

## ВПЛИВ ЦЕОЛІТОВОГО НАПОВНЮВАЧА НА ПЛАСТИЧНУ МІЦНІСТЬ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Студ. Бардук А.В., студ. Усатя О.П. – гр. ВБК-462

Науковий керівник: к.т.н., доц. Довгань О.Д.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Вступ.** Виробництво високоякісних бетонів, в тому числі його дрібно- та тонкозернистих різновидів, в даний час продовжує розширюватися. За останні роки активно впроваджуються в будівництво багатоконпонентні дрібнозернисті бетони, застосування яких раніше стримувалося рядом властивих їм недоліків, а саме – висока сумарна питома поверхня заповнювачів (наповнювачів), яка призводить до збільшення водопотреби суміші, підвищеної витрати цементу тощо. Сьогодні поняття про економію цементу, як головного критерію технологічної доцільності, поступилося місцем комплексу вимог ринкової економіки, серед яких вирішальними є висока якість та довговічність. Перехід на багатоконпонентні дрібнозернисті бетони з використанням суперпластифікаторів, тонкодисперсних мінеральних наповнювачів та інших модифікуючих добавок дозволило: звести до мінімуму недоліки цих бетонів, зокрема, підвищення витрат води і цементу, виготовляти бетони однакової міцності на мало- та високорухливих розчинних сумішах.

**Мета роботи:** дослідження впливу тонкодисперсного цеолітового наповнювача та суперпластифікуючої добавки комплексної дії на пластичну міцність в перші півгодини твердіння цементно-піщаних композицій.

**Матеріали і методика досліджень.** Планування і аналіз досліджень властивостей піщаних бетонів проводилося з використанням експериментально-статистичного (ЕС) моделювання [1]. Експериментальні дослідження склалися з визначення технологічних властивостей для 27-ми композицій. В експерименті варіювалися на 3-х рівнях дозування 5-ти компонентів (фактори  $X_i$  нормалізовані до  $|x_i| \leq 1$ ), що склали дві групи рецептурних факторів.

Умови модифікації цементно-піщаної системи задавали:

- цеолітовий наповнювач, що вводився взамін частини в'язучого на рівнях  $X_1(Z) \rightarrow 0; 4; 8 \%$ ;
- частка дрібного піску (з середнім діаметром  $d = 0,22$  мм) в суміші з крупнозернистим ( $d = 0,37$  мм), що становила  $X_2(FS) \rightarrow 30; 50; 70$  м.ч. на 100 м.ч. піску;
- суперпластифікатор комплексної дії вводився в кількості  $X_3(MF) \rightarrow 0,3; 0,5; 0,7 \%$  від маси в'язучої речовини.

Параметри дисперсного армування:

- вміст лугостійких скляних волокон довжиною 6 і 12 мм, в кількості  $X_4(F_s) = X_5(F_{12}) \rightarrow 0; 0,015; 0,03 \%$  (від маси розчинної суміші).
- Склади цементно-піщаних композицій готувалися з різним водо-цементним співвідношенням, при якому забезпечувалося виконання вимоги однакової рухливості розчинної суміші – марки S4 (по розпливу конуса). У відповідності до (ДСТУ Б В. 2.7-114-2002) визначалася середня густина (склада  $\rho_s = 2010-2188$  кг/м<sup>3</sup>), за якою оцінювався коефіцієнт ущільнення ( $K_s$ ), що змінювався в діапазоні від 0,88 до 0,98.

**Пластична міцність цементно-піщаних композицій з цеолітом.** Початковий процес структуроутворення тверднучих композицій оцінено по їх пластичній міцності  $P_m$  (кПа). Розрахунок  $P_m$  в часі (через кожні 10 хв.) виконувався при постійному навантаженні та вимірній глибині зачурення конуса в досліджувану суміш. Дослідження проводилися в обмежений період початкового структуроутворення  $t \leq 3$  год. Для 27-ми композицій

Для аналізу впливу варіюваних факторів на процес зростання пластичної міцності визначено значення  $P_m$  через півгодини ( $\tau = 0,5$ ) після приготування композицій та побудовано експериментально-статистичну модель (ЕС-модель) «повного» поля [2]. У зв'язку з тим, що тонкодисперсний цеоліт, як активна пуцоланова добавка, здатний брати участь в фізико-хімічних процесах різних періодів організації структури цементного композиту [3], було поставлено завдання вивчити його вплив на період формування структури розчину без присутності волокнистих наповнювачів ( $X_4 = X_5 = 0 \%$ ).

