УДК 666.972.16

Олександра Дорошенко
Юрій Дорошенко

ПРОБЛЕМИ ДОВГОВІЧНОСТІ БЕТОНІВ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

В статті розглядаються питання, пов'язані з поліпшенням довговічності бетонів транспортного будівництва.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с улучшением долговечности бетонов транспортного строительства.

In the article questions are examined related to the improvement of longevity of concretes of a transport building.

Ключові слова: цементний бетон, довговічність, надійність.

Важливим завданням є підвищення довговічності бетонів транспортного призначення, особливо в умовах посиленого екологічного навантаження. Одержання довговічних бетонів з заданими властивостями і структурою залежить від якості вихідних матеріалів, складу бетону, технології виготовлення, догляду за твердінням бетону. Найчастіше бетон руйнується внаслідок одночасної дії від'ємних температур, протиожеледних солей, вуглекислого газу (вихлопи), динамічних навантажень підвищеної інтенсивності (більш висока швидкість і вантажопідйомність, підвищення кількості транспортних засобів), помилок при розрахунку і будівництві дорожнього одягу.

На відміну від механічних показників, довговічність бетону охарактеризувати складно. Навіть при відомих умовах навколишнього середовища й властивостях бетону довговічність не є незмінною величиною.

Підвищити довговічність бетонів можна різними способами, зокрема за допомогою фізико-хімічного, механічного або технологічного впливу. Серед основних способів регулювання довговічністю бетонів є:

– застосування хімічних добавок на стадії проектування складу бетону й виготовлення бетонної суміші;

– застосування різних способів активації компонентів бетонної суміші й бетону на стадії їхнього виготовлення, укладання й ущільнення;

– забезпечення нормальних температурно-вологих умов твердіння виробів з бетону;

© Дорошенко О.Ю., Дорошенко Ю.М., 2012

– просочення бетону виробів і покриттів захисними сполуками на стадії виготовлення й експлуатації.

У роботах В.І. Бабушкіна [1, 2] та Г.І. Горчакова [3, 4] довговічністю називається властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування й контролю.

По визначенню В.Б. Ратинова й Г. Добролюбова [5] довговічність у будівництві – це здатність будинків і споруджень служити тривалий час у реальних умовах впливу зовнішнього середовища. Відповідно до німецького стандарту DIN 1045 довговічність зовнішніх залізобетонних будівельних елементів означає, що протягом усього передбаченого терміну служби арматурна сталь залишається в захищеному від корозії лужному середовищі. В.Л. Чернявський [6] довговічність зв'язував з адаптацією бетону, спрямованої на втримання його структурних характеристик у межах, що забезпечують заданий функціональний стан. Тобто стосовно до бетону, конструкціям і спорудженням термін «довговічність» можна розглядати по-різному.

Поняття довговічність різними авторами трактується трохи різноманітно, однак загальним є наступне: довговічність бетону – здатність бетону зберігати потрібні властивості протягом певного терміну служби. Таким чином, довговічність – це комплексний показник, що характеризується набором експлуатаційних властивостей бетону.

В останні роки цьому показнику на Україні й за кордоном приділяється велика увага. Раніше, як відзначають И.Штарк і Б.Вихт, виходили з того, що бетонні конструкції не вимагають догляду, якщо дотримані основні правила технології [7]. Однак досвід останніх років показав, що навіть невеликі відхилення від цих правил (що, до речі, особливо актуально для України й країн СНД), а також неправильна оцінка або погіршення умов експлуатації, можуть привести до значних ушкоджень бетону.

Серед факторів, що впливають на довговічність дорожніх бетонів, можна виділити:

– зниження якості заповнювачів і підвищення оптимальної тонини подрібнення цементу;

– недосконалість методів підбора складу бетонів;

– порушення технології укладання й ущільнення бетонних сумішей;

– неправильний догляд (або його відсутність) за бетоном у початковий період набору міцності;

– посилення негативних впливів при експлуатації (механічних, біохімічних, хімічних і фізико-хімічних).

Структура й властивості постійно змінюються не тільки під впливом навколишнього середовища, але й через енергетичний процес, при якому структура бетону прагне до більш низького енергетичного рівня. Довговічність також непорушно пов'язана з очікуваним строком експлуатації бетону.

В роботі Чернявського В.Л. [6] показані варіанти траєкторій функціонального стану бетону в часі в експлуатаційному середовищі. Довговічними в загальному значенні можна вважати матеріали, що показують повну адаптивність.

Таким чином, узагальнивши всі визначення й виключивши деякі поняття, що задаються нечітко, довговічність матеріалу можна охарактеризувати як здатність зберігати свою основну конструктивну функцію протягом заданого строку в

заданих умовах експлуатації з обліком найбільш імовірних деструктивних впливів середовища.

