

влияние которого существенно меньше изменения гигрометрии бетона. Следовательно, изменение прочностных и деформативных свойств дорожного бетона определяется механизмом развития поля напряжений в его гетерогенной структуре, характерной упруго-пластическим сопротивлением.

1. Батраков В.Г. Модифицированный бетон. – М.: Стройиздат, 1992. – 432 с.
2. Батраков В.Г. Комплексные модификаторы свойств бетона // Бетон и железобетон. – 1990. – №7. – С.9-12.
3. Руденко Н.Н. Тяжелые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 1999. – 260 с.

Получено 28.01.2010

УДК 666.972.5

Д.В.РУДЕНКО, канд. техн. наук

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В.Лазаряна*

ВАЖКІ БЕТОНИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Наведено теоретичне узагальнення й вирішення практичного завдання, що полягає у розробці бетонів підвищеної стійкості на активованій в'язучій речовині для ремонту і відновлення штучних транспортних споруд, що забезпечується використанням хімічно активних компонентів цементної системи.

Приведено теоретическое обобщение и решение практической задачи, состоящей в разработке бетонов повышенной стойкости на активированном вяжущем для ремонта и восстановления искусственных транспортных сооружений, которые обеспечиваются использованием химически активных компонентов цементной системы.

Theoretical synthesis and the decision of the practical problem consisting in the development of concrete of raised firmness on activated binder for repair and recovery of artificial transport facilities which it is provided by the use of chemically active components of the cement system is resulted.

Ключові слова: активація, цементна система, структуроутворення, бетон, штучні транспортні споруди, відновлення споруд.

Розширення вимог, які висуваються до матеріалів для відновлення експлуатаційних характеристик міських транспортних споруд з урахуванням зростаючих динамічних навантажень на конструкції, призводить до того, що, незважаючи на різноманіття композицій, які застосовуються для ремонтних робіт, ускладнюється вибір таких матеріалів, що повністю задовольнятимуть необхідному комплексу властивостей [1]. З цієї причини виникає необхідність створення бетонів із заданими технологічними, конструкційними та іншими властивостями. Такі завдання не можуть бути вирішені в повному обсязі за рахунок

синтезу нових видів модифікаторів, тому що це пов'язано зі значними витратами [2]. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку економічних шляхів оптимізації властивостей бетонів.

Одним із таких шляхів є розробка бетонів із заданими експлуатаційними властивостями з використанням наявних загальнодоступних сполук, модифікаторів, наповнювачів за рахунок оптимізації їх складів.

Актуальність проведених досліджень полягає в розробці технології бетону, призначеного для ремонтно-відновлювальних робіт для міських транспортних споруд як таких, що експлуатуються в умовах зростаючої дії різноманітних агресивних середовищ. Підвищення експлуатаційних характеристик бетону забезпечується застосуванням фізико-хімічної активації в'язучої речовини. Це дозволяє істотно заощаджувати енергоресурси і найдорожчий компонент бетону – цемент за рахунок збільшення його в'язучого потенціалу з наступною оптимізацією з комплексу заданих критеріїв: економічності, мінімальних термінів перекриття руху на споруді, що ремонтується, забезпеченню заданого рівня несучої здатності споруди в умовах зростаючої інтенсивності руху транспорту.

Метою наших досліджень є розробка бетонів підвищеної стійкості на активованій в'язучій речовині для ремонту і відновлення штучних транспортних споруд, що забезпечується використанням хімічно активних компонентів цементної системи.

Актуальність проблеми ремонту та відновлення несучої здатності конструкцій штучних транспортних споруд у наш час має місце для більшості регіонів України, у тому числі для великих міст. Проведеними дослідженнями встановлено незадовільний технічний стан більшості транспортних споруд України. Тому поряд з будівництвом нових споруд особливу важливість здобуває необхідність ремонту, реконструкції або відновлення несучої здатності таких споруд.

