

УДК 625.7

Стьожка В.В., канд. техн. наук, Борковський П.П.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. У статті розглянуто основні технологічні аспекти забезпечення довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг.

Ключові слова: довговічність, покриття автомобільних доріг, дорожній цементобетон, цементобетонна суміш, технологічні заходи.

Abstract. The main technological aspects of durability of cement concrete pavement of highways are considered in the article.

Key words: durability, road pavement, road cement concrete, cement concrete mix, technological measures.

Підвищення ефективності капітальних вкладень в дорожнє будівництво пов'язане з довговічністю (строком служби) дорожніх покриттів, зниженням вартості їх будівництва, раціональним і економічним використанням основних привозних дорожньо-будівельних матеріалів (цементу і щебеню). Проблема довговічності цементобетонних покриттів носить комплексний характер, включає конструктивні, матеріалознавчі і технологічні фактори. Одержання довговічних цементобетонів із заданими властивостями і структурою залежить від якості вихідних матеріалів, складу цементобетону, технології виготовлення та догляду за твердінням.

Умови експлуатації цементобетону для покриття доріг істотно відрізняються від умов експлуатації цементобетонів будівельних конструкцій, які використовуються в промислово-цивільному будівництві. Ці відмінності полягають, у першу чергу, у значній відкритій поверхні дорожнього бетону. Технологія дорожнього будівництва й властивості дорожнього бетону, як показав досвід, мають свої особливості. Одержання дорожнього цементобетону

із заданими властивостями можливо лише шляхом керування його структурою й комплексом технологічних операцій виготовлення конструкцій [1].

Поділ цементобетонів транспортного призначення на монолітні та збірні передбачає різні умови їх твердіння, що визначаються специфічними впливами температури і вологості.

До негативних сторін прискорення твердіння цементобетону внаслідок температурного впливу відносяться: виникнення і накопичення внутрішніх напружень; поява мікротріщин, здатних рости і розвиватися в магістральні тріщини; поява шаруватості в масиві цементобетону; розпушення шарів; збільшення макропористості, в першу чергу - відкритою і т.п. ці та подібні явища призводять до зниження експлуатаційних характеристик цементобетону. Якщо для конструкційних цементобетонів у деяких умовах експлуатації може спостерігатися «заростання» вищеперелічених дефектів, то специфіка дорожніх бетонів у більшості випадків призводить до інтенсивного зміни структури в бік зниження її механічних показників, зниження їх терміну служби і швидкої руйнації.

У той же час, наслідки, які може викликати природне тверднення бетонів, досить різноманітні і в першу чергу визначаються зовнішніми умовами.

Можна вважати встановленим фактом, що тріщини на поверхності дорожнього цементобетону виникають з трьох основних причин:

- усадка цементобетону при твердінні;
- наявність градієнта температур між поверхнею і внутрішньою частиною цементобетону;
- циклічна дія механічних навантажень.

Процес приготування бетонної суміші є ключовим елементом будь-якого підприємства будівельної індустрії.

Процес виготовлення бетонної суміші складається з наступних операцій:

- подачі матеріалів до дозуючих пристроїв;
- дозування всіх складових суміші;
- завантаження їх в змішувач;
- перемішування і вивантаження готової суміші [3].

Тривалість перемішування бетонної суміші залежить від об'єму змішувача, рухливості суміші і її об'ємної маси і зазвичай складає 1-3 хв.

Одним з основних критеріїв довговічності бетону конструкцій, який експлуатується в даних умовах, є його термоморозостійкість, тобто здатність бетону витримувати комплексну дію циклічного нагрівання і охолодження, заморожування і відтаювання.

В умовах температури $> + 25$ °С твердіння бетону може відбуватися інтенсивно в коротші терміни в порівнянні із звичайними умовами. Проте висока температура повітря, інтенсивна сонячна радіація в поєднанні із зниженою вологістю і великою швидкістю вітру несприятливо впливають на його фізико-механічні властивості. Інтенсивне обезводнення бетону із-за випаровування води різко уповільнює процес гідратації цементу, знижує його міцнісні характеристики і водонепроникність.

В даних умовах із-за швидкої втрати бетонною сумішшю рухливості утруднені її укладання і ущільнення, а також обробка поверхонь конструкцій. Тому при виконанні бетонних робіт основна увага приділяється на застосування таких методів як: приготування, транспортування і витримки бетону, які зводять до мінімуму його обезводнення. Вживаються спеціальні заходи, направлені на пониження температури компонентів бетонної суміші при її приготуванні (в умовах жаркої погоди температура бетонної суміші для різного часу дня змінюється), забезпечення необхідної рухливості при її приготуванні і транспортуванні, скорочення строків укладання суміші і захист її від сонячних променів.

