

## BETOANE SPUMATE PE BAZĂ DE DEȘURI CALCAROASE

*N. Lupușor, Iu. Dohmilă*  
Universitatea Tehnică a Moldovei

### INTRODUCERE

Efectuarea cercetărilor complexe a proprietăților de rezistență și de compactare a betoanelor pe baza de reziduri calcaroase conține un diapazon mare de componente a betoanelor pe baza materialelor nominalizate. Aceste cercetări au evidențiat legitățile generale a proprietăților betoanelor în dependență de caracteristica structurii.

### 1. MATERII PRIME

Au fost studiate trei tipuri de betoane pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor:

- *beton pe baza particulelor mărunte*, în calitate de umplutură în beton se folosesc rezidurile de la concasarea calcarelor din Micăuți;
- *betoane carbonatice*, în care în calitate de agregat mășcat se folosește petriș de calcar din Micăuți, iar în calitate de agregat mărunț – rezidurile de la concasarea calcarului din aceeași carieră;
- *cheramizitobeton* pe baza prundișului și rezidurilor de la concasarea calcarelor.

În toate betoanele s-a folosit cimentul portlant de M 400 din Rîbnița. În calitate de material spumogen a fost utilizată rășina lemnoasă săponificată, care se obține în urma prelucrării lemnului și prezintă o substanță tensioactivă de suprafață. Rășina lemnoasă săponificată se mai utilizează în calitate de adaos plastifiant la producerea betoanelor și mortarelor. Ea prezintă o substanță viscoasă de o culoare gri închisă, iar la amestecarea cu apa după un anumit regim formează o spumă tehnică omogenă, destul de stabilă cu forma porilor închiși fiind folosită la producerea betoanelor spumate.

### 2. CALCULUL DOZAJULUI BETONULUI

În urma studiului efectuat s-a constatat că toate metodele existente nu pot fi adaptate la calculul dozajului betoanelor spumate pe baza deșeurilor industriale.

A fost elaborată o metodă nouă de calcul care conștră din următoarele stadii:

- Calculul consumului de material liant, kg

$$L = [\rho_B : K_c (1 + A/C)] * V \quad (1)$$

unde:  $\rho_B$  – densitatea betonului proiectată,  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $K_c$  – coeficientul de calitate a agregatelor, kg;  
 $A/C$  – raportul apă ciment.

- Calculul consumului de agregat, kg

$$A = L * C \quad (2)$$

unde:  $L$  – consumul de liant, kg;  
 $C$  – consumul cimentului, kg.

- Calculul consumului de apă, l

$$A = (L + A) * A/C \quad (3)$$

unde:  $L$  – consumul de liant, kg;  
 $A$  – consumul de apă, l;  
 $A/C$  – raportul apă ciment.

- Calculul consumului de spumă tehnică

$$S = I - \rho_B : K_c (W + A/C) \quad (4)$$

unde:  $\rho_B$  – densitatea betonului proiectată,  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $K_c$  – coeficientul de calitate a agregatelor, kg;  
 $A/C$  – raportul apă ciment.  
 $W$  – volumul absolut al 1 kg de amestec uscat.

### 3. STUDIUL CARACTERISTICILOR PRINCIPALE ALE BETOANELOR PE BAZA DEȘEURILOR CALCAROASE

S-a stabilit, că la concentrația petrei de ciment ( $c$ ) și raportul apă – ciment ( $W$ ) egale, cea mai mare valoare a  $R_c$  este la betoanele carbonatice, o rezistență mai mică o are betonul pe baza rezidurilor de calcar mărunte, cea mai mică rezistență o are cheramzitobetonul. Betonul pe bază de cheramzit posedă o rezistență mai mare, deoarece are o porozitate mai mică a zonei de

contact dintre piatra de ciment și agregat și din contul majorării rezistenței mecanice a granulelor calcaroase din contul îmbibării porilor de la suprafața lor cu pastă de ciment care după întărire mărește atât  $R_c$ .

Rezistența la încovoire s-a dovedit mai mare la betoanele pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor. Aceasta se lămurește prin aderarea mai bună în beton între peatra de ciment și agregat din cauza capacității mai mare de a reacționa din partea rezidurilor de la concasare mărunțită, decât la petrișul de calcar de fracția 10 – 20 mm.

Atrage atenția mărimea majorată a  $R_{ti}/R_c$  la betoabele studiate pe baza rezidurilor de calcar (ea s-a schimbat în limitele 0,15 - 0,20), în timpul când la betoanele grele ordinare această mărime constituie 0,05 – 0,10. Deaceia reese concluzia că betoanele pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor se poate de recomandat pentru folosirea în construcțiile ce lucrează la încovoire (grinzi, panouri etc.).

Pentru recomandarea betoanelor pe baza rezidurilor de la concasarea calcarului la utilizarea industrială este necesar de studiat amănunțit proprietățile lor specifice.