Вирішенню проблеми відновлення несучої здатності конструкцій транспортних споруд та їх захисту від дії агресивного середовища присвячені роботи [1, 2] та ін.

Сполучення комплексу необхідних властивостей ремонтного бетону можна досягти оптимізацією складу бетону, вибором хімічно активних компонентів і фізико-хімічною активацією цементної системи. При цьому увага приділяється не тільки вибору компонентів бетону й забезпеченню технологічних властивостей бетонної суміші, але й забезпеченню транспортабельності її трубопроводом, що визначає найбільшу ефективність виконання ремонтних робіт [3].

Оскільки бетон для ремонту й відновлення транспортних споруд призначений для експлуатації в агресивних середовищах, досліджено вплив різних агресивних умов на міцність активованої цементної матриці й фактори, що її визначають: морфологію й мікроструктуру фазових складових.

Дослідження зміни структури фазових складових цементного каменя – гідроалюмінатів кальцію і гідрогранатів – в умовах впливу вуглекислого газу показали збільшення ступеня карбонізації гідроалюмінатів звичайного цементного каменя, що призвело до руйнування зразків через 45 діб. В активованій цементній системі внаслідок утворення значної кількості гідрогранатів, які практично не піддаються карбонізації внаслідок низької ізоморфної ємності, не встановлено істотного зниження основних характеристик протягом 180 діб (таблиця).

Експлуатаційна стійкість фазових складових цементної системи

Фазові складові цементного каменя	Міцність при згині, МПа					Морозостійкість, цикли
	перед початком випробувань	після карбонізації	після зволоження й висушування	в 10%-ному розчині Na_2SO_4	в 5%-ному розчині MgSO_4	
$\text{КСонотліТ}_{\text{акт}}$	8,6	8,1	8,7	7,6	7,1	90
$\text{C}_2\text{SH(A)}_{\text{акт}}$	3,4	3,5	3,6	3,1	2,9	110
$\text{C}_2\text{SH(C)}$	4,3	2,6	2,2	3,2	2,7	55
C_3AH_6	3,4	2,8	1,7	зруйнов. через 30 діб	зруйнов. через 15 діб	-
$\text{CSH(I)}_{\text{акт}}$	4,8	4,9	5,2	4,2	4,1	110
$\text{C}_2\text{ASH}_8_{\text{акт}}$	3,9	3,7	3,8	3,7	3,2	125

Виходячи з отриманих результатів, передбачалося, що активовану цементну систему повинна відрізняти підвищена сульфатостійкість. При витримуванні зразків протягом 270 діб в 10%-ному розчині Na_2SO_4 зниження міцності складало 4,9-8,7%, а 5%-ному розчині MgSO_4 – 6,2-9,3%. Таким чином, ступінь агресивності розчину не проявляється так явно на зразках активованої цементної системи, як це має місце при випробовуванні зразків звичайного цементного каменя.

Захисні властивості активованої цементної системи в сульфатно-му середовищі можна пояснити таким чином. При фізико-хімічній активації цементної системи утворюються гель SiO_2 і $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, які не зв'язуються повністю після активації, а покривають захисною плівкою низькоосновні гідросилікати кальцію, що утворилися на ранній стадії

гідратації. Ця плівка гальмує або нейтралізує швидкість хімічної кінетики гетерогенних реакцій між іонами гідратних новоутворень і рідкого агресивного сульфатного середовища. Відповідно до цього, молекулярні об'єми суміші $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, геля SiO_2 і $\text{Mg}(\text{OH})_2$ повинні бути більше об'єму речовин, витрачених на утворення молекул цих сполук. Якщо умова не дотримується, то плівки не достатньо для покриття суцільним шаром усіх цементуючих речовин, у результаті чого вона буде пухка й пориста. Таким чином, захисні властивості плівки залежать від її якості, тобто від коефіцієнта дифузії взаємодіючих часток через плівку.

