

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 666.965.4

БЕТОНИ ДЛЯ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ НА АКТИВОВАНОМУ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТІ З ОПТИМАЛЬНИМИ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ФАКТОРАМИ

І. М. Бабій, В. О. Галушко, І. В. Колодяжна

У статті наведено задачі оптимізації складу бетонів та режимів ТВО для дорожніх покриттів з допомогою ЕС-моделювання. Показано, що одним із технологічних засобів отримання бетонів є роздільна технологія, яка передбачає приготування цементних суспензій в швидкісному трибозмішувачі-активаторі. При механохімічній активації зерен в'язучого на стадії приготування цементних суспензій можливе зменшення температури ТВО та підвищення міцності на стиск бетону більш ніж у 2 рази в порівнянні з традиційною технологією.

Ключові слова: активація, роздільна технологія, наповнювач, бетон, ЕС-моделювання.

БЕТОНЫ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НА АКТИВИРОВАННОМ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ С ОПТИМАЛЬНЫМИ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

И. Н. Бабий, В. А. Галушко, И. В. Колодяжная

В статье приведены задачи оптимизации состава бетонов и режимов ТВО для дорожных покрытий с помощью ЕС-моделирования. Показано, что одним из технологических средств получения бетонов является раздельная технология, которая предусматривает приготовление цементных суспензий в скоростном трибосмесителе-активаторе. При механохимической активации зерен вяжущего на стадии приготовления цементных суспензий возможно уменьшение температуры ТВО и повышение прочности на сжатие бетона более чем в 2 раза по сравнению с традиционной технологией.

Ключевые слова: активация, раздельная технология, наполнитель, бетон, ЭС-моделирование.

CONCRETE PAVING ACTIVATED ON PORTLAND CEMENT WITH OPTIMAL PRESCRIPTION AND TECHNOLOGICAL FACTORS

I. Babiy, V. Galushko, I. Kolodiazhnaya

The article presents the problem of optimizing the composition of concrete and modes heat and humidity treatment paving with experimental and statistical modeling. It is shown that one of the technological means by which concrete is a separate technology that provides preparation of cement slurries in high-speed Tribo mixer activator. When mechanical activation grain binder preparation stage cement slurry may decrease the temperature of heat and humidity treatment and increase the compressive strength of concrete more than 2 times in comparison with conventional technology.

Keywords: activation, separatetechnology, filler, concrete, experimentalandstatisticalmodeling.

Вступ

Проблема енергозбереження при виробництві будівельних матеріалів та конструкцій досить актуальна. Багато досліджень як на територіях України та і близького та Дальнього Зарубіжжя направлено саме на вирішення питань пов'язаних зі зменшенням використання енергота матеріально-технічних ресурсів при виробництві матеріалів для автомобільних доріг та пішохідних тротуарів. У той же час технологічні рішення, які використовуються при цьому повинні залишити на первинному рівні або ж підвищити експлуатаційні характеристики матеріалів. Так у теперішній час з числа дорожніх покриттів поширення набувають покриття у вигляді дрібноштучних бетонних елементів на портландцементному в'язучому. Вони крім естетичних мають ще і високі експлуатаційно-технічні характеристики і створюють максимальні

зручності для руху транспортних засобів і пішоходів. Ці покриття застосовують на автомобільних дорогах і тротуарах будь-якої вантажонапруженості. Це пояснюється тим, що бетонним покриттям на основі портландцементу притаманні багато позитивних технологічних і механічних властивостей. Серед них можна виділити, наприклад, ремонтпридатність, простота укладання, висока експлуатаційна та економічна ефективність, низька стиранийність, висока міцність, довговічність, тощо.

У той же час необхідно вирішувати багато задач для забезпечення цих позитивних характеристик. Насамперед це стосується рецептурно-технологічних факторів. Так, факторами, які впливають на процеси структуроутворення і в кінцевому підсумку на властивості матеріалів в цілому, є рецептурний склад бетонних сумішей і режими їх тепловологісної обробки. При цьому велике значення має швидкість нагрівання та охолодження виробів, що значно впливає на кінцеві властивості матеріалу, особливо при тривалій експлуатації виробів. Це пов'язано з тим, що саме в ці періоди тепловологісної обробки спостерігається інтенсивне тріщиноутворення [1].