Ф.М. Іванов підкреслював, що в основу проектування термінів служби споруджень повинне бути покладене знання швидкості корозійних процесів [8]. Г.П. Вербецький [9] вважав, що основною умовою довговічності бетону у водному середовищі є його висока щільність, що утруднює проникнення агресивних агентів, зокрема води, у його капілярнопорову систему.

Фактори, що погіршують довговічність бетону, згідно [4] підрозділяються на:

– фізичні (мороз);
– хімічні (сульфатні розчини);
– біологічні (бактерії);
– механічні (зношування, навантаження).

В.І. Бабушкін [2] залежно від сполуки й структури бетону, а також умов його роботи, розрізняв наступні руйнуючі дії на бетон:

– сульфатна корозія;
– корозія вилужування;
– загальнокислотна корозія, що включає й вуглекислотну;
– магнезіальна корозія;
– корозія за рахунок підсмоктування й кристалізації солей;
– біологічна корозія;
– багаторазове навперемінне заморожування й відтавання води в порах бетону;
– корозія під дією органічних сполук;
– усадка й набрякання цементного каменю при зміні вологості;
– хімічний вплив різних агресивних газів;
– контракційні явища, що супроводжують гідратацію цементу;
– різні механічні впливи;
– осмотичний тиск на плівки гелів.

Для залізобетону виділяються також електрохімічні процеси корозії в арматурах.

СНИП всі види корозійних факторів поєднує в три групи: фізичні, хімічні й біологічні. В.І. Бабушкін виділяв п’ять груп факторів корозійного впливу:

– фізичні;
– фізико-хімічні;
– хімічні;
– електрохімічні;
– мікробіологічні.

А.М. Невіль [11] до внутрішніх причин руйнування бетону відносив взаємодію лугів цементу із кремнеземом заповнювача, зміну об’єму через розходження температурного розширення цементного каменю й заповнювача, і насамперед – проникність бетону.

У роботі В.Р. Фаликмана [12] відзначається, що передумовами синтезу довговічності бетонів як композитів є «створення оптимальної мікроструктури цементного каменю, зменшення макропористості й підвищення тріщиностійкості».

Властивість пристосувальної мінливості цементного бетону в експлуатаційному середовищі згадувалося в різних термінах: самозаліковування, самозміцнення, самоущільнення, самовідновлення. Термін «адаптивності» був уведений В.Л. Чернявським [6, 13].

Ф.М. Іванов [8] відзначав, що хоча при зміні умов, у яких перебуває бетон, не змінюється вагова кількість твердої фази бетону в одиниці його об'єму, але змінюється внутрішня поверхня цементного каменю. При збільшенні вологості відбувається адсорбція води на поверхні гелеобразної фази, що змінює її об'єм.

С.В. Шестоперов [14] вказував, що першою стадією проектування довговічного бетону варто вважати визначення умов, у яких він буде працювати в спорудженні, конструкції або їхній частині. Тобто довговічність матеріалу необхідно розглядати у зв'язуванні з довговічністю конструкції в цілому [15,16].

В.Р. Скальский і П.Н. Коваль відзначають, що руйнування бетону починається з мікротріщиноутворень й наступного розширення цих тріщин [17]. Ріст мікротріщин залежить від умов навантаження й структурного стану матеріалу й обумовлений наступними мікромеханізмами: транскристалічний відкол, квазискол, міжзерновий відкол, ямочний відрив. Всі вони розвиваються з поверхні, а тому, послабляють цю частину загальної структури бетону та поверхневий захисний шар, що складається із цементно-піщаного розчину.

Процеси, що протікають усередині бетону й пов'язані з впливом зовнішнього середовища, так і внутрішньою природою, постійно змінюють його структуру. При цьому, як пише І.М.Грушко, одночасно відбуваються процеси структуроутворення, які поліпшують властивості бетону і деструктивні процеси, які руйнують матеріал. На різних етапах зрілості бетонів одні процеси превалюють над іншими. Наприклад, у бетонах раннього віку в більшості випадків переважають перші процеси й структура їх удосконалюється, у старих бетонах протікають переважно деструктивні процеси [18,19,20]. Дослідження І.М.Грушко, підтверджені іншими авторами, показали наявність оптимальної товщини плівки розчину, при якій спостерігається взаємодія між зернами щебеню і інтенсивне зростання в'язкості бетонної суміші [18]. Це позитивно позначається на збільшенні міцності бетонів, особливо в ранньому віці. Про необхідність оптимізації плівок розчину й цементного тісту на зернах заповнювача пишуть також Б.М.Гладишев, Л.І.Дворкін і О.Л.Дворкін, А.Н. Плугин і А.А. Плугин.