Відмінності в мінералогічному складі активованої цементної системи, що складаються у зміні процесу утворення й локалізації трьох-сульфатної форми гідросульфоалюмінату кальцію і перетворенні його в моносульфатну форму, можна пояснити різким зниженням концентрації іонів кальцію. Крім того, введення органо-мінерального комплексу сприяє стабілізації гексагональних гідроалюмінатів кальцію. На кривих ДТА відзначається пік низькокремнеземистих гідрогранатів, також при температурах 500-510 °C зафіксовані інтенсивні піки гідроксиду кальцію, причому набагато раніше, ніж у звичайному цементному камені. Більша площа піків дозволяє припустити, що в активованій цементній системі гідроксид кальцію синтезується інтенсивніше. Очевидно, раннє осадження $\text{Ca}(\text{OH})_2$ пов'язано з тим, що його частки захоплюються метастабільними гідросилікатами або адсорбуються силікатними іонами, утвореними під впливом розчину оцтової кислоти, утворюючи конгломерат.

Утворення просторових кристалізаційних структур відбувається переважно за рахунок міжчасткової конденсації по силанольних групах гідросилікатів кальцію й олігомеризації силікатних аніонів. Побудова просторових структур супроводжується епітаксійним зрощенням кристалів на фоні когезійно-адгезійних взаємодій, у результаті чого відбувається зарощування зазорів між агрегатами при їхньому зближенні один до одного.

Досліджено вплив гігromетричного стану на власні деформації бетону транспортних споруд, тому що перевищення швидкості водовтрат бетону в навколишнє середовище над швидкістю підйому вологи із глибинних шарів у зону випаровування визначає умови пластичного тріщиноутворення бетону. При триваючому зневодненні поверхневі шари бетону не в змозі витримувати швидкі зміни власного об'єму, й при протидії цьому з боку глибинних шарів починається пластичне тріщиноутворення. Досліджена початкова усадка бетону з моменту його замішування до 2-добового віку.

При дослідженні усадкових деформацій бетону на активованій в'язучій речовині встановлено, що величини усадки на протязі терміну вимірювань знаходяться в межах 0,028-0,034 мм/м·год у порівнянні з усередненою швидкістю усадки звичайного бетону 0,371 мм/м·год., що визначає можливість використання бетону на активованій в'язучій речовині для ремонту та відновлення транспортних споруд незалежно від пори року без істотної зміни деформаційних характеристик. Крім того, в бетоні на активованій цементній системі усадкові деформації залежно від масивності елементів споруд у 1,8-2,9 рази менші внаслідок значного підвищення в'язучого потенціалу цементу та зменшення пористості активованої цементної матриці бетону. Інші фактори – вид в'язучої речовини, тонкість її помелу, природа заповнювачів – мають менше значення. Вплив температурного фактора на усадкові деформації на порядок нижче, ніж вплив вологості.

Таким чином, розроблена нами технологія бетонів для ремонту і відновлення несучої здатності конструкцій транспортних споруд дозволяє використовувати звичайні портландцементи з підвищеним в'язучим потенціалом за рахунок фізико-хімічної активації цементної системи у присутності органомінерального комплексу. Розроблена технологія замоноличування залізобетонних елементів транспортних споруд характеризується відносно низькою собівартістю, а також високими якісними показниками. При замоноличуванні стиків торкретбетоном на активованій в'язучій речовині досягнуто зниження кількості відскоку на вертикальних поверхнях до 6-7%, на стельових поверхнях – до 8-9%; крім того, підтверджена можливість зниження водоцементного відношення до 0,29-0,3, що практично неможливо при звичайних способах торкретування.

1.Пшинько А.Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 412 с.

2.Пшинько А.Н., Руденко Н.Н. Проблемы ремонта инженерных транспортных сооружений // Залізничний транспорт України. –2000. – № 3. – С.12-14.

3.Руденко Д.В. Бетони спеціального призначення для відновлення транспортних споруд // Зб. наук. праць Луганськ. нац. аграрного ун-ту. – 2007. – №71(94). – С.362-366.

Получено 28.01.2010