etc. Se determină pe epruvete cubice, cilindrice, capete de prisme sau carote cilindrice (epruvete extrase din elementul de construcție) prin metode distructive cu ajutorul preselor hidraulice sau direct, *in situ*, prin metode nedistructive cum sunt metodele mecanice și cele acustice (vezi modulul 3).

Metoda distructivă de determinare a rezistenței la compresiune se bazează pe aplicarea unei solicitări continue și uniforme, pe întreaga suprafață a epruvetei, până la rupere (vezi modulul 2), urmată de calculul rezistenței, valoare care trebuie să fie comparabilă și reproductibilă. De aceea, încercarea se execută respectând cu strictețe condițiile impuse de standard.

Determinarea rezistenței la compresiune se face în două situații:

- i) Pentru a stabili clasa unui beton;
- ii) Pentru a verifica clasa betonului.

Atunci când se stabilește clasa betonului, rezistența la compresiune standard, determinată la 28 de zile de la turnare, se numește **rezistența caracteristică a betonului, f_{ck}** . Se determină pe cuburi cu latura de 150 mm (f_{ck-cub}) păstrate o zi (maxim 3 zile) în tipar și apoi, până la 28 de zile, sub apă sau în aer umed, cu o umiditate relativă de 95%, asupra cărora se aplică o forță o cu viteză de încărcare constantă, standardizată, exprimată în $N/mm^2 \cdot s$, perpendicular pe direcția de turnare a betonului, și/sau pe epruvete cilindrice (f_{ck-cil}), cu diametrul de 150 mm și înălțimea de 300 mm în aceleași condiții de încercare; rezultatele obținute se exprimă în N/mm^2 (MPa) (SR EN 12390-3/2009). Viteza de încărcare se alege în așa fel încât ruperea să se facă în 30 de secunde pentru a fi în concordanță cu evoluția deformațiilor în timp, iar solicitarea este perpendiculară pe direcția de turnare a betonului pentru ca valorile rezistențelor să fie minime, față de solicitarea în direcția turnării unde rezistențele sunt mai mari datorită unei compactări mai bune a betonului.

Fabricantul stabilește rezistența caracteristică a betonului pe baza a 35 de încercări, pe un beton prelevat într-o perioadă mai mare de trei luni, după care, continuă încercările pe perioada de producție pentru controlul de conformitate. Valorile rezistenței caracteristice f_{ck} sunt garantate cu o probabilitate de 95%, iar 5% din rezultate se pot situa sub f_{ck} . (vezi Materiale de Instalații, Lucrări de laborator, Lucrarea Nr. 4).

Determinarea rezistențelor la compresiune se poate efectua cu sau fără frecare între epruveta de beton, supusă solicitării, și platanul metalic al preseii hidraulice, așa cum rezultă din fig. 5.7.

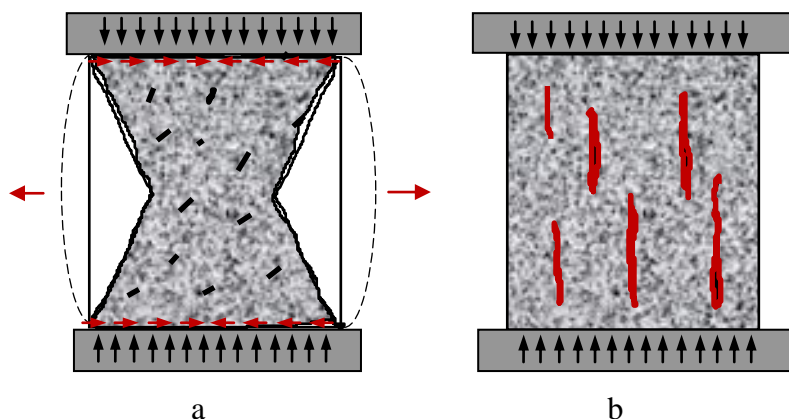


Figura 5.7. Determinarea rezistenței la compresiune a betonului pe epruvete cubice: a – cu frecare; b - fără frecare

În cazul solicitării cu frecare (fig. 5.7a) apar eforturi tangențiale, la suprafața de contact beton-platanul mașinii hidraulice, care împiedică deformațiile transversale ale epruvetei, măbind rezistența betonului. Ruperea se produce prin detașarea părților laterale ale epruvetei după unghiuri de 30-35° față de verticală.

