

## STUDIUL ANALITIC AL PROCESELOR DE EVACUARE A SURPLUSULUI DE APĂ DIN AMESTECURI DE BETON PRIN VACUUMARE

V. Toporeț, A. Râșcovi, N. Ovcearenco, Iu. Moiseev  
Universitatea Tehnică a Moldovei

### INTRODUCERE

Construcția contemporană a determinat o creștere intensivă a volumului de executare a clădirilor și edificiilor din beton armat monolit. La realizarea construcțiilor de acest gen sunt aplicate tehnologii tradiționale de punere în operă și compactare a amestecurilor de beton, tehnologii, care nu asigură în fiecare caz exigențele privind calitatea construcțiilor, în primul rând, omogenitatea structurii betonului, impermeabilitatea, proprietățile deformative și de rezistență ale materialului etc.

Analiza realizărilor în acest domeniu demonstrează utilitatea aplicării tehnologiei de vacuumare, în scopul evacuării surplusului de apă și a amestecului de aburi-aer, precum și al compactării statice a betonului proaspăt turnat sub acțiunea presiunii vacuummetrice ( $P_v$ ).

În scopul determinării factorilor tehnologici, care condiționează evacuarea surplusului de apă, au fost examinate procesele fizice ce au loc la tratarea cu vacuum a betonului proaspăt turnat.

### 1. PREMISE TEORETICE PRIVIND TRATAREA CU VACUUM A AMESTECURILOR DE BETON

Amestecul de beton, în condiții normale, reprezintă un sistem trifazic, constituit din pastă consistentă de ciment, străpunsă de pori și capilare umplute cu apă și amestec de aburi-aer și agregate solide (piatră spartă, prundiș, nisip etc.) suspendate în pastă.

Dacă nu se vor lua în evidență forțele electrocinetice, atunci lichidul inclus în capilare va suporta acțiunile forțelor de aderență capilară,  $R$  și ale tensiunii superficiale a lichidului,  $\sigma$  (fig. 1).

Evacuarea surplusului de apă, precum și al amestecului de aburi-aer, conținut în pori și capilare, este posibilă în rezultatul dereglării stării de echilibru al lor prin reducerea forțelor de aderență capilară a lichidului.

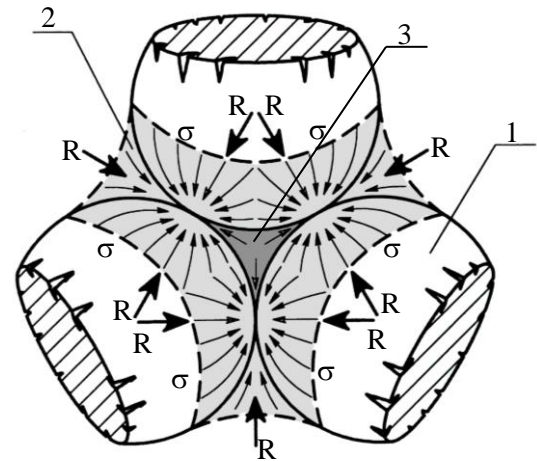


Figura 1. Schema de principiu de formare a porilor și capilarelor în amestecul de beton: 1 – granule de nisip; 2 – inele de apă; 3 – capilar.

În baza legii clasice a lui Laplaas, care specifică dependența dintre forțele  $R$  și  $\sigma$  (1), rezultă că valoarea  $R$  este invers proporțională cu diametrul porilor și al capilarelor:

$$R = \sigma \cdot \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (1)$$

unde  $R$  – forța de aderență capilară a lichidului, N/m<sup>2</sup>;

$\sigma$  – tensiunea superficială a lichidului, N/m;

$r_1$  și  $r_2$  – razele curbilor suprafețelor, care delimitează lichidul inclus în pori în două direcții reciproc perpendiculare, m.

Reieșind din cele menționate, forța de aderență capilară a lichidului poate fi micșorată în urma reducerii conținutului de nisip de fracții pulverulente, ce va exclude formarea unei rețele dense de pori și capilare fine.

Alt factor care condiționează reducerea valorii  $R$ , este presiunea vacuumetrică răspândită în masa amestecului de beton în timpul vacuumării, fapt evident la examinarea modelului fizic al procesului de vacuumare a betonului proaspăt turnat (fig. 2).

