

ДИСПЕРСНОАРМОВАНІ НІЗДРЮВАТІ БЕТОНИ ДЛЯ ВЕЛИКОРОЗМІРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Лаповська С.Д.

ДП Науково-дослідний інститут будівельних матеріалів та виробів
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В роботі представлено результати досліджень з розробки складів автоклавних газобетонів для виробництва великорозмірних конструкцій з покращеними експлуатаційними властивостями за рахунок дисперсного армування бетону целюлозними волокнами., що працюють на розтяг при згині.

АННОТАЦИЯ: В работе представлены результаты исследований по разработке составов автоклавных газобетонов для производства крупноразмерных конструкций с улучшенными эксплуатационными свойствами, работающих на растяжение при изгибе, за счет дисперсного армирования бетона целлюлозными волокнами.

ABSTRACT: The results of studies on the development of compounds for the production of autoclaved aerated concrete large-scale designs with improved performance characteristics, working tensile bending, through the reinforcement of concrete dispersed cellulose fibers.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Автоклавні газобетони, дисперсне армування, целюлозні волокна.

Що необхідно для влаштування комфортного житлового приміщення? Воно повинно бути частиною будинку, що побудовано з ефективних матеріалів, які дають можливість створити комфортні умови проживання, а також знизити витрати на його утримання. І якщо останнім часом все більший сегмент на будівельному ринку займають ніздрюваті бетони, які використовують для влаштування огорожуючих конструкцій - стін, то великорозмірні вироби, такі як панелі перекриття та покриття, плити різного призначення застосовують як і раніше з важкого залізобетону. Це значно погіршує енергоефективність будинку зі стінами з ніздрюватих бетонів.

Для вирішення задачі щодо виготовлення великорозмірних виробів з ніздрюватих бетонів, насамперед з автоклавного газобетону, актуальним є питання стабілізації основних властивостей матеріалу, таких як міцність та середня густина, підвищення опору розтягуючим напруженням, підвищення тріщиностійкості, виключення усадкових явищ та зниження крихкості матеріалу.

Успішне вирішення цієї задачі потребує подальшого поглиблення знань про складні процеси, що обумовлюють формування структури та фізико-механічних властивостей ніздрюватих фібробетонів, про їхній взаємозв'язок зі станом вихідних матеріалів, складами та технологічним процесом отримання виробів.

Для вирішення цієї проблеми в НДІБМВ була виконана науково-дослідна робота «Дослідження та розробка технологічних параметрів виробництва фібробетону», Н-7/202-10 (ДР №01110U004652).

Особливості структури газобетонів обумовлюють анізотропність властивостей і крихкий характер їхнього руйнування. Відомо, що розвиток тріщин в матеріалах під дією навантажень відбувається у тому випадку, коли енергії, що вивільняється при зменшенні пружної деформації, достатньо для утворення нової поверхні розриву. Таким чином, підвищення в'язкості руйнування пов'язано зі створенням на шляху утворення тріщин енергетичних бар'єрів у вигляді об'ємів матеріалу, здатного до пластичного деформування.

Відомо, що введення скляної, полімерної або азбестової арматури, хаотично розташованої в об'ємі щільної складової фіброгазобетону, створює в цьому об'ємі зони, здатність яких до пластичних деформацій значно вища, ніж у неармованого аналога. Тим самим формується структура матеріалу, в якому за рахунок високоміцних високомодульних волокнистих включень можливе гальмування або повна зупинка зростаючих тріщин.

В зв'язку з сильно вираженим лужним середовищем цементної матриці ніздрюватого бетону основними критеріями, що визначають можливість використання штучних волокнистих матеріалів для армування ніздрюватого бетону є лугостійкість та схильність до вилуговування [1, 2]. Наявність іонів лужних металів – калію K^+ та Na^{2+} - визначає лугостійкість та схильність до вилуговування матеріалу, оскільки вони здатні заміщатися іонами Ca^{2+} перебуваючи в середовищі насиченої кальцієвої складової – портландцементу в стадії тверднення.

