

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ БЕТОНІВ НА ЛЕГКИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ ДЛЯ ТОНКОСТІННИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Кровяков С.О., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
skrovyakov@ukr.net, ORCID 0000-0002-0800-0123

Анотація. Для вирішення задачі підвищення довговічності бетонів на легких заповнювачах для тонкостінних гідротехнічних споруд запропоновано використовувати два методи керування сумісною роботою заповнювача і цементно-піщаної матриці: обробка гравію цементною суспензією в початковій стадії приготування суміші та гідрофобізація поверхні гравію. Застосування даних прийомів в комплексі з модифікаторами: пластифікатором, кольматуючою добавкою, мікрокремнеземом і фіброю, дозволяє отримати керамзитобетони з підвищеною міцністю, водонепроникністю і морозостійкістю. Пропоновані легкі бетони можуть використовуватися при будівництві залізобетонних плавучих споруд, що, зокрема, дозволяє підвищити їх вантажопідйомність.

Ключові слова: тонкостінні конструкції, гідротехнічні споруди, легкий бетон, керамзит, модифікатори, довговічність, обробка.

Вступ. Світовий досвід показує, що для ряду тонкостінних гідротехнічних споруд ефективним є застосування бетонів на пористих заповнювачах. При цьому в галузі залізобетонного суднобудування керамзитобетон є фактично безальтернативним видом легкого бетону, який дозволяє знизити власну вагу плавучої споруди за рахунок чого підвищити її вантажопідйомність. Сьогодні з легких бетонів будуються переважно великогабаритні плавучі споруди: доки, плавучі будинки і готелі, нафто- і газовидобувні платформи. Україна є одною з небагатьох країн світу, яка володіє технологією залізобетонного суднобудування. На Херсонському державному заводі «Паллада» вже багато років будуються плавучі залізобетонні споруди різного призначення.

На сучасному рівні розвитку будівельного матеріалознавства задача підвищення довговічності легких бетонів не може вважатися повністю вирішеною. При цьому для конструкцій споруд, ремонт, заміна або відновлення яких є складними, забезпечення довговічності бетону стає стратегічною метою. Відповідно розвиток наукових і практичних основ підвищення довговічності бетонів на легких заповнювачах для тонкостінних гідротехнічних споруд є актуальною і важливою задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження багатьох вчених показують, що основним шляхом забезпечення високої довговічності бетонів для тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд є підвищення їх водонепроникності при забезпеченні необхідного рівня морозостійкості [1, 2 та ін.]. Заповнювачі складають до 80% від загального об'єму компонентів бетону, тому їх властивості, а також сумісна робота заповнювача і цементно-піщаної матриці при структуроутворенні та експлуатації має велике значення для корозійної стійкості та довговічності легкого бетону [3]. О.Г. Ольгінський і В.Л. Чернявський вважали характер зчеплення гідратів в'язучого з заповнювачем найбільш важливим «показником структурного стану бетону», що визначає його міцність і довговічність [4]. С.С. Гордон показав, що контактна зона є слабкою ланкою будівельних композитів, відповідно важливим напрямом підвищення фізико-механічних властивостей і довговічності бетону є забезпечення стабільності зони контакту матриці та заповнювача, зокрема з врахуванням їх об'ємних змін [5]. В роботах наукової школи В.М. Вирового показано, що на границі матричного матеріалу з заповнювачем відбуваються структурні процеси різної спрямованості, які залежать, зокрема, від співвідношення величин когезійної і адгезійної міцності в матричному матеріалі [6, 7]. Це веде до зміни щільності в локальних ділянках матриці та провокує зміну форми поверхонь розділу та

виникнення нових поверхонь. За рахунок цього з'являються порожнини у вигляді тріщин з різним напрямками на границі з заповнювачем та у матричному матеріалі. При подальшій експлуатації у процесі мікроруїнування в структурі бетону найбільша кількість тріщин спостерігається саме в контактній зоні заповнювач – цементно-піщана матриця, причому тріщини на межі зчеплення частіше всього є відкритими і безперервними [8]. Дані тріщини з'являються в результаті водовідділення і диференціальних об'ємних деформацій, тобто є різновидом технологічних тріщин [7].