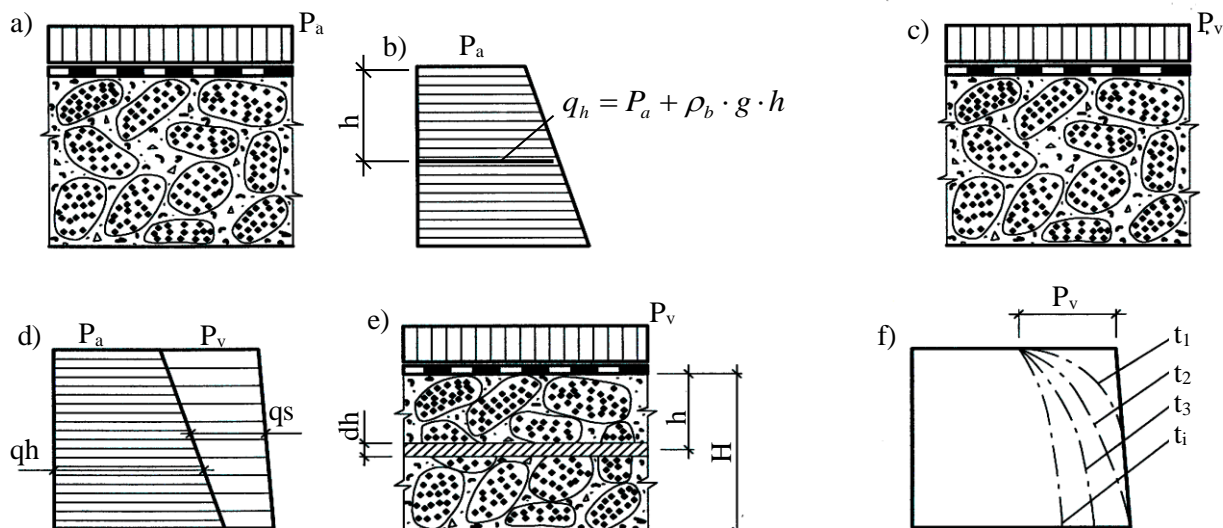


Figura 2. Modelul fizic al procesului de vacuumare a betonului proaspăt turnat.

La faza inițială (fig. 2,b), presiunea hidrostatică ( $q_h$ ) a stratului de amestec de beton de grosime  $h$  va fi:

$$q_h = P_a + \rho_b \cdot g \cdot h, \quad (2)$$

unde:  $P_a$  este presiunea atmosferică, MPa;

$\rho_b$  – densitatea amestecului de beton,  $\text{kg/m}^3$ ;

$g$  – accelerația căderii libere,  $\text{m/s}^2$ ;

$h$  – grosimea stratului de amestec de beton, m.

Dacă în utilajul de vacuumat (cofraj vacuumetric) se va forma vid, atunci amestecul de beton va solicita forța hidrostatică  $q_h$  și forța statică  $q_s$  (fig. 2.c, d).

Acțiunea statică,  $q_s$  a vacuumcofrajului condiționează tasarea straturilor amestecului de beton (fig. 2,e), diminuarea valorii  $q_h$  în rezultatul evacuării unei cantități de apă și majorarea în aceeași măsură a valorii  $q_s$  (figura 2,f).

Redistribuirea presiunilor  $q_h$  și  $q_s$  în stratul elementar  $dh$  la distanța  $h$  de la vacuumcofraj (fig. 2,e) poate fi prezentată prin relația:

$$\frac{\partial q_h}{\partial h} = -\frac{\partial q_s}{\partial h} \text{ sau } \frac{\partial^2 q_h}{\partial h^2} = -\frac{\partial^2 q_s}{\partial h^2}. \quad (3)$$

În baza legii lui Darsi privind curgerea lichidelor în capilare, cantitatea de apă deplasată sub acțiunea gradientului de presiune, va fi egală:

$$Q = k_f \frac{1}{g \cdot \rho_w} \cdot J, \quad (4)$$

unde:  $k_f$  este coeficientul de filtrație a materialului, m/s;

$J$  – gradientul de presiune;

$\rho_w$  – densitatea apei,  $\text{kg/m}^3$ .

Substituind în (4) valoarea gradientului  $J$  din (3) se va obține:

$$Q = -k_f \frac{1}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial q_h}{\partial h} = k_f \frac{1}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial q_s}{\partial h}. \quad (5)$$

Luând în considerare, că prin stratul elementar  $dh$  în timpul  $dt$  se va deplasa toată apa evacuată din stratul inferior de grosime  $H-h$ , adică:

$$\frac{\partial q_h}{\partial h} \cdot dh \cdot dt. \quad (6)$$

atunci viteza fluxului lichidului aspirat poate fi determinată prin următoarea relație:

$$k_f \frac{1}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial^2 q_h}{\partial h^2} \cdot dh \cdot dt = -k_f \frac{1}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial^2 q_s}{\partial h^2} \cdot dh \cdot dt. \quad (7)$$

Presupunem că grosimea stratului elementar  $dh$  în procesul vacuumării în timpul  $dt$  se va micșora proporțional cu creșterea presiunii statice,  $q_s$  ce poate fi descrisă prin relația:

$$\frac{\partial(\partial h)}{\partial t} dt = \frac{1}{E_u} \frac{\partial q_s}{\partial t} dh \cdot dt, \quad (8)$$

unde  $E_u$  este modulul de elasticitate al amestecului de beton.