În cazul solicitării fără frecare (fig. 5.7b) între suprafețele de contact, care se poate realiza prin ungere cu parafină, interpunere de foi de plumb, carton etc. se produc deformări transversale (umflare transversală) pe toată înălțimea epruvetei, iar ruperea se produce prin apariția de fisuri care sunt paralele cu direcția solicitărilor la compresie. În acest caz rezistența este mai mică deoarece valoarea forței este cu cca. 20% mai mică decât forța de la încercarea cu frecare.

În funcție de rezistența caracteristică betoanelor se clasifică în clase de rezistență la compresie (clasa betonului) așa cum rezultă din tabelul 5.9. și reprezintă principalul indicator de calitate al betonului.

Tabel 5.9. Clase de rezistență la compresie pentru betoane normale și betoane grele

Clase de rezistență la compresie	Rezistența caracteristică minimă pe epruvete cilindrice f_{ck-cil} , N/mm ²	Rezistența caracteristică minimă pe epruvete cubice f_{ck-cub} , N/mm ²
C8/10*	8	10
C12/15*	12	15
C16/20*	16	20
C20/25*	20	25
C25/30*	25	30
C30/37*	30	37
C35/45*	35	45
C40/50*	40	50
C45/55*	45	55
C50/60*	50	60
C55/67**	55	67
C60/75**	60	75
C70/85**	70	85
C80/95**	80	95
C90/105**	90	105
C100/115**	100	115

*Betoanele normale sunt considerate betoanele întărite cu densitatea aparentă, ρ_a cuprinsă între 2001 – 2600 kg/m³, iar betoanele grele sunt considerate betoanele cu $\rho_a > 2600$ kg/m³ (vezi tab.5.1).

**Betoanele de clasă superioară clasei C50/60 sunt considerate betoane de înaltă rezistență.

Clasa betonului este o valoare convențională a rezistenței caracteristice care trebuie luată în considerare la proiectare și trebuie realizată de betonul pus în lucrare. Se simbolizează cu litera **C** urmată de două numere separate printr-o linie oblică: primul număr reprezintă rezistența caracteristică minimă pe epruvete cilindrice, dată de fabricant, iar al doilea număr reprezintă rezistența caracteristică minimă pe epruvete cubice.

Pentru un beton de o anumită clasă, compoziția lui este acceptată dacă rezistența caracteristică medie, f_{cm} la 28 de zile, este superioară rezistenței caracteristice, f_{ck} cu o marjă de siguranță de minim 6 MPa: $f_{cm} \geq f_{ck} + 6$. Pentru stații de betoane mai puțin performante marja de siguranță trebuie să fie mai mare: $f_{cm} \geq f_{ck} + (10-12)$ (SR EN 12390-2/2009)

g_2) **Rezistența la întindere sau la tracțiune (f_t , R_t)** este cea mai mică dintre rezistențele mecanice ale betonului, depinde de clasa acestuia, iar față de rezistența la compresie este de ordinul:

$f_t = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{20}\right) \cdot f_c$. În cazul solicitării la compresiune porii și microfisurile din beton se închid, motiv pentru care numărul și distribuția lor nu afectează rezistența dar, afectează rezistența la tracțiune deoarece aceștia se deschid și se dezvoltă odată cu creșterea efortului. Din acest motiv elementele de construcție se armează cu armătură metalică.

Rezistența la tracțiune se poate determina direct, prin întindere axială, sau în mod indirect prin încovoiere sau prin despicare pe epruvete prismatice, cubice, pe fragmente de prisme sau pe cilindri (fig. 5.8). Deoarece rezistența la tracțiune prin întindere axială este mai greu de realizat, datorită dificultăților de centrare a forței, în practică se utilizează solicitarea la încovoiere sau la tracțiune din despicare.