Температура бетонної суміші у момент її виходу з бетонозмішувальної установки не повинна перевищувати $+ 20$ °С. Очікувану температуру готової бетонної суміші T_c , °С, визначають за формулою:

$$T_c = \frac{Ц \cdot T_u + П \cdot T_n + 3 \cdot T_z + 5 \cdot (B_n \cdot T_n + B_z \cdot T_z + B \cdot T_v)}{Ц + П + 3 + 5 \cdot (B_n + B_z + B)}, \quad (1)$$

де: T_u , T_n , T_z , T_v – температура відповідно цементу, піску, крупного заповнювача і води, які використовуються для приготування бетонної суміші, °С;

$Ц$, $П$, $З$, $В$ – витрата (маса) відповідно цементу, піску, крупного заповнювача і води, кг на 1 м^3 бетонної суміші;

B_n , B_z – вміст вологи в піску і крупному заповнювачі, кг.

Якщо врахувати масу компонентів бетонної суміші, а також те, що питома теплоємність води майже в 5 разів більше питомої теплоємності інших компонентів, то з наведеної формули видно, що найбільший ефект пониження температури бетонної суміші досягається в першу чергу при зменшенні температури води і заповнювачів. Іноді в практиці будівництва з цією метою до 50% води затворення замінюють льодом.

При підвищенні температури навколишнього середовища вище 20 °С не рекомендується застосовувати цемент першої групи ефективності. Щоб уникнути погіршення технологічних і фізико-механічних властивостей бетону і бетонної суміші (тріщини усадки, температурні тріщини; зменшення міцності із-за надмірного розігріву бетону) наполегливо рекомендуємо використовувати цемент другої групи ефективності.

Температурний режим в процесі влаштування конструкції суттєво впливає на технологічні властивості бетонної суміші та на довговічність цементобетону.

При підвищенні температури стрімко зменшується осідання конусу з часом. Це призводить до погіршення легкоукладальності суміші, зменшення продуктивності укладальника, а іноді взагалі до відбракування суміші. Щоб уникнути цих випадків потрібно корегувати кількість пластифікуючої та повітревтягуючої добавки. Рухомість бетонної суміші визначати на заводі та на місці укладання бетонної суміші.

Визначення кількості залученого повітря вимірювати безпосередньо перед укладанням, відбір зразків проводиться на місці укладання бетонної суміші.

Разом із ростом температури твердіння цементного тіста збільшується відношення кількості кристалічних фаз продуктів гідратації до гелеподібних продуктів. Гіпс у цементі, що твердіє, не тільки реагує з трьохкальцієвим алюмінатом, але також бере участь у процесах гідратації трьохкальцієвого силікату.

Цілком очевидно, що в міру підвищення температури суміші скорочуються строки її тужавлення і знижується зручноукладальність бетонної суміші. Погіршення зручноукладальності бетонної суміші призводить до росту її водопотреби. Ріст водопотреби неоднаковий у різних температурних інтервалах і значною мірою залежить від багатьох технологічних факторів: виду цементу, В/Ц та консистенції бетонної суміші.

В умовах жаркого клімату обезводнення бетону може бути зведено до мінімуму скороченням тривалості його витримки в результаті застосування прискорених методів твердіння бетону.

Використання таких методів може мати місце для досягнення проектної міцності бетонової конструкції або критичної міцності відносно втрат вологи, після досягнення якої кліматичні умови вже не роблять значного впливу на зростання міцності бетону. Значення критичної міцності залежить від цілого ряду чинників: складу і класу бетону, виду і активності цементу, виду добавок, що вводяться, режиму витримки і т. д. Проте при всіх випадках вона не повинна бути нижче 50% проектної.

Технологічними прийомами, що інтенсифікують твердіння бетону, є: застосування прискорювачів твердіння в композиціях з пластифікуючими або пластифікуючи-повітровтягуючими добавками, методи теплової обробки.

Метод теплової обробки може виявитися найбільш ефективним, оскільки дозволяє не тільки зменшити небезпеку обезводнення, але і одержати необхідний клас бетону в короткі строк. При цьому потрібно мати на увазі, що після набуття бетоном 70-80% проектної міцності він не потребує в умовах сухого жаркого клімату спеціального догляду.

Однією з реальних можливостей є використання такого джерела енергії, як сонячна радіація. Для цього свіжевкладений бетон покривають світлонепроникною поліетиленовою плівкою, яка пропускає промеву енергію і разом з тим запобігає втратам вологи.

Одним з найбільш доступних рішень у використанні сонячної енергії для інтенсифікації витримки бетону в монолітних конструкціях є прогрівання бетону в результаті витримки в «парниковому режимі» під плівковими покриттями. Цей простий і дешевий метод прогрівання бетону може бути застосований для конструкцій будь-якої конфігурації.

Випаровування вологи з поверхні бетону відбувається навіть за дуже сприятливих температурно-вологісних умов. Вважають, що при швидкості випаровування більше як $0,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$, утворення поверхневих тріщин від пластичної усадки є неминучим.

Основні методи догляду можна розділити на такі, що передбачають зволоження бетону і на такі, що запобігають випаровуванню води з його

поверхні. До найбільш поширених методів зволоження відносяться полив, покриття водонасиченими вологоємними матеріалами.

Для поливу твердіючого цементобетону зручно застосовувати різні насадки. Недоліками цього способу є підвищена витрата води і необхідність постійного спостереження за тим, щоб поверхні бетону не залишалися сухими. Інакше, при періодичному висиханні і зволоженні, якість бетону погіршується.