Можливість підвищення міцності бетону, більш інтенсивного набору міцності, особливо в ранні терміни твердіння, можуть бути здійснені шляхом цілеспрямованої зміни структури цементного каменю, як за рахунок механоактивації зерен в'язучого і мінерального наповнювача в умовах інтенсивних гідродинамічних впливів на них, так і за рахунок модифікації їх поверхні добавками ПАР. Одним із технологічних способів активації зерен в'язучого є застосування на стадії отримання цементної суспензії швидкісних гідродинамічних трибозмішувачів-активаторів. А сама технологія отримання бетонних сумішей при по-стадійному приготуванні отримала назву – інтенсивна роздільна [2, 3].

На даному етапі роботи представляв інтерес оптимізувати склади бетонів отриманих за роздільною технологією, а також встановити вплив режимів тепловологісної обробки на їх фізико-механічні характеристики.

Дослідження проводилися по 18-ти точковому чотирьох факторному D-оптимальному плану. Нормалізація всіх факторів складу бетону виконана за стандартними формулами [4]:

$$x_i = (X_i - X_{0i}) / \Delta X_i$$

де $X_{0i} = 0.5 (X_{i,max} + X_{i,min})$, $\Delta X_i = 0.5 (X_{i,max} - X_{i,min})$.

Якість бетону у великій мірі залежить від матеріалів, що входять до його складу. Правильний підбір матеріалів для бетону, що враховує як вимоги до бетону, так і властивості самих матеріалів – важливий етап у проектуванні складу бетону. Властивості матеріалів, що застосовувалися повинні задовольняти відповідним державним стандартам і технічним умовам.

В експерименті варіювалися такі незалежні фактори як:

$X_1 = 350 \pm 100$ кг/м³ – витрату в'язучого в бетоні;

$X_2 = 20 \pm 20\%$ – кількість наповнювача;

$X_3 = 65 \pm 25$ °С – температура тепловологісної обробки;

$X_4 = 7 \pm 3$ – години ізотермічної витримки при ТВО.

До складу бетонних сумішей, що досліджувалися, ввійшли наступні інгредієнти. В якості наповнювача використаний мелений кварцовий пісок (X_2), з питомою поверхнею $S_{пит} = 200$ м²/кг. Ця дисперсність наповнювача була зумовлена відносно недорогим помелом і максимальним приростом міцності K роздільної технології R_{PT} (міцність при осьовому стиску при РТ) в порівнянні з традиційною технологією R_{TT} (міцність при осьовому стиску при ТТ) ($K = R_{PT}/R_{TT}$) [5]. В якості добавки пластифікатора бетонної суміші використовувався розріджувач С-3 в кількості 0,8 % (у перерахунку на суху речовину) від маси в'язучого. Як заповнювач застосовувалися кварцовий пісок з $M_{кр} = 2.2$ і гранітний щебінь фракцією 20-40 мм. Для порівняння технологій, що підлягали дослідженню приготування бетонних сумішей відбувалося як за роздільною технологією (РТ) так і за традиційною технологією (ТТ).

При приготуванні бетонних сумішей по роздільній технології, суспензія в'язучого, отримана спільним змішуванням в швидкісному трибозмішувачі-активаторі, послідовно введених води з добавкою С-3, портландцементу і меленого кварцового піску, поєднувалася з немеленим кварцовим піском і гранітним щебенем у співвідношенні В:П:Щ = 1:2:4 у звичайній бетономішалці. Швидкість обертання ротора змішувача дорівнює 2800 об/хв., а час обробки склав 120 с. У свою чергу, за традиційною технологією бетонні суміші аналогічного складу перемішувалися у звичайній бетономішалці. Рухливість бетонних сумішей приймалася постійною

(ОК=2...3 см), як по кожному рядку плану, так і щодо порівнюваних технологій, що досягалося коригуванням витрати води замішування.

В результаті досліджень встановлено, що підвищення температури ТВО, а також часу ізотермічної витримки виробів призводить до збільшення міцності бетонів приготованих як по роздільній, так і за традиційною технологією. Однак, якщо збільшення температури ТВО контрольних зразків з 40 до 90 °С призводить до підвищення міцності з 2,0 до 19,5 МПа (тобто майже в 10 разів) то аналогічне підвищення температури ізотермічної витримки виробів на активованому в'язучому забезпечує підвищення міцності всього в 2 рази (з 19,2 до 38 МПа).