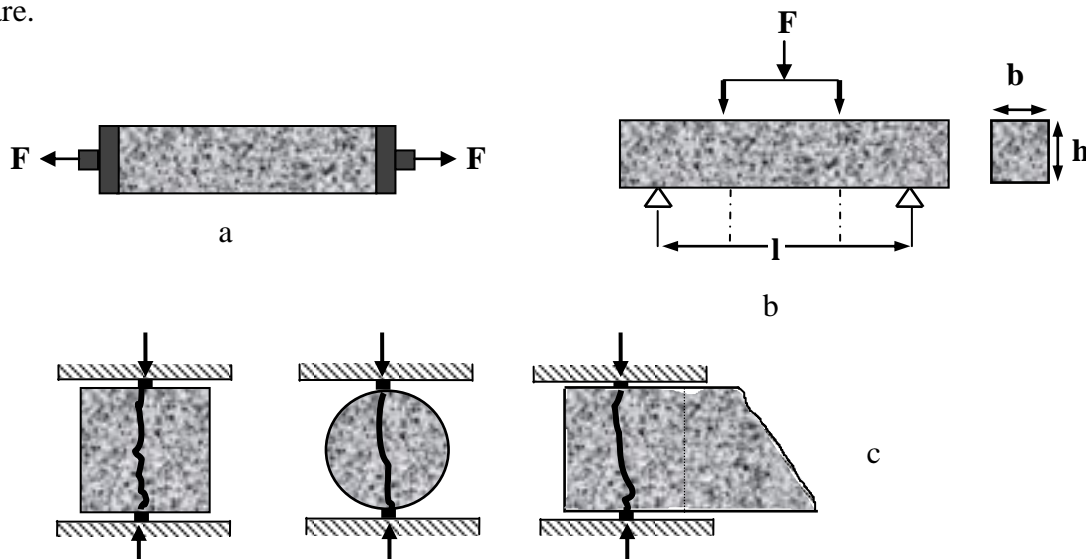


Figura 5.8 Determinarea rezistenței la tracțiune: a - din întindere axială; b - din încovoiere; c - din despicare

Rezistența la tracțiune din întindere axială f_t , se determină pe epruvete prismatice (fig. 5.8a) și se calculează ca raportul dintre forța maximă aplicată care produce ruperea epruvetei (F) și suprafața de rupere (S); se exprimă în MPa.

$$f_t = \frac{F}{S}, \text{MPa} \quad (5.11)$$

Rezistența la încovoiere f_i , conform SR EN 12390-5/2009, se determină prin solicitarea la încovoiere statică, pe epruvete prismatice de 150x150x600 mm, prin încărcare într-un punct (vezi modulul 2) sau prin încărcare în 2 puncte (fig. 5.8b), până la rupere, și se calculează cu relația:

$$f_i = \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}, \text{MPa} \quad (5.12)$$

unde: F – încărcarea maximă în N; l – distanța dintre reazeme în mm; b, h – lățimea și înălțimea secțiunii în mm.

Rezistența la tracțiune din despicare f_{td} , se determină pe epruvete cubice, cilindrice sau pe fragmente de prismă (fig. 5.8c) în care raportul lungime/diametru trebuie să fie cât mai aproape de 1

(SR EN 12390-6/2009). Solicitarea se efectuează prin intermediul unor benzi de fixare dure între epruvetă și plăcile prese hidraulice, pentru direcționarea forței, iar rezistența se calculează cu relația:

$$f_{td} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot A}, \text{ MPa} \quad (5.13)$$

unde: F - forța maximă la care a avut loc ruperea, în N; A - secțiunea pe care a acționat forța (150 x 150 mm), în mm²

Valorile rezistenței la tracțiune din despicare sunt mai apropiate de cele ale rezistenței la tracțiune din întindere axială decât cele ale rezistenței din încovoire.

g₃) Rezistența la oboseală, șoc și uzură

Deoarece betonul are o largă utilizare în domeniul construcțiilor acesta este supus la solicitări multiple și variabile, motiv pentru care trebuie să prezinte și rezistențe la oboseală, șoc și uzură. Rezistența la oboseală și uzură se determină, în special, prin încercări ciclice (vezi modulul 2). Prin proprietățile sale, betonul are o bună capacitate de a absorbi energia prin șoc și are o comportare la uzură corelată cu rezistența la compresiune, proprietățile agregatelor dar și a suprafețelor. Astfel, rezistențele la oboseală, șoc și uzură trebuie bine cunoscute atunci când betonul este utilizat la construcția de grinzi din beton armat, stâlpi, baraje, fundații pentru mașini, pardoseli industriale, îmbrăcămînți rutiere, piste de aterizare aeronave etc.