Таким чином задача підвищення довговічності та фізико-механічних характеристик бетонів на пористих заповнювачах для тонкостінних гідротехнічних споруд може бути вирішена шляхом регулювання взаємодії між цементно-піщаною матрицею та заповнювачем в процесі структуроутворення і експлуатації бетону, спрямованого на покращення їх сумісної роботи, зокрема за рахунок зниження вологісних деформацій заповнювача. При цьому має бути забезпечена низька проникність як матриці, так і заповнювача при його роботі в даній матриці. Досягнути цього можна шляхом створення структури зі зниженою капілярною пористістю цементно-піщаної матриці, зокрема в контактному шарі заповнювача. Ефективний вплив на структуру легких бетонів може бути здійснений за рахунок застосування таких рецептурних прийомів, як введення модифікаторів різного типу і дисперсного армування, а також технологічних методів обробки поверхні пористого заповнювача, спрямованих на покращення його роботи в цементно-піщаній матриці в вологих умовах експлуатації. Для конструкційних легких бетонів високої міцності також важливим є підвищення міцності пористого заповнювача, в першу чергу в вологих умовах експлуатації. Це пов'язано з тим, що для таких матеріалів в значній мірі саме цей показник, а не витрата в'язучого, обмежує їх міцність [9].

Метою роботи є розвиток теоретичних основ і створення практичних прийомів отримання бетонів на легких заповнювачах із заданими експлуатаційними властивостями та підвищеною довговічністю для тонкостінних гідротехнічних споруд, зокрема залізобетонних плавучих, за рахунок керування структурою шляхом застосування модифікаторів і здійснення операцій, спрямованих на покращення сумісної роботи заповнювача і цементно-піщаної матриці.

Об'єкти та методи дослідження. Об'єктом досліджень є структура і властивості модифікованих бетонів і фібробетонів на легких пористих заповнювачах, зокрема попередньо оброблених, для тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд.

Дослідження структури і властивостей модифікованих керамзитобетонів і фібро-керамзитобетонів виконані з широким використанням методів оптимального планування експериментів і застосуванням багатофакторного математичного моделювання [10]. При проведенні декількох серій 3-х, 4-х і 5-ти факторних експериментів використовувався керамзитовий гравій виробництва Одеського керамзитового заводу, сульфатостійкий портландцемент ССПЦ 400-Д0, кварцовий пісок, мікрокремнезем, суперпластифікатор С-3, кольматуюча добавка Пенетрон Admix і поліпропіленова фібра Vaucon. В якості гідрофобізатора використовувалася емульсія кремнійорганічної рідини 136-157М.

Результати досліджень. Один з головних механізмів впливу сумісної роботи заповнювача і цементно-піщаної матриці на структуру і властивості легкого бетону проілюстровано на схемі, наведеній на рис. 1. Ця схема показує, що за рахунок вологісних деформацій пористого заповнювача в цементно-піщаній матриці виникають зони з найбільшою інтенсивністю даних деформацій, в яких наявні технологічні та експлуатаційні тріщини активно зростають за рахунок розкриття їх берегів. При цьому можливі два основних типа механізмів утворення і розвитку технологічних тріщин в матриці легкого бетону при набуханні і усадці заповнювача: при адгезії матричного матеріалу до заповнювача вищій за його когезію (рис.1, а), та при когезії матричного матеріалу вищій за адгезію до заповнювача (рис.1, б). Надалі ці тріщини здатні поєднуватися з утворенням внутрішніх поверхонь розділу [6, 7]. Дані тріщини і поверхні розділу з високою вірогідністю можуть розкритися до величин, які дозволяють проникати воді і за рахунок цього інтенсифікувати більшість видів корозійних впливів середовища. Відповідно зниження набухання і усадки заповнювача є важливим механізмом впливу на структуру композиту, спрямованим на підвищення його довговічності. Також одним

з механізмів покращення сумісної роботи заповнювача і цементно-піщаної матриці може слугувати регулювання величини адгезії матричного матеріалу до пористого заповнювача. При цьому слід прагнути до «урівноваження» між величинами адгезії цементно-піщаної матриці до заповнювача та її власної когезії.