Попередня обробка суспензій в'язучого у швидкісних змішувачах дозволяє підвищити в 5-18 разів міцність композитів, що твердіють при температурі 40 °С залежно від часу ізотермічної витримки, витрат в'язучого і ступеня його наповнення. Підвищення температури ТВО призводить до зниження різниці між міцністю і при температурі ізотермічного прогріву 90 °С вона складає вже 60-130%.

Це свідчить про те, що бетон на активованому в'язучому здатний ефективно тверднути і при відносно низьких температурах (40 °С). Тому підвищення температури ізотермічного прогріву таких виробів не так суттєво впливає на підвищення міцності як для бетонів, що виготовлені традиційним способом.

Щоб отримати ефективні матеріали із заданими нормативними документами комплексом властивостей необхідно визначити оптимальні технологічні параметри їх виробництва.

У матеріалознавчих і технологічних задачах поведінку системи, що досліджується характеризують зазвичай групою критеріїв якості, координати оптимуму яких, як правило, не збігаються [6]. В силу цієї закономірності виникає ряд проблемних питань, що пов'язані з прийняттям компромісних рішень у багатокритеріальних інженерних завданнях.

При класифікації компромісних задач однією з найбільш розповсюджених є завдання вибору рецептури і технологічних режимів одержання матеріалів із заданим комплексом властивостей при мінімальній витраті ресурсів. Подібні завдання відносяться до так названих оптимізаційних завдань другого виду. При їх вирішенні спочатку в області факторного простору повинна бути визначена дозволена підобласть, яка задовольняє заданому рівню властивостей композиту, а потім у ній точка, що відповідає вимогам економії ресурсу[7].

Згідно з цими уявленнями в справжніх дослідженнях були визначені наступні критерії якості бетонів:

- марка по міцності при стисненні на 28-у добу не нижче М400;
- розпалубну міцність не нижче 10 МПа;
- марка по морозостійкості не нижче F200;
- стираність не більше 0.7 г/см².

Мінімізація витрат ресурсу може бути досягнута за рахунок зниження температури і часу ізотермічної витримки виробів. Рішення даного завдання здійснювалося за допомогою накладання відповідних діаграм, отриманих в результаті ЕС-моделювання, рис.1.

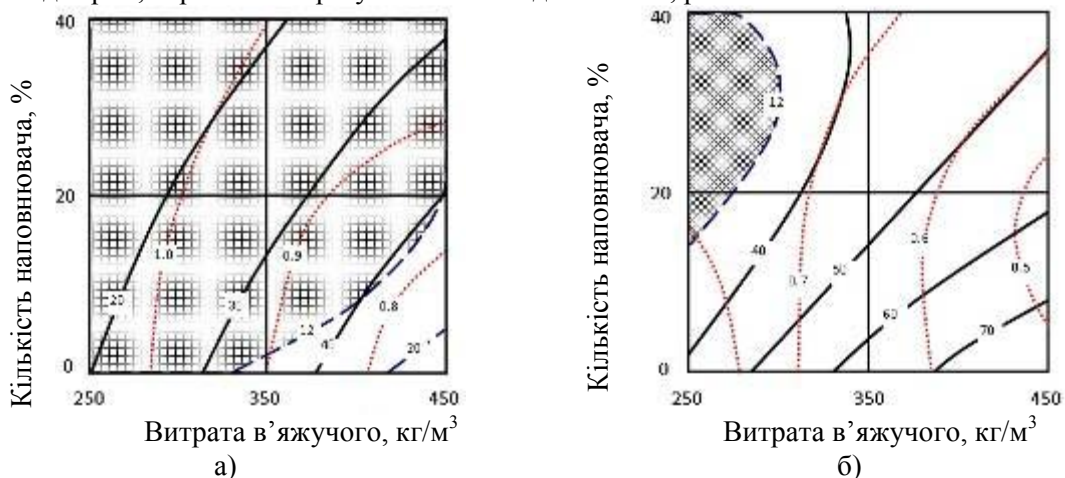


Рисунок 1 – Оптимізація складу бетонів для тротуарної плитки ($\tau = 10$ год., $t = 40$ °С) за традиційною (а) і за роздільною (б) технологіям:

— R_{cr} ТВО + 28 діб н.т., МПа - - R_{cr} після ТВО, МПа Стираність, г/см²

При оптимізації складів використовувалися три основних параметри:

1. Для отримання якісної лицьової поверхні плитки розпалубну міцність бетонів через 10 годин ізотермічної витримки повинна становити не менше 100-120 кг/см².