Bibliografie

1. A.M. Neville, *Proprietățile betonului, Ediția a IV-a*, Editura Tehnică, București 2003, ISBN 973-31-2059-6.
2. M. Popescu, C. Mitu, L. Meliță, *Materiale de Instalații – Lucrări de laborator*, Editura Conspress, București, 2012, ISBN 978-973-100-199-9.
3. Ion Robu, Maria Popescu, *Matériaux de Construction, 2*, Institut de Construction, Bucharest, 1993.
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. Maria Georgescu, Annemarie Puri, *Chimia Lianților Anorganici*, Editura Politehnica Press, București, 2004, ISBN 973-8449-71-5.
7. Maria Popescu, *Materiale de Construcții*, Institutul de Construcții București, 1990.
8. Ion Teoreanu, *Bazele tehnologiei lianților*, Editura Tehnică, București, 1975.
9. Alexandrina Simion, *Materiale de Construcție*, Vol. 1, UTCB multiplicare, 1997.



10. SR EN 12350-2/2009, Încercare pe beton proaspăt. Partea 2: Încercarea de tasare.
11. SR EN 12350-3/2009, Încercare pe beton proaspăt. Partea 3: Încercarea Vebe.
12. SR EN 12350-4/2009, Încercare pe beton proaspăt. Partea 4: Grad de compactare.
13. SR EN 12350-5/2009, Încercare pe beton proaspăt. Partea 5: Încercarea cu masa de răspândire.
14. SR EN 12350-7/2009, Încercare pe beton proaspăt. Partea 7: Conținut de aer. Metode prin presiune.
15. SR EN 12390-2/2009, Încercare pe beton întărit. Partea 2: Pregătirea și păstrarea epruvetelor pentru încercări de rezistență.
16. SR EN 12390-3/2009, Încercare pe beton întărit. Partea 3: Rezistența la compresiune a epruvetelor.
17. SR EN 12390-5/2009, Încercare pe beton întărit. Partea 5: Rezistența la încovoiere a epruvetelor.
18. SR EN 12390-6/20010, Încercare pe beton întărit. Partea 6: Rezistența la întindere prin despicare a epruvetelor.





Test de autoevaluare – MODULUL 5

Completați spațiile libere:

1. Cimentul aluminos, în urma amestecării cu apa, formează paste care se întăresc datorită reacțiilor chimice de hidratare - hidroliză ale constituenților mineralogici existenți, în principal a.....
2. Rezistențele mecanice ale cimentului aluminos au o viteză de evoluție în timp, datorită hidratării rapide a aluminaților de calciu.
3. Datorită prezenței Al_2O_3 (30-80%) în cimentul aluminos acesta are proprietăți
4. Betonul este un alcătuit dintr-un sistem polifazic de ciment, agregate (nisip, pietriș, piatră spartă), apă și aditivi.

Bifați căsuța corespunzătoare:

5. Metoda tasării este utilizată pentru determinarea consistenței betonului proaspăt.
Adevărat ☐ Fals ☐
6. Betonul întărit are aspectul unui conglomerat artificial (rocă artificială) cu bune proprietăți fizico-mecanice, rezistent la acțiunea mediului dar și a unor agenți chimici, este stabil și durabil.
Adevărat ☐ Fals ☐
7. Rezistența la întindere sau la tracțiune (R_t , f_t) este cea mai importantă caracteristică mecanică a betonului, prin intermediul căreia se apreciază calitatea unui beton.
Adevărat ☐ Fals ☐
8. Clasa betonului este o valoare convențională a rezistenței caracteristice care trebuie luată în considerare la proiectare și trebuie realizată de betonul pus în lucrare.
Adevărat ☐ Fals ☐





Răspunsuri

- 1. Aluminatul monocalcic (pag.2)**
- 2. Foarte mare (pag. 3)**
- 3. Refractare foarte bune (pag. 4)**
- 4. Material compozit (pag. 7)**
- 5. Adevărat (pag. 9)**
- 6. Adevărat (pag. 12)**
- 7. Fals (pag. 13)**
- 8. Adevărat (pag. 15)**