Дані хімічного аналізу целюлозних волокон (стійкі в середовищах з рівнем рН від 4 до 12) та аналіз фізико-механічних характеристик целюлозних волокон показують, що целюлозні волокна придатні для покращення властивостей традиційного газобетону і при цьому мають ряд переваг перед іншими видами фібр, оскільки можуть бути отримані з техногенних відходів та мають значно нижчу вартість, а також витримують температури до $300^{\circ}C$.

Для армування ніздрюватих бетонів можуть використовуватись волокна різноманітного діаметра від 1 мкм до 100 мкм, однак при розробці та отриманні ніздрюватих бетонів зі зміцнюючим дисперсним армуванням, крім діаметра волокна також необхідно враховувати і довжину.

Закон сталості об'ємного фазового складу дисперсних систем:

$$K_{T_1} + K_{Ж_1} + K_{Г_1} = K_{T_2} + K_{Ж_2} + K_{Г_2} = I, \quad (1)$$

де K_{T_1} , $K_{Ж_1}$, $K_{Г_1}$ – відповідно об'ємні концентрації твердої, рідкої та газової фаз у вихідному стані системи цемент-вода;

K_{T_2} , $K_{Ж_2}$, $K_{Г_2}$ – об'ємні концентрації твердої, рідкої та газової фаз у проміжному або кінцевому стані системи.

При проектуванні складу ніздрюватих бетонів з використанням дисперсного армування довжину волокна можна підібрати на основі закономірностей, які виражаються математично наступними формулами:

$$K_{T_2} = \frac{\rho_{сб} \left(1 - 0,1 \frac{B}{T} \right)}{\rho_i} \quad (2)$$

$$K_{Ж_2} = \frac{B}{T} \cdot \frac{\rho_{сб}}{\rho_{жс}} \quad (3)$$

$$K_{Г_2} = 1 - (K_{T_2} + K_{Ж_2}) \quad (4)$$

$$m_{и} = K_{T_2} \cdot \rho_i \quad (5)$$

Залежність довжини волокна від структурних характеристик ніздрюватого бетону виражається математично наступними формулами:

$$L_{e(\min)} = R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \quad (6)$$

$$L_e = 4 \left(R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \right) \quad (7)$$

$$L_e = 2 \left(R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \right) \quad (8)$$

$$L_e = 5 \left(R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \right) \quad (9)$$

$$L_e = 3 \left(R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \right) \quad (10)$$

$$L_e = 6 \left(R_n + \frac{\delta_{пер}}{2} \right) \quad (11)$$

де L_v - довжина волокна, мм;

$\delta_{пер}$ - товщина міжпорової перегородки ніздрюватого бетону; залежно від середньої густини вона може бути в межах $=0,1 \dots 0,2$ мм;

R_n - середній радіус пор, мм, $R_n = 0,5-1,5$ мм.

Так, якщо прийняти $\delta_{пер} = 0,2$ мм і $R_n = 1$ мм, тоді мінімальна довжина волокна буде:

$$L_{e(\min)} = 1 + \frac{0,2}{2} = 1,1 \text{ мм} \quad (12)$$

Теоретично, коли насичення дисперсної арматури забезпечить створення в суміші простих агрегатних утворень, її в'язко-пластичні властивості повинні змінюватися. Однак встановлено, що насичення фіброю додатково впливає на експлуатаційні властивості бетонів до тих пір, поки утворюються комкові включення (іжаки).