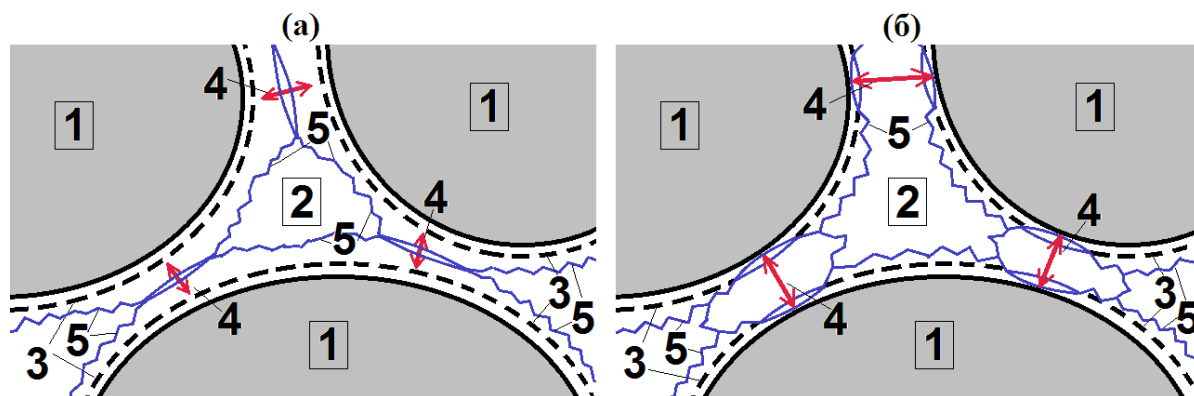


Рис. 1. Механізми утворення технологічних тріщин і внутрішніх поверхонь розділу в цементно-піщаній матриці легкого бетону при набуханні і усадці пористого заповнювача:
 а) при адгезії матричного матеріалу до заповнювача вищій за його когезію;
 б) при когезії матричного матеріалу вищій за адгезію до заповнювача
 1 – пористий заповнювач; 2 – цементно-піщана матриця; 3 – границя вологісних деформацій заповнювача в процесі структуроутворення і експлуатації; 4 – зони з найбільшою інтенсивністю вологісних деформацій; 5 – напрям вірогідного зростання фронту технологічних тріщин

Таким чином, для підвищення довговічності та механічних властивостей бетонів на пористих заповнювачах, які з одного боку мають гарну адгезію до цементно-піщаної матриці, а з іншого – змінюють свій об'єм через набухання і втрату вологи, корисними є технологічні операції, спрямовані на забезпечення сумісної роботи заповнювача і матриці, зокрема на зменшення вологісних деформацій заповнювача. З врахуванням особливостей умов експлуатації тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд окреслені вище задачі було запропоновано вирішувати двома методами.

Перший метод – обробка пористого заповнювача цементною суспензією у початковій стадії перемішування суміші, що є досить простим технологічним прийомом. Вона здійснюється за рахунок завантаження у бетонозмішувач води з добавками і цементу з подальшим приготуванням суспензії, в яку надалі завантажуються гравій, що обробляється. Далі у змішувач подається пісок і перемішування продовжується до досягнення однорідності бетонної суміші. Така обробка зміцнює поверхневий шар крупного пористого заповнювача та перехідної зони між заповнювачем і матрицею, підвищуючи її однорідність, сприяє перетворенню пористості заповнювача у замкнуту, покращує однорідність заповнювача завдяки насиченню технологічних тріщин, пор та інших порожнин гравію цементним тістом. В сумі дані ефекти впливають на капілярно-порову структуру композиту, зокрема в контактній зоні, та відповідно на роботу заповнювача в матриці. Це, свою чергу, дозволяє покращити міцність та довговічність легких бетонів [11]. Необхідно зазначити, що пористий заповнювач взаємодіє з цементно-піщаною сумішшю і при звичайному методі її приготування, але спрямована обробка заповнювача цементною суспензією значно посилює позитивний вплив в'язучого на структуру як самого заповнювача, так і його контактної зони.

Другий метод – гідрофобізація поверхні пористого заповнювача, яка здійснюється завдяки обробці керамзиту емульсією кремнійорганічної рідини з обов'язковим подальшим висушуванням для утворення гідрофобної плівки. Це дозволяє знизити поглинання води з цементно-піщаної матриці, за рахунок чого понизити В/Ц суміші без погіршення її технологічності, а також у 3..5 разів зменшити об'ємні зміни зерен заповнювача в матриці в процесі структуроутворення. Також гідрофобізація змінює ступень адгезії заповнювача до матриці та знижується ефект розм'якшення заповнювача у вологих умовах експлуатації.

