

ВПЛИВ ЯКОСТІ ЦЕМЕНТІВ, СКЛАДОВИХ ТА ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОНІВ

INFLUENCE OF THE QUALITY OF CEMENTS, COMPONENTS AND ADMIXTURES ON THE PROPERTIES AND DURABILITY OF CEMENT CONCRETES

**Кріпка Л.М. (Асоціація Укрцемент), Саницький М.А. д.т.н., проф.
(Національний університет «Львівська політехніка»)**

**Kripka L. (Ukrcement Association), M.A. Sanytsky DrSc., prof. (Lviv
Polytechnic National University)**

Питання вибору типу дорожнього одягу для автомобільних доріг актуальне від початку їх проектування. Дорожнє будівництво – матеріаломістке виробництво з високою часткою витрат на сировину та основні матеріали. Асоціація «Укрцемент» тісно співпрацює з ОТГ щодо розширення застосування бетонних технологій для ремонту і будівництва місцевих доріг. У кінці 2021 року розпочато проект «Довговічні дороги силами громади» щодо поширення алгоритму ремонту місцевих доріг ОТГ. Спільно з ДП «ДерждорНД» розроблено новий сучасний Альбом конструкцій жорсткого дорожнього одягу, який містить:

- найбільш поширені конструкції жорсткого дорожнього одягу, які враховують залежність від категорії автомобільної дороги, регіону влаштування дороги, рівня варіації ґрунтів та варіантів технологій;
- детальну характеристику кожної конструкції щодо товщин та матеріалів, а також її наочну візуалізацію;
- детальну інформацію щодо технологій відновлення/підсилення дорожнього одягу із застосуванням цементобетону (кращі практики – вайтопінг та укочений бетон).

Передумови влаштування цементобетонного покриття:

- дефіцит бітуму вітчизняного виробництва;
- постійне підвищення цін на бітум та висока імпортозалежність;
- висока міцність на стиск і згин, витримує значно більші осьові навантаження, що зменшує імовірність утворення колійності;
- вищі міжремонтні строки для доріг з цементобетонним покриттям;
- наявність виробничих потужностей вітчизняного цементу;
- незначні витрати на утримання;
- краща видимість в темний час доби.

Руйнівні наслідки та обсяг шкоди російської агресії для України уже великі. Але повна картина стане відомою після витіснення ворога з країни. Для відновлення інфраструктури потрібно встановлення мирного часу та фінансове забезпечення кожного окремого проекту. Дефіцит чи відсутність

бітуму стимулює відновлення транспортних мереж з цементобетонними технологіями, а також переходити на кращі практики та вітчизняні будівельні матеріали як будівництва, так і аварійних ремонтів.

Позитивний досвід застосування укоченого бетону (RCC) на об'єктах транспортної інфраструктури є у різних країнах світу, зокрема на автомобільних дорогах невисокого значення та низьких категоріях. Роботи з влаштування покриття із RCC виконують на сухому, чистому, рівному, немерзлому шарі основи, похил якого повинен відповідати проектному, та який здатний сприймати навантаження від проходження технологічного транспорту без руйнувань.

Переваги RCC:

- покриття здатне витримувати значні навантаження, що дозволить забезпечити нормативні вимоги (можливо, навіть вищі) щодо надійності та довговічності автомобільних доріг низьких категорій;
- технологія не потребує застосування спеціальної техніки (основу ланки складають асфальтоукладач та дорожні котки);
- технологія дозволяє значно швидше відкрити рух для проїзду транспортних засобів у порівнянні з цементобетонним покриттям із штирковим з'єднанням плит;
- технологія може бути досить ефективною, враховуючи гострий дефіцит в Україні бітумних матеріалів та їх високу вартість.

Whitetopping-технологія передбачає усунення поверхневих дефектів асфальтобетонного покриття, а також підсилення існуючого нежорсткого дорожнього одягу шляхом нанесення на покриття шару із цементобетону під час капітального ремонту. Цю технологію доцільно застосовувати для усунення проблемних ділянок із дефектами верхнього шару покриття на автомобільних дорогах з інтенсивним рухом вантажних транспортних засобів (понад 20 % вантажних автомобілів), а також на ділянках, що мають пластичні деформації, зокрема в критичних зонах у межах міста та в зонах зміни режиму руху (світлофори та перехрестя, смуги руху маршрутних транспортних засобів, зупинки маршрутного транспорту тощо). Замість повної заміни покриття проводиться швидкий ремонт пошкодженого покриття за допомогою укладання тонкого шару цементобетону, для якого існуюча конструкція дорожнього одягу служить основою. Цементобетонне покриття здатне витримувати значні навантаження, в зв'язку з чим строк його експлуатації не залежить в значній мірі від інтенсивності та складу транспортного потоку. Використовується при влаштуванні тонких і звичайних видів покриття.

Застосування прогресивних світових технологій для відновлення та відбудови дорожньої інфраструктури потребує високоякісних цементів, заповнювачів та хімічних добавок. Статус асоційованого члена ЄС та сучасне законодавство зобов'язує Україну замінити нормативну базу на європейську. Основний стандарт на цемент ідентичний європейському

«ДСТУ Б EN 197-1:2015 Цемент. Частина 1 Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT)» є у Переліку національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» (наказ Мінрегіону № 54 від 18.02.2022).

Для виготовлення дорожніх бетонів в основному використовують цемент загальнобудівельного призначення категорії «ДОРОЖНІ ЦЕМЕНТИ». При виборі цементу враховують ряд критеріїв, в першу чергу – це умови експлуатації майбутніх доріг, а саме навантаження на дорогу; місце роботи бетону; агресивна дія навколишнього середовища; використання протиморозних засобів. Зазначеним вимогам відповідає портландцемент ПрАТ “Івано-Франківськцемент”, що виготовляється на основі портландцементного клінкеру нормованого мінералогічного складу (мас. %: C_3S – 60,82; C_2S – 14,62; C_3A – 6,76; C_4AF – 12,32; вміст Na_2O_e - 0,8. Висока активність портландцементного клінкеру ($R_{c28}=52-54$ МПа) визначає можливість одержання різних видів портландцементів з високою ранньою міцністю. В результаті для дорожнього будівництва забезпечується досягнення показників ранньої міцності бетонів, в т. ч. марочної міцності на згин через 3-7 діб (при правильному підборі заповнювачів бетону). За результатами перевірки «СЕПРОЦЕМ» встановлено, що портландцемент для дорожніх бетонів як за хіміко – мінералогічним складом, так і за фізико-механічними властивостями може використовуватись на всій території України для облаштування одношарового або верхнього шару двошарового покриття автомобільних доріг IV категорії, а також для нижнього шару двошарового покриття автомобільних доріг I-IV категорій. Для контролю якості дорожніх цементів застосовуються ті ж основні правила, як і для портландцементу. Стратегія розвитку цементів для дорожнього будівництва передбачає оптимізацію властивостей (легковкладальність, стандартна та рання міцність, довговічність, вартість, вплив на навколишнє середовище).

Необхідний рівень міцності і експлуатаційних властивостей цементобетонів нового покоління досягається якісним проектуванням складу, вибором технології виготовлення, доглядом, доведенням якості цементобетону до необхідного рівня технічного стану на стадії експлуатації, а також економічною ефективністю. Проектування складу цементобетону включає систему технологічних розрахунків для встановлення такого співвідношення між компонентами бетонної суміші, що гарантує необхідну міцність і довговічність бетону в дорожньому полотні та задану зручність її укладання з урахуванням технології виробництва та ущільнення, а також необхідну економічність.

Слід зазначити, що згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95 зерновий склад піску для будівельних робіт знаходиться в межах 0,16...5,0 мм. В той же час, згідно норм ЄС зерновий склад піску складає 0-2 мм, а наступні фракції

заповнювачів - відповідно 2-8 та 8-16 мм. В Україні при виготовленні бетонних сумішей часто використовують дуже дрібні піски ($M_k=1,0\dots1,5$) та крупні заповнювачі фракції 5-20 мм і вище. При цьому відсутність фракції від 2 до 5 мм у бетонній суміші призводить до збільшення міжзернової пористості в бетоні та перевитрати цементу. В результаті на практиці виникає потреба кореляції результатів випробувань цементобетонів, запроєктованих згідно з вітчизняними та європейськими стандартами.

Характерно, що цементобетон як багатокomпонентний композит містить ряд капілярів і пор, які наповнені повітрям та/або водою; вказаний поровий простір (капілярно-пориста структура) розподіляється переважно в зонах з міжфазними межами. Внутрішня структура бетону є багатофазною та неоднорідною, гетерогенною. Технічні характеристики цементобетонного композиту переважно залежать від властивостей окремих складників, а також їх об'єму та конфігурації цих фаз у бетоні; важливим фактором є адгезія між складниками на різних масштабних рівнях.

Правильно запроєктований зерновий склад заповнювачів забезпечує задану легковкладальність бетонної суміші з врахуванням економічно доцільної витрати цементу. Крива зернового складу заповнювачів, що знаходиться в області задовільного гранулометричного складу, гарантує відповідну консистенцію бетонної суміші при якомога найменшій кількості води та цементу (розчинової складової), а також мінімальному вмісті повітря; при цьому також забезпечується низька проникність бетону та менша усадка. Слід зазначити, що на практиці для приготування бетонів часом використовуються заповнювачі невідповідного зернового складу. Проте такий бетон буде не економічним через необхідність використання значної кількості цементу і може характеризуватись пониженою легковкладальністю; пониженою міцністю, якщо кількість цементу не забезпечить заповнення надмірної кількості порожнин між зернами заповнювача; низькою довговічністю внаслідок підвищеної пористості.

Для цементобетонів слід також дотримуватись мінімальних термінів догляду, особливо в умовах понижених температур та сухого жаркого клімату. На початкових етапах тверднення цементобетон вразливий до втрати значної кількості води внаслідок її випаровування. Тому поверхня бетону повинна бути відповідно захищеною через захист поверхні бетону хімічними засобами, що запобігають випаровуванню води, або накрити бетон захисною плівкою. Мінімальний термін догляду, що забезпечує мінімальну експлуатаційну міцність, в значній мірі визначається швидкістю набору міцності бетону ($r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$) і залежить від температури тверднення. Крім факторів, пов'язаних з доглядом, для цементобетонів важливе значення має також ступінь повітревтягування при вкладанні бетонної суміші. Одним з найбільш ефективних шляхів підвищення будівельно-технічних властивостей та довговічності цементобетонів є їх модифікування комплексними багатофункціональними добавками.