2. Марка бетону у віці 28 діб, не менше 50 МПа.

3. Стиранність бетону згідно з ДСТУ повинна становити для дорожньої плитки: 1 класу – не більше 0.7 г/см²; 2 класу – не більше 0,8 г/см²; 3 класу – не більше 0.9 г/см².

За результатами досліджень були оптимізовані і рекомендовані до використання ряд складів бетонів і режими ТВО, представлених в таблиці.

Таблиця – Рекомендовані оптимальні склади і режими ТВО цементних бетонів.
(Технологія приготування бетонної суміші – роздільна)

| №№ | Марка бетону | Витрата матеріалів на м ³ бетонної суміші, кг | | | | | Режими ТВО | | |
|---------------------------|--------------|--|---------------|------------|--------|-----|------------|-------|--------|
| | | В'язуче | | Заповнювач | | С-3 | Вода | Т, °С | τ, час |
| | | Цемент | Мелений пісок | Пісок | Щебінь | | | | |
| 1 | 550 | 315 | 135 | 570 | 1240 | 4.5 | 113 | 40 | 10 |
| 2 | 500 | 270 | 180 | 570 | 1240 | 4,5 | 110 | 40 | 10 |
| 3 | 700 | 450 | - | 570 | 1240 | 4,5 | 114 | 90 | 7 |
| Нормальні умови твердіння | | | | | | | | | |
| 4 | 500 | 270 | 180 | 570 | 1240 | 4,5 | 110 | - | - |
| 5 | 600 | 360 | 90 | 570 | 1240 | 4,5 | 112 | - | - |
| 6 | 800 | 450 | - | 570 | 1240 | 4,5 | 114 | - | - |

Висновки

- Роздільна технологія приготування бетонних сумішей дає можливість отримувати бетони з високими показниками міцності (до 80 МПа), стиранням, морозостійкості як при тепловолігній обробці, так і при твердінні в нормальних умовах.
- Застосування роздільної технології дозволяє знизити температуру ТВО бетонних виробів на 40-50°С. Особливо ефективним є застосування швидкісного змішування при температурі ізотермічної витримки 40 °С.
- Оптимізовано склади і режими ТВО цементних бетонів для виробництва плитки бетонної тротуарної.

Використана література

1. Волженский А. В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, Б. Н. Виноградов и др. – М.: Стройиздат, 1969. – 178 с.
2. Адылходжаев А.И. Основы интенсивной раздельной технологии бетона / А. И. Адылходжаев, В. И. Соломатов. – Ташкент: Фан, 1983. – 213 с.
3. Барабаш І. В. Механохімічнаактиваціямінеральних в'язучих речовин / І. В. Барабаш: Навчальний посібник. – Одеса: Астропринт,- 2002. – 100 с.
4. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей: Справ.изд. / Под ред. В. В. Налимова. – М.: Металлургия, 1982. –751 с.
5. Барабаш І.В.Влияние физико-химической активации на кинетику набора прочности КСМ на основе портландцементов / И. В. Барабаш, С. Н. Щербина, И. Н. Бабий, В. Д. Матковский // Збірник наукових праць “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди” – Рівне: Вид-во РДТУ. – 2000. – № 5. - С. 25-36.
6. Вознесенский В. А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
7. Вознесенский В. А. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Я. П. Иванов, И. И. Николов, К.: Будівельник, 1989. – С.55-97.

Бабій Ігор Миколайович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Галушко Валентина Олександрівна – доктор технічних наук, професор кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Колодяжна Інна Валентинівна – старший викладач кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Бабий Игорь Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры

Галушко Валентина Александровна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры;

Колодяжная Инна Валентиновна – старший преподаватель кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Igor Babij – Associate professor, assistant professor of Department of Technology of building production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Valentyna Galushko – doctor of engineering sciences, Associate professor, professor Technology of building production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Inna Kolodiazhnaya – Senior Lecturer, of Department of Technology of building production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.