При покритті бетону вологоємними матеріалами їх періодично необхідно зволожувати. Цей спосіб підходить не тільки для горизонтальних, але і похилих поверхонь.

Друга група способів підходу, заснована на запобіганні випаровуванню вологи з бетону без зволоження, передбачає укриття поверхні водо- і паронепроникними матеріалами. До них відносяться бітумізовані сорти паперу (звичайно найбільш дешеві, наприклад, пергамін), плівки з полімерних матеріалів, а також різного роду рідкі плівкоутворюючі матеріали.

У сонячну погоду при температурі повітря вище за $+25^{\circ}\text{C}$ недостатньо запобігти випаровуванню вологи з поверхні укладеного бетону. Закриття поверхні полімерними плівками не виключає виникнення високих температурних градієнтів, що призводять до неоднорідного температурного поля в забетонованих конструкціях. Зниження температурних градієнтів може бути досягнуте застосуванням металізованих плівок з високою відбиваючою здатністю. Ще ефективніше закривати бетон комбінованим покриттям, де плівка прошита в пакет з шаром мішкковини.

Плівкоутворюючі матеріали найбільш технологічні в порівнянні з іншими видами покриттів, особливо при великих поверхнях бетону, що укладається. У той же час покриття плівкоутворюючими матеріалами і покриття поліетиленовою плівкою недостатньо захищають бетон від температурних дій, що дуже суттєво в умовах сухого і жаркого клімату. Є плівкоутворюючі сполуки з білим пігментом і алюмінієвою пудрою.

Найважливішим в технології догляду за бетоном є правильне призначення строків початку догляду за бетоном і його тривалості. Особливі вимоги до режимів догляду за бетоном пред'являються в умовах сухого і жаркого клімату при одночасній дії температур більш $+25^{\circ}\text{C}$ і вологості менше 50%.

Укриття папером або плівкою, так само як і розстеляння брезенту, повинне проводитися після набору бетоном мінімальної міцності, що забезпечує збереження його поверхні.

У всіх випадках вологий догляд за бетоном повинен починатися після протікання початкової фази гідратації, що запобігає поглинанню свіжовкладеним бетоном надмірної вологи. Цей початковий період відповідає орієнтовно досягненню бетоном міцності 0,3-0,5 МПа; тривалість його залежить від типу цементу який використовується, складу бетону (в основному від В/Ц) і температури твердіння. Залежно від перерахованих умов час досягнення такого стану коливається від 2 до 12 год. і визначається будівельною лабораторією в залежності від температури твердіння бетону. У цей період за звичайних умов (при вологості більше 50 % і відсутності сильного вітру) допускається не вживати ніяких заходів по догляду за бетоном. Бажано, проте, по можливості запобігати прямому попаданню на нього сонячних променів.

У сухий і жаркий період, а також в вітряну погоду при інтенсивності випаровування більше $0,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$ поверхню бетону слід вкривати відразу після його укладання. Коли хочуть вберегти поверхню від контакту з покриттям, влаштовують легкі тенти [4].

Тривалість догляду за цементобетоном визначається часом досягнення ним міцності 50-70% проектної.

В умовах сухого жаркого клімату після закінчення періоду вологого догляду вживають спеціальні заходи для запобігання мікротріщинам, які утворюються із-за інтенсивного випаровування вологи, особливо з поверхневої зони. З цією метою після припинення поливу, матеріал, що покриває бетон з поверхні не видаляють ще 2-4 доби.

Для запобігання появи тріщин усадки та температурних тріщин необхідно нарізати деформаційні шви згідно із [5].

Нарізання деформаційних швів виконувати через 3 м при температурі цементобетону вище $+ 50 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо відстань між швами буде більшою будуть виникати мікротріщини, які в свою чергу впливають на довговічність виробу. В цьому випадку довговічність може зменшитись в 2 – 3 рази тобто строк служби замість 20 років буде 3 – 5 років.

Отже, підвищення довговічності сучасних цементобетонів для покриття автомобільних доріг передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних

технологічних проблем шляхом: розробки технологічних основ, що дозволять управляти довговічністю цементобетонів на стадії проектування (при виборі цементу, добавок, заповнювачів та складу цементобетону); комплексної оцінки шляхом імітаційного моделювання довговічності цементобетонів за показниками, що визначають довговічність конкретного складу цементобетону за певних кліматичних умов і зовнішніх впливів.

Перелік посилань

1. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожніх і аеродромних покриттів. - М. : Транспорт, 1991. С. - 151.
2. Дефекты бетонных конструкций / Г. Руфферт ; Перевод с немецкого И. Г. Зеленцова; Под редакцией канд. техн. наук В. Б. Семенова. — Москва : Стройиздат, 1987. — 111 с., ил.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І.
4. Гамеляк І.П., Шургая А.Г., Якименко Я.М., Дмитриченко А.М., Чиженко Н.П. Удосконалення технології влаштування монолітного парапетного огороження типу “Нью-Джерсі”// Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. – Вип.1 (34). – С.78 – 88.
5. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.