Даний метод вперше був запропоновано О.А. Кучеренком і В.М. Вировим [12], але в даних дослідженнях він вдосконалюється з позиції забезпечення саме підвищення довговічності легких бетонів для тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд.

Обидва запропонованих методи керування сумісною роботою заповнювача і матриці мають здійснюватися в комплексі з рецептурними рішеннями, спрямованими на підвищення довговічності – проектуванням раціональних складів бетонів, введенням модифікаторів: ефективних пластифікаторів, кольматуючих добавок і наповнювачів, дисперсним армуванням тощо. Застосування комплексних заходів дозволяє отримувати структуру легкого бетону з переважно закритою пористістю, враховуючи пористість заповнювача в композити, при зниженні капілярної пористості цементно-піщаної матриці.

З метою дослідження ефективності запропонованих технологічних методів керування сумісною роботою заповнювача і матриці в комплексі з рецептурними методами підвищення довговічності легких бетонів були проведені декілька серій багатофакторних експериментів. Зокрема, були досліджені структура і властивості модифікованих керамзитобетонів на обробленому цементною суспензії гравії. Кількість цементу в бетону на гравії крупністю 5-10 мм була від 500 до 600 кг/м³. Встановлено, що за рахунок застосування технологічного прийому обробки суспензією пористого заповнювача переважна частка його пор на глибині до 1,2-1,5 мм є закольматованими а цементно-піщана матриця в контактній зоні має щільну структуру. За рахунок обробки міцність керамзитобетону зростала на 2...3 МПа в порівнянні з аналогічними за складом легкими бетонами на основі насиченого водою гравію. Крім того, легкі бетони на обробленому заповнювачі показували приблизно на марку більшу водонепроникність в порівнянні з контрольними складами. За рахунок використання суперпластифікатора С-3, мікрокремнезему, дисперсного армування, а також застосування технологічного прийому попередньої обробки гравію цементною суспензією, отримані керамзитобетони мали міцність при стиску до 42...44 МПа при міцності на розтяг при згині до 7 МПа. Міцність даних модифікованих керамзитобетонів задовольняє вимогам до матеріалів для більшості тонкостінних конструкцій гідротехнічних споруд, зокрема вимогам Морського реєстру до суднобудівних керамзитобетонів, які використовуються при будівництві плавучих залізобетонних споруд [13]. Водонепроникність досліджених керамзитобетонів варіювалася переважно в діапазоні від W6 до W12, при цьому на її рівень суттєво впливала кількість цементу. За рахунок введення 30-35 кг/м³ мікрокремнезему водонепроникність легких бетонів підвищувалася на одну марку і більше, аналогічний ефект досягався при збільшенні кількості суперпластифікатора С-3 до 0,8-0,9%. Морозостійкість досліджених керамзитобетонів на обробленому гравії знаходилася в діапазоні від F400 до F550, фіброкерамзитобетонів – від F450 до F600. При цьому середня густина даних легких бетонів в сухому стані становила від 1650 до 1700 кг/м³, у водонасиченому – від 1800 до 1870 кг/м³.

Також були досліджені структура і властивості модифікованих керамзитобетонів на гравії з гідрофобізованою поверхнею [14, 15]. Встановлено, що цементно-піщана матриця модифікованих бетонів мала переважно незначні розміри пор, які були рівномірно розподілені у об'ємі композиту. В контактній зоні гідрофобізованого заповнювача матриця мала щільну структуру з низькою кількістю пор. За рахунок гідрофобної обробки поверхні пористого гравію емульсією кремнійорганічної рідини з раціональною концентрацією (0,6-0,8%) на 9..12% знижується коефіцієнт технологічної пошкоженості легких бетонів [6], що свідчить про суттєвий вплив даного прийому на процес структуроутворення композиту.