Кількісне співвідношення компонентів у важких бетонах необхідно підбирати так, щоб створювалося щільне впакування зерен великого заповнювача, а міжзерновий простір заповнювався цементно-піщаним розчином [21]. Збільшення товщини прошарків розчину між зернами щебенів викликає зменшення ступеня концентрації зусиль на контакті зерен, змінює несучу здатність елементів структури і міцність бетону.

Про відсутність надійної моделі поводження бетону в умовах одночасного впливу механічних і різних фізико-хімічних агресивних середовищ, що дозволяють прогнозувати його довговічність, вказує С.В.Коваль [22]. Як узагальнюючий критерій, що дозволяє здійснити таке прогнозування, він пропонує застосувати побудову моделей впливу поліфункціональних хімічних добавок на властивості бетонів. Моделювання проводять на бетонах, що не містять великий заповнювач.

Аналіз показує, що запропоновані підходи спрямовані на прогнозування марки по морозостійкості в середньостатистичних кліматичних умовах, не враховують одночасність впливу агресивних факторів і тому не дозволяють прямо оцінити довговічність (термін служби) бетону в реальних умовах.

У загальному випадку для досягнення необхідної якості бетону стандарт EN 206-1 визначає 18 класів впливу умов роботи бетону. Залежно від них задані граничні вимоги до складу бетонів, які включають: види компонентів, максимальне

В/Ц, мінімальний зміст цементу, мінімальний клас міцності при стиску, для дорожніх бетонів мінімальне повітревтягування та вимоги до якості заповнювачів. Якщо бетон у процесі експлуатації піддається дії одночасно декількох агресивних факторів, то в кожному конкретному випадку ці вимоги вимагають уточнення.

Основні теоретичні передумови створення довговічних дорожніх структур можна сформулювати в такий спосіб. Дорожні бетони, що експлуатуються в агресивних середовищах, руйнуються в результаті корозії заповнювачів, цементу, низької міцності зони контакту, а також дії динамічних і стираючих навантажень. Причиною цього є низька якість заповнювачів, неправильний вибір гранулометрії, особливо дрібного заповнювача, а також співвідношення між дрібним і великим заповнювачем, що приводить до високої пустотності мінерального кістяка цементного розчину й бетону. Це збільшує кількість вільної й фізично зв'язаної вологи в бетоні, приводить до посилення масооб'ємних процесів і випару води. Виникаюча при цьому розпушеність верхнього шару й значна капілярна пористість не тільки полегшує проникнення в глибину бетону агресивних середовищ, але й приводять до значного зношування бетону покриття, що зменшує строк його служби. До цього можна додати неправильний вибір хімічних добавок і необґрунтовано збільшені витрати цементу. Нераціональний вибір застосовуваних хімічних добавок може привести до росту кількості вільної вологи яка не бере участі у структуроутворенні. При цьому руйнується структура бетону й знижуються його експлуатаційні властивості.

На сьогодні відсутнє єдине поняття про поводження бетону при одночасному механічному й морозно-сольовому впливі, а також критерії, що дозволяють оцінювати його експлуатаційний стан і прогнозувати довговічність.

Підвищення довговічності дорожніх бетонів можна досягти підвищенням міцності й щільності бетонів за рахунок удосконалювання методів підбора складу і застосування сучасних хімічних і мінеральних добавок, що дозволяють зменшити водопотребу бетонної суміші. Тим самим забезпечується зниження товщини водної плівки на частках заповнювачів, тобто зменшується вільна й фізично зв'язана волога.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бабушкин В.И.* Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – М., 1968. – 187 с.
2. *Бабушкин В.И.* Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа / В.И. Бабушкин. – Харьков: Вища школа, 1989. – 168 с.
3. *Горчаков Г.И.* Основы стандартизации и управления качеством продукции промышленности строительных материалов / Г.И. Горчаков, Э.Г. Муратов. – М. Высшая школа, 1987. – 333 с.
4. Строительные материалы (Материаловедение и Технология) / Микульский В.Г., Горчаков Г.И., Козлов В.В. и др. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 536 с.
5. *Добролюбов Г.* Прогнозирование долговечности бетона с добавками / Г. Добролюбов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1983. – 212 с.
6. *Чернявский В.Л.* Адаптация бетона / В.Л. Чернявский – Днепропетровск: Нова ідеологія, 2002. – 216 с.
7. *И.Штарк, Б.Вихт* Долговечность бетона.-под ред. П.В.Кривенко. – К.: «Оранта». – 2004.– 301с.
8. *Иванов Ф.М.* Защита железобетонных транспортных сооружении от коррозии. – М.: Транспорт, 1968. – 207 с.
9. *Вербецкий Г.П.* Прочность и долговечность бетона в водной среде / Г.П. Вербецкий. – М.: Стройиздат, 1976. – 128 с.