Межа насичення системи дисперсною арматурою знаходиться в інтервалі утворення первинної структури μ^1 до порогу однорідності бетонної суміші μ^{11} . Розрахунок порогу однорідності розподілення фібри в сумішах проводиться по рівнянню:

$$\mu^{11} = k(L/d)\mu^1 \left(\frac{V}{\Pi} - 0,2 \right), \quad (13)$$

де k - коефіцієнт, який враховує швидкість N руху робочого органу в змішувальному агрегаті (при $N=500 \text{ хв}^{-1}$ $k=0,1$; при $N=750 \text{ хв}^{-1}$ $k=0,11$; при $N=1000 \text{ хв}^{-1}$ $k=0,13$);

L - довжина волокна;

d - діаметр волокна.

Виходячи з цього та враховуючи властивості самих волокон, а саме пластичність, довжина волокон може складати від 1,1 мм до 6,6 мм. Крім того, на довжину волокон впливає радіус пор. При цьому, перебуваючи на будь-якому рівні армування при будь-якій довжині волокон, вони не пронизують пори, а проходять по міжпорових перегородках. Особливо це спостерігається при поризації газобетонної суміші, коли відбувається розсування суміші газовими порами та розділення її на міжпорові перегородки. На рис. 1 наведено схему розташування волокон в міжпорових перегородках ніздрюватого бетону.

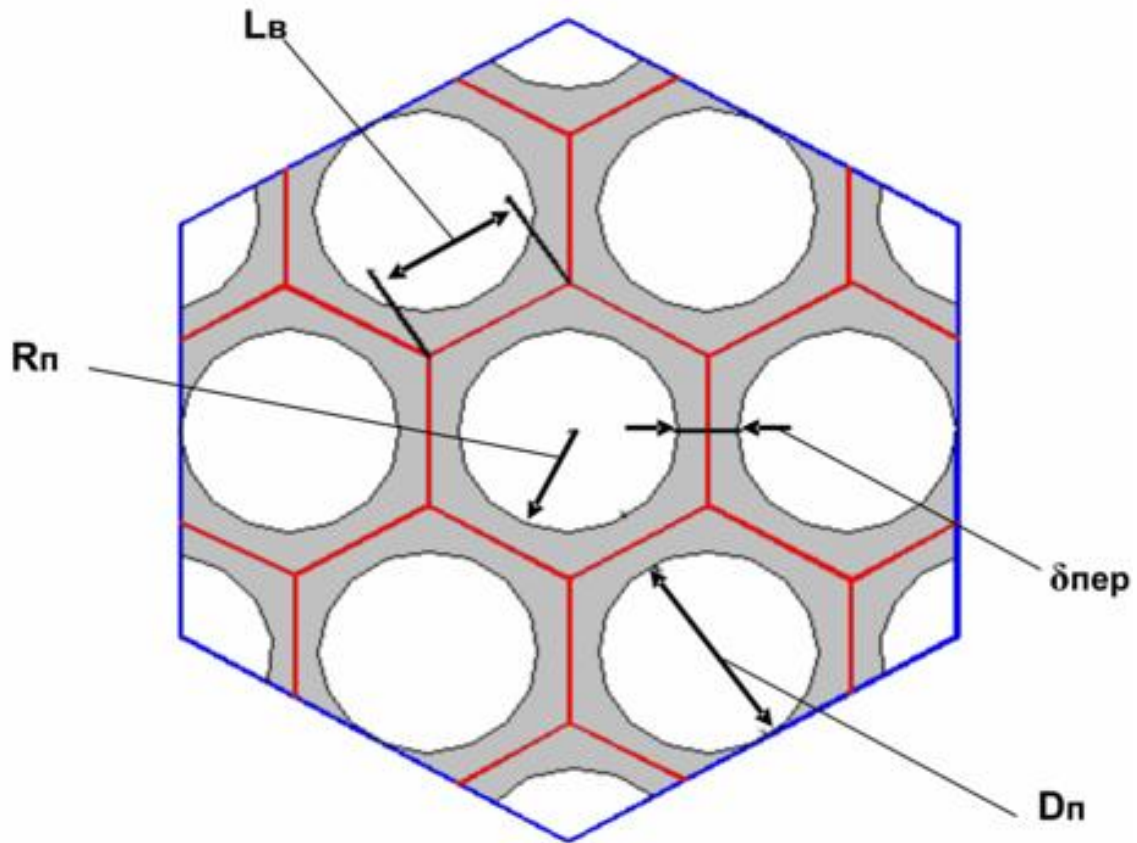


Рис. 1. Схема розташування волокон в міжпорових перегородках ніздрюватого бетону

Роль дисперсної арматури у складі цементних бетонів відмічена в багатьох вітчизняних та зарубіжних джерелах [3, 4]. Аналіз цих публікацій свідчить про покращення структурних характеристик вихідних матеріалів в результаті дисперсного армування, що призводить до покращення експлуатаційних властивостей та підвищення довговічності виробів і конструкцій.

Збільшення відношення границь міцності на розтяг та стиск R_b/R_c , що досягається дисперсним армуванням, являє собою засіб підвищення ефективності бетону як конструкційного матеріалу. Інтегральні властивості фібробетону, як і будь-якого іншого композиту, обумовлюються властивостями його компонентів (фібри і бетону-матриці), а також наявністю та ступенем їхньої спільної роботи. В фібробетонах така робота забезпечується за рахунок зчеплення та анкерування фібри в бетоні.

Целюлозні волокна мають міцність на розрив понад 500 МПа, модуль пружності не менше 35 ГПа, теплостійкість понад 300 °С, лугостійкість 12. За даними [5, 6] в процесі автоклавовання хімічно оброблені целюлозні волокна не зазнають руйнівного впливу лужного середовища тверднучого бетону та не сповільнюють процес тужавлення і набору міцності бетонної матриці, оскільки в процесі очищення з целюлозних волокон видаляється більша частина лігніну та хеміцелюлози, які є інгібіторами тверднення цементу [7].

Проведені попередні дослідження підтвердили гіпотези щодо активної ролі дисперсної арматури в формуванні структури ніздрюватого фібробетону та забезпеченні його властивостей при наступному твердненні.

Таким чином, виробництво великорозмірних конструкцій з автоклавного газобетону можливо при армуванні матеріалу целюлозною фіброю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Силаенков Е.С. Оценка долговечности крупноразмерных элементов из автоклавного ячеистого бетона / Е.С. Силаенков // Бетон и железобетон. – 1961. – №11. – С. 501–504.
2. Удачкин И.Б. Новые тенденции в развитии промышленности строительных материалов / И.Б. Удачкин // Строительные материалы. – 1990.– № 5. – С.2–3.
3. Zapotoczna–Sytek G. Współczesne technologie betonu komórkowego, prognozy w świetle zasad zrównoważonego rozwoju / Genovecha Zapotoczna–Sytek. – Materiały XIX Konferencji Naukowo–Technicznej «Beton i Prefabrykacja – Jadwisin 2004». – 2004. - P.75-84.
4. Чернышов Е.М. Управление процессами структуро-образования и качеством силикатных автоклавных материалов (вопросы методологии, структурное материала-ловедение, инженерно–технологические задачи): автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук : спец. 05.23.05/ Евгений Михайлович Чернышов. – Ленинград, 1988. – 45 с.
5. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов : дис. ... доктора техн. наук: 05.23.05 / Юрий Владимирович Пухаренко. – СПб., 2004, 315 с.
6. Sokolova S.N. Untersuchungen zum Einfluss von Dispersuallern auf die bautechnischen Eigenschaften von Porenbeton. /S.N. Sokolova, N.A Mitina. – Ibausil, 2009, 23–25 September 2009, Weimar, Deutschland, Band 2. - S.1193–1198.
7. Пухаренко Ю.В. Прочность и долговечность ячеистого фибробетона / Ю.В. Пухаренко // Строительные материалы. – 2004. – №12.- С.40-41.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2013 р.