Atunci, ținând cont de (3), volumul stratului elementar se micșorează cu volumul apei evacuate

din el în procesul vacuumării. Reieșind din cele menționate și egalând (7) și (8), vom obține valorile presiunii hidrostatice și presiunii de compactare (presiunii statice,  $q_s$ ), respectiv:

$$\frac{\partial q_h}{\partial t} = k_f \frac{E_u}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial^2 q_h}{\partial h^2} \quad (9)$$

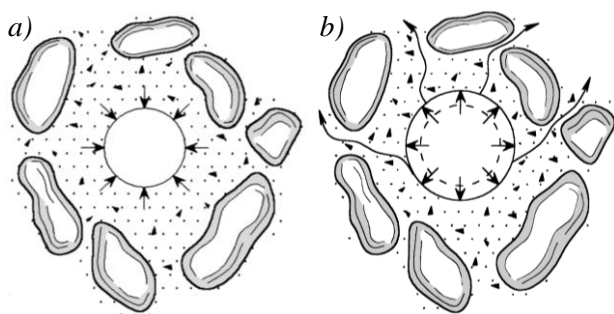
$$\frac{\partial q_s}{\partial t} = k_f \frac{E_u}{g \cdot \rho_w} \cdot \frac{\partial^2 q_s}{\partial h^2} \quad (10)$$

Soluționarea (9) și (10) confirmă rezultatele încercărilor de laborator, în urma cărora s-a constatat, că evacuarea surplusului de apă depinde de coeficientul de filtrație al betonului proaspăt turnat  $k_f$ , implicit, de modulul de elasticitate  $E_u$  al amestecului de beton și de gradul de rarefiere în masa betonului.

## 2. INFLUENȚA AMESTECULUI ABURI-AER INCLUS ÎN BETONUL PROASPĂT TURNAT ASUPRA PROCESULUI DE EVACUARE A SURPLUSULUI DE APĂ

Bulele de amestec de aburi-aer antrenate în amestecul de beton în procesul preparării și punerii în operă suportă acțiuni din partea agregatelor solide și a presiunii hidrostatice a pastei de ciment.

Deoarece sistemul polidispers se află în stare de echilibru, amestecul de beton, la rândul său, suportă acțiuni echivalente ale presiunii bulelor de amestec de aburi-aer (fig. 3,a).



**Figura 3.** Dinamica dilatației bulei de aer. a – starea de echilibru (până la vacuumare); b – în procesul vacuumării.

În procesul vacuumării, presiunea hidrostatică a amestecului de beton, în corespundere cu mecanismul sedimentării forțate a agregatelor

solide (sub acțiunea presiunii cofrajului vacuumetric) se reduce cu valoarea  $q_s$  (fig. 2,d). În același timp, bulele de aburi-aer sunt supuse dilatațiilor, pentru a-și compensa excesul de presiune. Fiind imposibilă expansiunea agregatelor și a pastei de ciment, dilatația bulelor poate fi compensată numai prin eliminarea din pori și capilare a unei cantități echivalente de apă (fig. 3,b). Evoluția procesului de vacuumare condiționează atât creșterea presiunii în bule, cât și reducerea diametrelor porilor și capilarelor, care, în condițiile date, servesc drept artere pentru evacuarea spre sursa de vid a surplusului de apă care se conține în amestecul de beton. Totodată, excesul de presiune în bule poate atinge valori, care vor condiționa dispersarea lor în bule fine, acestea fiind antrenate în procesul de evacuare împreună cu surplusul de apă.

## CONCLUZII

Studiul analitic al proceselor fizice care au loc decurg în betonul proaspăt turnat, tratat prin vid, a evidențiat factorii tehnologici, care influențează asupra procesului de evacuare a surplusului de apă și a amestecului de aburi-aer, și anume: presiunea vacuumetrică, durata tratării cu vid, precum și componența amestecului de beton. Rezultatele cercetărilor analitice au fost confirmate prin cercetările de laborator, în rezultatul cărora au fost determinate valorile optime ale factorilor tehnologici nominalizați.

Încercările experimentale au demonstrat că formarea structurii materialului se petrece în strânsă legătură cu procesele deformative ce au loc în procesul vacuumării și anume: cu cât mai uniform va fi distribuită în masa betonului presiunea vacuumetrică și cu cât mai mare va fi volumul de apă evacuat, cu atât porozitatea materialului va fi mai mică și mai uniform distribuită în volumul betonului vacuumat.

## Bibliografie

1. Кухлинг Х. Справочник по физике. Москва: Мир, 1985.
2. Большаков В. А. Справочник по гидравлике. Киев.: Вища школа, 1984.
3. Гегузин Я. Е. Пузыри. Москва: Наука 1985.