Модифіковані керамзитобетони і фіброкерамзитобетони при кількості портландцементу 500-600 кг/м³, введенні 2% добавки Пенетрон А і 0,7-0,8% добавки С-3, а також при використанні гідрофобної обробки пористого гравію мали міцність при стиску до 45 МПа, водонепроникність від W8 до W12 і морозостійкість не нижче F500, що забезпечує їх високу довговічність, зокрема при експлуатації в конструкціях плавучих залізобетонних споруд. Найістотніше на водонепроникність бетону впливає гідрофобізація гравію, кількість портландцементу і кольматуючої добавки. За рахунок гідрофобізації поверхні гравію морозостійкість керамзитобетонів підвищується на 50 і більше циклів, за рахунок дисперсного армування – приблизно на 50 циклів. Середня густина досліджених легких

бетонів на гравії з гідрофобізованою поверхнею в сухому стані становила від 1630 до 1740 кг/м³, у водонасиченому – від 1750 до 1860 кг/м³. За рахунок гідрофобізації поверхні гравію теплопровідність легкого бетону знижувалася на 0,09-0,10 Вт/м×К, а середня густина у водонасиченому стані на 30...40 кг/м³, що пояснюється здатністю плівки гідрофобізатора перешкоджати проникненню води у пори гравію. Тобто легкі бетони на гравії з гідрофобізованою поверхнею відрізняються зниженою середньою густиною, експлуатаційною вологістю і теплопровідністю при високій міцності та довговічності.

З врахуванням того, що, як показано вище, довговічність матеріалів тонкостінних гідротехнічних споруд визначається переважно їх водонепроникністю та морозостійкістю, для спрощення аналізу отриманих результатів на рис. 2 показані загальні тенденції впливу використаних модифікаторів і технологічних прийомів на рівні даних показників якості досліджених керамзитобетонів (W і F).

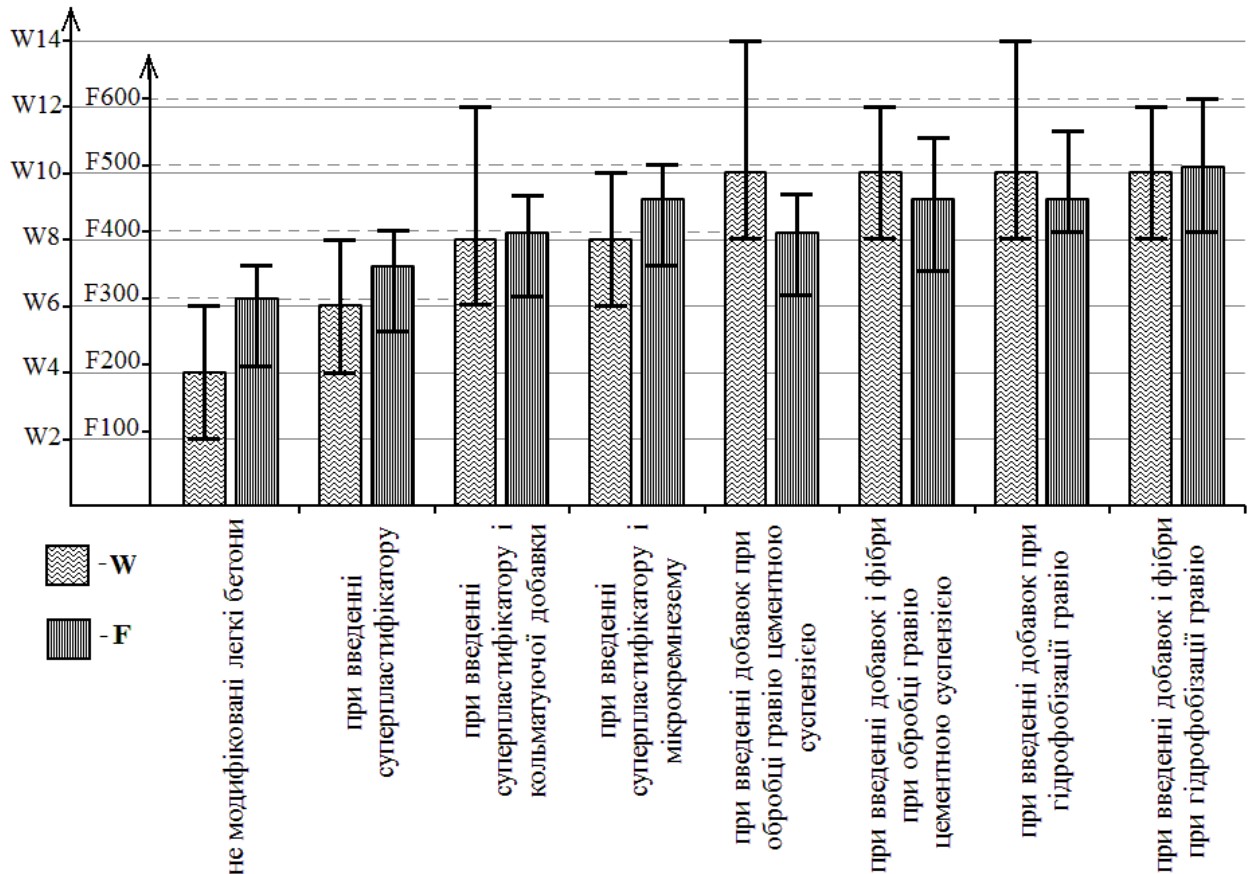


Рис.2. Загальні тенденції впливу модифікаторів на водонепроникність (W) і морозостійкість (F) керамзитобетонів

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, розвинуто теоретичні основи і створено практичні прийоми виготовлення бетонів на легких заповнювачах із заданими експлуатаційними властивостями та підвищеною довговічністю для тонкостінних гідротехнічних споруд, зокрема залізобетонних плавучих. Встановлено, що підвищення довговічності та фізико-механічних характеристик легких бетонів досягається за рахунок створення структури зі зниженою капілярною пористістю цементно-піщаної матриці, зокрема в контактній зоні. Досягнути цього дозволяє використання модифікаторів та здійснення операцій, що мінімізують об’ємні вологісні деформації заповнювача, за рахунок чого покращується якість сумісної роботи заповнювача і цементно-піщаної матриці.

Розроблено та затверджено регламент з технології приготування модифікованих суднобудівних керамзитобетонів і фіброкерамзитобетонів для виготовлення тонкостінних плавучих споруд та плавучих доків. Розроблено та знаходиться на стадії обговорення і погодження проект Державного стандарту України «Бетон суднобудівний. Технічні умови та технологія приготування», який складається з двох частин: «Бетон суднобудівний важкий» і

«Бетон суднобудівний легкий».

Основним спрямування подальших досліджень буде розробка довговічних конструкційних легких бетонів для тонкостінних конструкції плавучих залізобетонних споруд зі зниженою середньою густиною за рахунок застосування в комплексі з крупним пористим заповнювачем значної частки легких пісків.

Література

1. Мишутин А.В., Мишутин Н.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений. Одесса: Эвен, 2011. 292 с.
2. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Под ред. П. Кривенко. К.: Оранта, 2004. 301 с.
3. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. М.: Стройизд, 1980. 536 с.
4. Ольгинский А.Г., Чернявский В.Л. Влияние среды на адаптационные зоны контакта заполнителей с цементным камнем в бетоне. Бетон и железобетон. 2000. №4. С. 5-8.
5. Гордон С.С. Структура и свойства тяжелых бетонов на различных заполнителях. М.: Стройиздат, 1969. 151 с.
6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства. Одесса: ТЕС, 2010. 176 с.
7. Суханов В.Г., Выровой В.Н., Коробко О.А. Структура материала в структуре конструкции. Одесса: Полиграф, 2016. 244 с.
8. Ключко Б.Г., Кушвид А.А. Трещинообразование бетона в процессе эксплуатации конструкций. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2004. Вип. 3. С. 124-126.
9. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Проектування складів бетонів. Рівне : НУВГП, 2015. 353 с.
10. Ляшенко Т.В., Вознесенский В.А. Методология рецептурно-технологических полей в компьютерном строительном материаловедении. Одесса: Астропринт, 2017. 168 с.
11. Кровяков С.О., Мішутін А.В. Рецептурно-технологічні методи підвищення довговічності бетонів на легких заповнювачах для тонкостінних гідротехнічних і транспортних споруд. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 36. Рівне: Волинські береги, 2018. С. 55-63
12. А.с. № 863556. СССР, Кл. С 04 В 31 / 40. Способ обработки легкого заполнителя. Кучеренко А.А., Выровой В.Н., Шкрабик И.В. №2737967/29-33; заявл. 19.03.79; опубл. 15.09.81, Бюл. № 34.
13. Kroviakov S., Mishutin A., Pishev O. Management of the properties of shipbuilding expanded clay lightweight concrete. International Journal of Engineering & Technology, 2018, Vol. 7, No 3.2, pp. 245-249.
14. Kroviakov S., Mishutin A. Production technology of modified expanded clay lightweight concrete for floating structures. The Scientific Journal of Cihan University – Sulaimanyia, Vol. (1) Issue (4), August 2017. pp. 2-10.
15. Mishutin A., Kroviakov S., Mishutin N., Bogutsky V. Modified expanded clay lightweight concretes for thin-walled floating structures. Proceedings of the Second International Conference on Concrete Sustainability. ICCS16. Madrid, Spain, 2016. pp. 741-747.

References

1. Mishutin A.V., Mishutin N.V. Povyshenie dolhovechnosti betonov morskikh zhelezobetonnykh plavuchikh i statsionarnykh sooruzhenii. Odessa: Even, 2011.
2. Stark J., Wicht B. Dolhovechnost betona. Ed. P. Krivenko. Kiev: Oranta, 2004.
3. Korrozia betona i zhelezobetona, metody ikh zashchity. V.M. Moskvin, F.M. Ivanov, S.N. Alekseev, E.A. Guzeev. Moscow: Stroyizad, 1980.
4. Olginsky A.G., Chernyavsky V.L. Vliianie sredy na adaptatsionnye zony kontakta zapolnitelei s tsementnym kamnem v betone. Beton i zhelezobeton. no 4, pp. 5-8, 2000.

5. Gordon S.S. *Struktura i svoistva tiazhelykh betonov na razlichnykh zapolniteliakh*. Moscow: Stroyizdat, 1969.
6. Vyrovoy V.N., Dorofeev V.S., Sukhanov V.G. *Kompozitsionnye stroitelnye materialy i konstruktsii*. Struktura, samoorhanizatsiia, svoistva. Odessa: TES, 2010.
7. Sukhanov V.G., Vyrovoy V.N., Korobko O.A. *Struktura materiala v strukture konstruktsii*. Odessa: Polygraph, 2016.
8. Klochko B.G., Kushvid A.A. *Treshchinoobrazovanie betona v protsesse yekspluatatsii konstruktsii*. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana*. vol. 3, pp. 124-126, 2004.
9. Dvorkin L.Y., Dvorkin O.L. *Proektuvannia skladiv betoniv*. Rivne: NUVGP, 2015.
10. Lyashenko T.V., Voznesensky V.A. *Metodologiya retsepturno-tekhnologicheskikh poley v komp'yuternom stroitel'nom materialovedenii*. Odessa: Astroprint, 2017.
11. Kroviakov S.O., Mishutin A.V. *Retsepturno-tekhnologichni metody pidvyschennya dovhovichnosti betoniv na lehkykh zapovnyuvachakh dlya tonkostinnykh hidrotekhnichnykh i transportnykh sporud*. *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy*. Issue 36. Rivne: Volynsy beregi, pp.55-63, 2018.
12. Patent number 863556. USSR, Kl. C 04 B 31 / 40. *Sposob obrabotki legkogo zapolnitelya* (The method of processing lightweight aggregate). A.A. Kucherenko, V.N. Vyrovoy, I.V. Shkrabik No. 2737967 / 29-33; declare 03.19.79; publ. 15.09.81, Byul. № 34
13. Kroviakov S., Mishutin A., Pishev O. *Management of the properties of shipbuilding expanded clay lightweight concrete*. *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no 3.2, pp. 245-249, 2018.
14. Kroviakov S., Mishutin A. *Production technology of modified expanded clay lightweight concrete for floating structures*. *The Scientific Journal of Cihan University – Sulaimanyia*, vol. (1) Issue (4), pp. 2-10, 2017.
15. Mishutin A., Kroviakov S., Mishutin N., Bogutsky V. *Modified expanded clay lightweight concretes for thin-walled floating structures*. *Proceedings of the Second International Conference on Concrete Sustainability. ICCS16*. Madrid, Spain, pp. 741-747, 2016.

**НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ НА ЛЕГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ
ДЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Кровяков С.А., к.т.н., доцент,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
skrovyakov@ukr.net, ORCID 0000-0002-0800-0123

Аннотация. Показано, что для повышения долговечности и улучшения механических свойств бетонов на пористых заполнителях полезны технологические операции, направленные на обеспечение совместной работы заполнителя и цементно-песчаной матрицы, в частности, на уменьшение влажностных деформаций заполнителя. С учетом особенностей условий эксплуатации тонкостенных конструкций гидротехнических сооружений предложено использование двух методов управления совместной работой заполнителя и матрицы: обработка гравия цементной суспензией в начальной стадии приготовления смеси и гидрофобизация поверхности гравия. Применение данных методов в комплексе с эффективными модификаторами и дисперсным армированием позволяет получить керамзитобетоны с повышенной прочностью, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

За счет использования суперпластификатора С-3, микрокремнезема, фибры, а также предварительной обработки гравия цементной суспензией получены керамзитобетоны с прочностью до 42.44 МПа, водонепроницаемостью от W6 до W12 и морозостойкостью от F400 до F600. Средняя плотность данных легких бетонов в сухом состоянии составляла от 1650 до 1700 кг/м³, в водонасыщенном – от 1800 до 1870 кг/м³. Модифицированные

керамзитобетони и фиброкерамзитобетони при использовании гидрофобной обработки пористого гравия имели аналогичный уровень водонепроницаемости и морозостойкости, но характеризовалась большей прочностью и меньшей средней плотностью в водонасыщенном состоянии, а также более низкой эксплуатационной влажностью.

Таким образом, разработанные модифицированные легкие бетоны отличаются повышенной долговечностью и могут использоваться при строительстве железобетонных плавучих сооружений, благодаря чему обеспечивать повышение их грузоподъемности. Разработан и утвержден регламент по технологии приготовления модифицированных судостроительных керамзитобетонов и фиброкерамзитобетонов для изготовления тонкостенных плавучих сооружений и плавучих доков. Разработан и находится на стадии обсуждения и согласования проект Государственного стандарта Украины «Бетон судостроительный. Технические условия и технология приготовления».

Ключевые слова: тонкостенные конструкции, гидротехнические сооружения, легкий бетон, керамзит, модификаторы, долговечность, обработка.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL BASES OF INCREASING THE DURABILITY OF MODIFIED CONCRETE ON LIGHTWEIGHT AGGREGATES FOR THIN-WALLED HYDRAULIC STRUCTURES

Kroviakov S.O., PhD., Assistant Professor

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
skroviakov@ukr.net, ORCID 0000-0002-0800-0123

Abstract. It is shown that to improve the durability and mechanical properties of concrete on porous aggregates, technological operations are useful, which improve the joint action of the aggregate and the cement-sand matrix. In particular, there are operations that reduce the moisture deformations of the aggregate. Two methods of controlling the joint action of the aggregate and the matrix were proposed taking into account the specific conditions of operation of thin-walled structures of hydraulic structures. The first method is the preparatory treatment of gravel with a cement slurry in the initial stage of the preparation of the mixture, the second method is the hydrophobization of the gravel surface. These two methods in combination with effective modifiers and fiber make it possible to obtain expanded clay lightweight concrete with increased strength, water-tightness and frost-resistance.

Concrete with strength up to 42...44 MPa, water-tightness from W6 to W12 and frost-resistance from F400 to F600 were obtained using S-3 superplasticizer, silica fume, fiber and preparatory treatment of gravel with a cement slurry. The average density of these lightweight concretes in the dry condition was from 1,650 to 1,700 kg/m³, and in the water-saturated condition from 1,800 to 1,870 kg/m³. At the same time, these concretes had greater strength and lower average density in a water-saturated condition, as well as lower moisture content during operation.

Thus, the developed modified lightweight concrete is characterized by increased durability and can be used in thin-walled constructions of reinforced concrete floating structures. The use of lightweight concrete allows to increase the carrying capacity of reinforced concrete floating structures. Regulations on the technology for the preparation of modified shipbuilding expanded clay lightweight concrete and fiber-reinforced lightweight concrete for the manufacture of thin-walled floating structures and floating docks were developed and approved. Also, the draft State Standard of Ukraine «Shipbuilding Concrete. Technical conditions and technology of preparation» was developed and is now at the stage of discussion and coordination.

Keywords: thin-walled constructions, hydraulic structures, lightweight concrete, expanded clay, modifiers, durability, treatment.

Стаття надійшла 20.11.2018