Practica construcției în republică a arătat că gelivitatea este o proprietate importantă, ce determină termenul de exploatare a construcțiilor.

Au fost studiate și comparate gelivitatea betoanelor pe baza rezidurilor de concasare a calcarelor cu gelivitatea betonului greu ordinar pe baza petrișului de granit.

Cum a fost menționat, concluzia obiectivă a superiorității după proprietăți a unui sau a altui beton se poate de făcut la compararea betoanelor cu caracteristici de structură egale : concentrația petrei de ciment ( $c$ ) și raportul apă-ciment a ei ( $W$ ). Această metodă de comparare a fost folosită de experiment.

A fost stabilit, că folosirea amestecurilor de beton vîscoase ( $W = 0,24$ ) gelivitatea betonului pe baza petrișului de granit este mai mare decât gelivitatea betoanelor pe baza rezidurilor de la concasarea calcarului, iar la  $W = 0,34 - 0,44$  (vîscoase și amestecuri de beton plastice, cel mai mult folosite în producerea articolelor de beton și beton armat) betonul pe baza rezidurilor de la concasarea calcarului depășește după gelivitatea betonului pe baza petrișului de granit.

Pentru lămurirea acestei dependenți a fost studiată porozitatea diferențială a betoanelor ce se compară pentru studierea porozității diferențiale a fost folosită metoda în trei etape de saturare a probelor de beton cu apă, ce dă posibilitatea de

împărțit porozitatea betoanelor din punct de vedere a gelivității în trei grupe :

- “pasivă”, ce nu influențează asupra gelivității;
- “periculoasă”, ce influențează brusc negativ asupra gelivității;
- “de rezervă”, influențează pozitiv asupra gelivității din cauza efectului “de amortizare”.

În toate probele studiate la gelivitate, înainte de încercarea lor au fost invedențiate trei grupe de pori. A fost stabilit că volumul porilor de grupa a doua în betoanele pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare la  $W = 0,24$  este mai mare ca în betonul pe baza granitului, iar la  $W = 0,34... 0,44$  - mai mic, ceea ce lămurește gelivitatea ridicată a betoanelor pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare, pregătite din amestecuri plastice și vîscoase temperat.

A fost stabilit, că dilatarea termică maximală a betoanelor pe baza rezidurilor de calcar concasat la înghețul componentilor acestui beton (calcar și peatră de ciment) practic sunt egale. Aceasta indică compatibilitatea termică a rezidurilor de la concasarea și a pietrei de ciment și, deci, se poate de prognozat cu siguranță gelivitatea înaltă a betoanelor pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare.

A fost stabilit, că impermeabilitatea betoanelor pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare s-a dovedit a fi mai mare ca impermeabilitatea betoanelor pe baza petrișului de granit.

Aceasta se lămurește prin aceea că, rezidurile calcaroase de la concasare absorb excesul de apă, ce se crează în zona contactului între piatra de ciment și agregat, contribuind astfel la micșorarea cantității și mărimii capilarelor de proveniență sedimentară – căile principale de filtrare a apei prin beton.

A fost determinat, calitatea porilor intercomicanțai în betonul pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare este mai bună decât în betoanele pe baza petrișului de granit. În primul rînd, porii în primul beton în masa sa sunt mai mărunți. De exemplu, la  $W = 0,34$ , porii cei mai mărunți cu diametrul 1 mkm în betoanele cu granit - 20% , iar pe baza rezidurilor de la concasarea – 35%. În al doilea rînd, și asta este principalul, în betoanele cu pietriș de granit sunt considerabil mai mari diametrele porilor, prin care se filtrează apa. De exemplu, diametrele maximale a acestor porii în betoanele cu pietriș de granit cu același  $W = 0,34$  constituie 28 mkm, iar în betoanele pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare acestea sunt practic de două ori mai mici – 16 mkm. Această analiză a porozității betoanelor pe baza rezidurilor

de la concasarea calcaroasă lămurește superioritatea betoanelor pe baza rezidurilor calcaroase de la concasare din punct de vedere a impermeabilității față de betoanele tradiționale cu petriș de granit.

În legătura cu faptul că, în apele naturale ale Moldovei se referă la puternic mineralizate (concentrația ionilor de sulfat în ele ajunge pînă la 2000mg la litru), cercetarea rezistenței sulfurice a betoanelor prezintă o problemă foarte actuală. Deaceia a fost studiată rezistența sulfurică a betoanelor pe baza rezidurilor de calcar concasat.

A fost stabilit, că odată cu mărirea rezistenței sulfurice a betoanelor cu reziduri calcaroase de la concasare, atît și pe baza petrișului de granit crește considerabil. Concluzia este neobișnuită, dacă de luat în considerație, că cu creșterea C în beton, firesc, crește volumul de hidroaluminat de calciu și volumul general al porilor și rezultă creșterea cantității mediului agresiv (a ionilor  $SO_4$ ), ce au pătruns în beton. Unicul rezultat pozitiv ca fapt de la mărirea C este micșorarea volumului porilor din zona de contact dintre piatra de ciment și agregat. Probabil această micșorare ca efect pozitiv domină și de aceea asigură o ridicare a rezistenței sulfurice a betoanelor.

În afară de aceasta, este stabilit, că rezistența sulfurică a betoanelor cu reziduri calcaroase de la concasare este mai înaltă decît rezistența sulfurică a betoanelor cu granit. Se lămurește aceasta prin diferența în cantitate și calitate a porilor din zona de contact în betoanele ce se compară. În betoanele pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor, cum sa menționat în cadrul studierii gelivității și impermeabilității, porozitatea zonei de contact este mai mică și mai mărunță, decît la betoanele pe granit.

Deaceia betoanele pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor se poate de folosit pentru executarea construcțiilor, ce lucrează în contact cu apele de sol, puternic mineralizate, adică pentru elementele construcțiilor subterane.

Complexul de cercetări executate asupra proprietăților betoanelor pe baza rezidurilor de la concasarea calcarelor (gelivitatea, impermeabilitatea, rezistența sulfurică, rezistența la fisurare) a permis de rezolvat problema influenței acestor proprietăți asupra elaborării componenței betoanelor.

Interacțiunea dintre ciment și microîmplutura de calcar a fost studiată de un șir de cercetători. Au fost studiate formațiunile noi de la interacțiunea  $CaCO_3$  și var nestins, ce se degajă la hidratarea cimentului. Au fost cercetate interacțiunea între  $CaCO_3$  și componenții portlandcimentului.

Un mare aport în rezolvarea problemei interacțiunii între carbonat de calciu și unii componenți ai cimentului au adus savanții P.P. Budnicov, V.M.Kalbasov și A.S.Pantelev. S-au sintetizat minerale de ciment ce conțin aluminiu: aluminatul tricalcic  $3CaO \cdot Al_2O_3$  (C3A) și tetraalumoferit  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$  (Ca4AF) și s-a introdus în ei diferite microîmpluturi calcaroase. Pentru comparare s-a introdus deasemenea agregat mărunț din cuarț.

Cu ajutorul analizei termice, rentghenografice și petrografice sa stabilit, că "... agregatul mărunț de calcar nu este un adaos inert. În procesul hidratării el intră în interacțiune chimică cu mineralele ce conțin aluminiu a clincherului de portland – ciment. În rezultatul acestei interacțiuni în produsele hidratării apare o fază nouă, care pe baza constantelor optice și rentghenostructurale a fost identificată ca carboaluminat de calciu  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ ".

Acelaș compus a fost găsit de un șir de cercetători (G.Bessei, G.Ferran, R.Terriciani, G.Sippa, E. Karlson) în alte condiții.

Este caracteristic, că agregatul de cuarț indrodus de aceiaș dispersitate, ca și carbonatic, nu influențează simțitor hidratării C3A și C4AF la întărirea în condiții normale.

Schimbarea componenței de fază a noilor formațiuni, ce apar la hidratarea mineralelor clincherului C3A și C4AF în prezența agregatelor mărunte este cauza scimbării calităților fizico – mecanice a lor. Probele din C3A pur posedă o rezistență neînsemnată. Întroducearea agregatelor mărunte de calcar măresc de mai multe ori rezistența acestui mineral. Ele în majoritatea cazurilor ridică rezistența și a C4AF, în acelaș timp agregatul mărunț de cuarț micșorează rezistența. O rezistență înaltă capătă agregatele mărunte de calcar și cu alte minerale a clincherului de ciment. Bunăoară alitul cu agregat mărunț de calcar ne dă o rezistență de 2 ori mai mare, decît cu cuarțul. Rezultate ceva mai bune ne dă calcarul și în cazul cu C2S. Pe baza experiențelor sa făcut concluzia a interacțiunii cristalochimice dintre  $CaCO_3$  și C3S, ce se exprimă în concreșterea acestor minerale ca rezultat a asemănării lor chimice și a parametrilor rețelelor cristaline.

În așa mod, agregatul de calcar după indicii de rezistență în amestecurile de ciment are o superioritate clară față de cuarț.

Betonul nu mai ce pregătit pe baza petrișului calcaros prezintă un corp capilar – poros, compus din agregatul poros și amestecului de ciment. Granulele agregatului poros, ce posedă capacitatea de a absoarbe apa, iau apa din amestecul

de ciment, în rezultat, ultimul după contact cu agregatul se compactează. În procesul întăririi de mai departe apa, acumulată de granulele agregatului, din nou se cedează pietrei de ciment, ce deasemenea pozitiv influențează la formarea rezistenței lui.