Для аналізу індивідуального впливу цеоліту на  $P_m\{\tau = 0,5\}$  проведено обчислювальний експеримент з ЕС-моделі «повного поля» цього критерію, в координатах нормалізованих факторів  $x_1, x_2, x_3, x_4$  і  $x_5$  [2]:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_1x_2 + b_7x_1x_3 + b_8x_1x_4 + b_9x_1x_5 + b_{10}x_2x_3 + b_{11}x_2x_4 + b_{12}x_2x_5 + b_{13}x_3x_4 + b_{14}x_3x_5 + b_{15}x_4x_5 + b_{16}x_1x_2x_3 + b_{17}x_1x_2x_4 + b_{18}x_1x_2x_5 + b_{19}x_1x_3x_4 + b_{20}x_1x_3x_5 + b_{21}x_1x_4x_5 + b_{22}x_2x_3x_4 + b_{23}x_2x_3x_5 + b_{24}x_2x_4x_5 + b_{25}x_3x_4x_5 + b_{26}x_1x_2x_3x_4 + b_{27}x_1x_2x_3x_5 + b_{28}x_1x_2x_4x_5 + b_{29}x_1x_3x_4x_5 + b_{30}x_2x_3x_4x_5 + b_{31}x_1x_2x_3x_4x_5 \quad (1)$$

отримані моделі локальних полів при фіксованих рівнях вмісту цеоліту  $x_1 = -1, 0$  та  $+1$ , або  $X_1(Z) = 0; 4$  і  $8 \%$  та без параметрів дисперсного аромунання.

Аналіз моделей показав, що процес зростання пластичної міцності для композицій, що не містять мінеральної добавки  $X_1(Z) = 0 \%$ , протікає повільніше, ніж в її присутності  $X_1(Z) = 4$  та  $8 \%$ . Так, відносний приріст  $\delta\{Y_{max}/Y_{min}\}$  критерію  $P_m\{\tau = 0,5\}$  змінюється: для контрольного складу в 5,6 раз, для складів з високодисперсним цеолітом відповідно у 8,3 і 12,4 рази. Швидке зростання пластичної міцності в перші півгодини може пояснюватися:

- підвищенням вмістом в цементному клінкері мінералів трикальцієвого алюмінату 10% та аліту 75 %, що викликає надмірно раннє структуроутворення;
- присутністю в тонкодисперсному цеоліті реакційно активних оксидів  $SiO_2$  і  $Al_2O_3$  в кількості 72,5 % і 13,1 %, що сприяє інтенсифікації процесів гідратації клінкерних мінералів;
- вмістом частинок тонких фракцій розміром менше 10 мкм для цементу 36 % і для цеоліту 30 % (за їх обсягом);
- здатністю суперпластифікуючої добавки комплексної дії, молекули якої володіють високим диспергуючим ефектом не тільки на тонкодисперсні частинки в'язучої речовини, алей на зерна наповнювача, надавати позитивний вплив на інтенсивність процесів гідратації та структуроутворення цементного каменю;

Варто відмітити, що на початковий процес структуроутворення тверднучих композицій впливає гранулометричний склад піщаного заповнювача. У всіх випадках із збільшенням частки зерен піску меншої середньої крупності пластична міцність в перші півгодини незначно, але зростає.

**Висновок.** Проведені обчислювальні експерименти на ЕС-моделі «повного» рецептурного поля пластичної міцності  $\ln P_m\{\tau = 0,5\}$  дозволили оцінити індивідуальний вплив цеоліту на кінетику структуроутворення цементно-піщаних композицій. Заміна частини цементного в'язучого активногідрозвільною добавкою цеоліту, в кількості 8 %, прискорює процес початкового структуроутворення розчинів більше, ніж на 50 %.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вознесенський В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Высшая школа, 1989. – 328 с.
2. Lyashenko T.V. Decorative concrete with hybrid glass fibre: design and first results of the experiment / T.V. Lyashenko, A.D. Dovgan, P.M. Dovgan // Вісник ОДАБА. Випуск №70. – Одеса: Друкарня ОДАБА, 2018. – С. 99 – 105.
3. Сай В.И. Влияние цеолита на процессы гидратации мономинералов цементного клинкера и цемента / В.И. Сай, Л.В. Яцук, Л.Г. Шищенко и др. // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. Випуск 12. – К.: Будівельник, 1989. – С. 57 –