тривалої дії навантаження та локальних чи суцільних корозійних пошкоджень впливає на величину міцності балок. Проте суттєвої відмінності впливу локальних чи суцільних корозійних пошкоджень на характер і час вичерпання несучої здатності нормальних перерізів залізобетонних балок в умовах одночасного впливу навантаження і агресивного середовища не було помічено.

1. Бліхарський З.Я. Корозія конструкцій будинків з гальванічним виробництвом // Міжвідомчий науково-технічний збірник. Будівельні конструкції. – Київ: НдіБК, 1999. – С.195–198. 2. Бліхарський З.Я., Хміль Р.Є. Вплив корозійного середовища на стан залізобетонних димових труб // Вісн. Донбаської державної академії будівництва і архітектури. –2001. – Вип. 5(30). – С. 97–101. 3. Москвин В.М. Коррозия бетонных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с. 4. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисиль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М., 1990. – 316 с. 5. СНиП 2.03.01–84. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.*

УДК 624.012

М.О. Бродський
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра архітектурних конструкцій

МІКРОСТРУКТУРА БЕТОНУ НА ГРАНУЛЬОВАНОМУ ШЛАКУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

© Бродський М.О., 2004

Подано результати досліджень мікроструктури контактного шару: заповнювач – гранульований шлак теплових електростанцій (ТЕС) та цементний в’яжучий комплекс методів.

Постановка проблеми. Властивості конгломерату контактної зони заповнювач – цементний камінь відіграють велике значення для створення оптимальної структури бетону в цілому та його міцності і деформативних характеристик. Використання шлаку ТЕС як заповнювача для бетону не тільки фактор підвищення екологічної безпеки, але і один з факторів здешевлення продукування як виробів з бетону, так і самої енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільшими забруднювачами довкілля є теплові електростанції. Використання відходів спалювання вугілля на ТЕС (золи і шлаків) один з напрямків екологізації виробництва електроенергії.

Дослідники відмічають, що відходи ТЕС відрізняються широкою гамою властивостей, тому застосування їх як заповнювачів для бетону вимагає комплексу досліджень. Відомо, що руйнування структури бетону є наслідком можливого виникнення перших порушень суцільності на межі контакту заповнювача та цементної матриці.

Механічні властивості бетону залежать не тільки від механічних властивостей цементної матриці та заповнювачів, але також від властивостей контактного шару між ними. Тріщини у зоні контакту цемент – заповнювач можливо спостерігати навіть без прикладеного навантаження – через усадку, зміну об’єму та ін. Зліплення цементу та заповнювача є дуже важливим для утворення бетонного каменю, тому необхідно обумовлювати його природу та фактори, що його формують.

У загальному зліплення цементної матриці та заповнювача виникає як наслідок деяких комбінацій механічного зліплення прогідратованого цементу з поверхнею заповнювача обумовлено силами Ван дер Ваальса між ними та деяких хімічних реакцій між заповнювачем та цементним тістом. Але відносна важливість таких процесів досі не досліджена. Якщо природу зліплення цементного тіста – заповнювач недавно було переглянуто, то зв’язок між природою зліплення та його та його видом у бетоні потрібно досліджувати.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Дослідження, що проводились за допомогою скляних пластин та кварцового заповнювача В. Барнетом дозволили запропонувати таку послідовність формування контактного шару:

1) відкладання плівки гідрооксиду кальцію з c-axis перпендикулярно до поверхні заповнювача;

2) послідовне покриття новоутвореної плівки шаром видовжених часток c-s-h, що утворюють покриття щіткоподібної форми;

3) осад з великих кристалів гідрооксиду кальцію з їх c-axis паралельних до поверхні;

4) заповнення вільного простору вторинними кристалами гідрооксиду кальцію.

Базуючись на дослідженнях із вимірювання величини зони контакту цементна паста – заповнювач встановлено, що товщина її становить приблизно 50 мкм та залежить переважно від природи заповнювача і водоцементного співвідношення. Всередині такої зони контракту цементний камінь за структурою більш пористий порівняно із загальним цементним каменем. Орієнтовані кристали гідрооксиду кальцію можуть бути досить великими. Все це призводить до виникнення перших тріщин у зоні такого контакту під дією навантаження.

Вважалося, що зона контакту займає дуже малий об'єм у загальному об'ємі бетону, який складається в основному з суміші заповнювачів, втоплених в цементну матрицю. Але проведені дослідження полірованої поверхні бетону виявили, що внутрішній простір між зернами заповнювача становить 75 – 100 мкм та звичайно може значно відрізнятися. Якщо зона контакту становить 50 мкм, то тріщини будуть розвиватися, в основному, у зоні контакту обмеженого зернами заповнювача, тобто розповсюджуватися у стисненому просторі згідно з геометрією розповсюдження.

Разом з тим, структура бетонного каменю постійно видозмінюється у зв'язку із зміною рівноваги середовища, як наслідок постійно перебігаючи з процесів і це також викликає додаткові внутрішні напруження та деформації структури бетонного каменю, що постійно прямує до рівноваги [2], тому зона контакту вимагає додаткових досліджень.