La proiectarea compoziției betoanelor obișnuite ca o caracteristică de bază se ia raportul apă – ciment, de la care depinde rezistența betonului. Pentru betoanele ușoare pe baza agregatelor poroase raportul apă – ciment determinat în mod obișnuit este convențional, deoarece o parte importantă de apă din amestecul de beton se absoarbe de agregat. În acest caz la compararea betoanelor ușoare pe baza diferitor agregate este mai bine de folosit A/C “reală”, egală:

$$\frac{Ar}{C} = \frac{A - Au}{C} \quad (1)$$

unde A – cantitatea de apă, ce este introdus în amestec;

Au – cantitatea de apă ce merge la umectarea agregatului;

C – cantitatea de ciment

Dar de determinat A/C “reală” este destul de greu, deoarece cantitatea de apă, ce merge la umectarea granulelor agregatului, depinde nu numai de propria umiditate, porozitate, dimensiunii fracției, etc., dar deasemenea de timpul ținerii amestecului înainte de distribuire. Pe parcursul acestei perioade de timp are loc absorbția de apă de către agregat și A/C “reală” se micșorează, provocând micșorarea mobilității amestecului.

Acest fapt trebuie de luat în considerație la pregătirea betoanelor calcaroase pentru ca ele să posedă în momentul distribuirii mobilitatea necesară, iar la proiectarea compoziției betoanelor de folosit raportul apă – ciment convențional.

Rezistența betonului în mare măsură se determină de rezistența agregatului inițială. În majoritatea cazurilor rezistența betoanelor pe baza calcarelor de rezistență mică și mijlocie se primește mai înaltă, iar pentru calcarele dure egală sau mai mică decât rezistența agregatului. Pe baza cercetărilor prof. M.A.Iakubovici se poate calcula dependența orientativă între rezistența pietrei (R1) și a betonului (Rb):

- Pentru calcarele cu  $R1 = 100\text{kg/cm}^2$  și consum de ciment  $250 - 300\text{kg/m}^3$

$$Rb = (1,0 : 1,5) * R1 \quad (2)$$

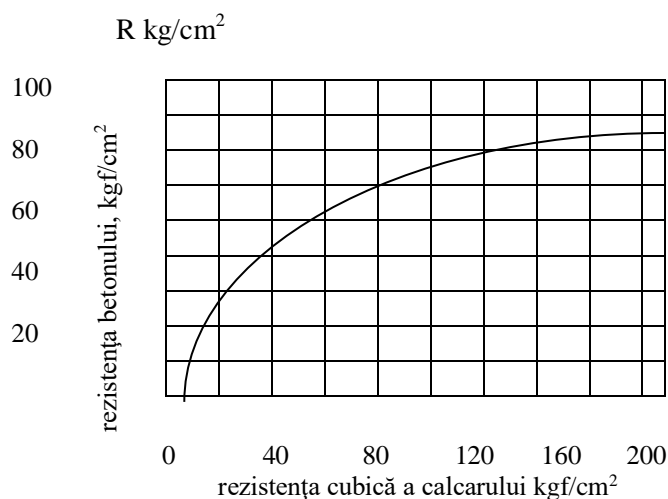
- Pentru calcarele cu  $R1 \approx 200\text{kg/cm}^2$

$$Rb = 0,6 * R1 \quad (3)$$

- Pentru betoanele pe baza calcarelor cu o rezistență mică de marca 7 – 15:

$$Rb = (2 : 4) R1 \quad (4)$$

În figură este prezentat graficul dependenței  $Rb = f(R1)$  pentru betoane pe baza calcarelor de diferită rezistență la consum de ciment circa  $200\text{kg/m}^3$ .



**Figura 1.** Dependența între rezistența betonului și rezistența agregatului de calcar poros

## CONCLUZII

Cercetările efectuate dau posibilitatea de a obține materiale de construcție pentru îngrădire cu proprietăți performante din punct de vedere atât a rezistențelor mecanice, cât și privind problema conservării energiei termice. Tot odată este rezolvată problema materiei prime prin utilizarea materialelor autohtone și deșeurilor industriale (deșeuri de la prelucrarea calcarului).

## Bibliografie

1. *Tarnovschii, C.I. Utilizarea materialelor în industria de construcții. Chișinău. Cartea Moldovenească, 1986, 127 p.*
2. *STAS 13580-85. Tălpi din beton armat ale fundațiilor continue. Prescripții tehnice.*
3. *Beženov Ū. M. Tehnologiâ betona., Moskva, 1978.*
4. *STAS 4001-84. Pietre de perete din roci naturale. Prescripții tehnice.*
5. *STAS 13579-78. Blocuri din beton pentru pereții subsolurilor. Prescripții tehnice.*

Recomandat spre publicare: 24.10.2007