Паливний гранульований шлак ТЕС вогнянорідкого видалення, роздільно від золи, фактично суміш подрібненого скловидного матеріалу, характеризується приблизно однаковою чистотою, пористістю, шорсткістю поверхні. Наявність у складі шлаку переважаючої кількості тих чи інших оксидів створює особливості процесів структуроутворення та фазового складу новоутворень зони контакту заповнювач – цементна матриця. Граншлак ТЕС як заповнювач для бетону повинен забезпечувати однорідну структуру штучного каменю (бетону) із заздалегідь заданими міцнісними та деформативними властивостями.

Мета роботи. Дослідити характер мікроконгломерату контактної зони гранульований шлак ТЕС та цементна матриця. Зліплення заповнювача та цементної матриці і характер руйнування зразків з бетону на такому заповнювачі та гранітному.

Експериментальні дослідження проведено на граншлаку Бурштинської ДРЕС та цементі Миколаївського ЗАТ М400, складу 1:1. Зразки піддано тепловологісній обробці, зберігалися в нормальних умовах, вік 2 доби та 10 років до випробовування. Аналогічні зразки були виготовлені на гранітному заповнювачі. Мікроструктуру бетону, наявність порушень структури, пор, зону контакту досліджували спочатку на оптичному мікроскопі (NEOPTOT-2) в поляризаційному світловому потоці. Досліди шліфів з бетону (при 200-кратному збільшенні) показали, що цементна матриця щільно заповнює всі нерівності поверхні зерен шляху, лінія контакту чітка в деяких місцях з переходами у тіло цементної матриці. При збільшенні роздільної здатності мікроскопа спостерігається стирання лінії контакту (втрачається контрастність зображення лінії), складові елементи проростають одне в одне та утворюють щільну однорідну структуру новоутворень контактної зони. Такий взаємозв'язок демонструє хімічну взаємодію граншлаку та цементного в'яжучого. Дослідження мікротвердості такої зони контакту показало значно меншу величину мікротвердості порівняно з контактною зоною на гранітному заповнювачі. Мікротвердість граншлаку також наближена до параметрів цементного каменю на відміну від граніту. Зона контакту, порівняно з гранітом, для граншлаку значно менша і забезпечує досконале зчеплення шлаку з цементною матрицею.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Все це створює передумови їх сумісної роботи в бетоні, тобто подібних пружних властивостей заповнювача контактної зони цементної матриці створюють однорідну структуру штучного каменю.

Особливості фазоутворення в зоні контакту під час взаємодії граншлаку та цементного в'яжучого вивчались на дифрактометрі ДРОН-2, спектрометрі IR-спектроскопії (SPECOR IR), дифрактометрі системи Ф. Паулік, П. Паулік, Э. Эрдеі. За результатами досліджень було з'ясовано:

1) на рентгенограмах зникнення ліній гідросилікату кальцію (лінія 0,487) та наявність ліній двокальцієвого та трикальцієвого силікату;

2) на термограмах екзотермічні ефекти свідчать про реакції перекристалізації силікатів кальцію та утворення нових фаз.

Зона контакту досліджувалась також при збільшенні в 3500–10000 разів на електронному мікроскопі (методом вуглецево-пластичних відбитків) TESLA B5-30. Дослідження граншлаку показало, що поверхня зерен шлаку гладка з граничною кількістю пор, що утворилися від бульбашок газів під час охолодження розплаву. Після взаємодії з цементним в'яжучим поверхня має вигляд шорсткої. Зона контакту прослідковується добре, вона щільно облягає зерна шлаку. Товщина зони контакту, що складається з продуктів гідратації, з часом (10 років) майже не змінюється – це характеризує щільність її структури. В той же час на початковій стадії (вік 2 доби), зона контакту утворюється значно інтенсивніше та міцність бетону, як наслідок, на граншлаку вища за бетон на гранітному заповнювачі. У цей період зона контакту граніту та цементного зв'язного щільна, але вузька без видимих слідів хімічної взаємодії, з мікротріщинами в окремих місцях між поверхнею заповнювача та цементним каменем.

Висновки. На основі отриманих результатів можливо констатувати:

– гранульований шлак ТЕС (алюмозалізисте скло) активно взаємодіє з гідроксидом кальцію в середовищі твердnучої цементної матриці, забезпечуючи добре зчеплення структурних елементів бетону;

– щільна зона новоутворень складається з низькоосновних гідросилікатів та гідроалюмінатів;

– однорідність фізико-механічних властивостей заповнювача – граншлаку ТЕС та цементного каменю, широкої та однорідної зони контакту забезпечують добру сумісну роботу структуро-утворювальних елементів бетону;

– руйнування бетону на граншлаку ТЕС проходить виникненням перших мікротріщин по зернах шлаку та масі цементного каменю на відміну від бетону на гранітному заповнювачі – де мікротріщини проходять по зоні контакту та цементній матриці;

– порівняно з бетоном на гранітному заповнювачі витрати цементу для бетону на заповнювачі з граншлаку ТЕС двоякої міцності менший на 10 відсотків.

1. Ларіонова В. Формування структури цементного каменю та бетону. – М.: Стройиздат, 1971. – 100 с. 2. Міндес С. Механічні властивості цементних систем. – Ванкувер, 1984. – 586 с. 3. Прокопскі Г. Аналіз зв'язку структури бетону з його тріщиностійкістю. – Ченстахов: Вид-во Політехніки Ченстоховської, 1990. – 273 с.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua