

УДК 666.972.162

ГІДРОФОБНІ БЕТОНИ З ПОКРАЩЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ МІЦНОСТІ, ВОДОНЕПРОНИКНОСТІ ТА МОРОЗОСТІЙКОСТІ

Т. Мазурак, аспірант

Національний університет „Львівська політехніка”

Постановка проблеми. У сучасному будівництві використовують різноманітні бетони на основі композицій, які істотно впливають на основні експлуатаційні характеристики бетонів, такі як морозостійкість, міцність і водонепроникність. Актуальнішим це питання є в умовах використання спеціальних бетонів, які використовують в різних галузях (наприклад, гідротехнічному будівництві, зведенні шляхопроводів), для забезпечення яких потрібний ретельніший підбір складових, особливо в умовах агресивних середовищ із поперемінним замерзанням і розмерзанням фаз.

Розробка і використання бетонів зазначеного типу показали, що вони можуть бути виготовлені з успіхом із широкого спектру матеріалів, особливо таких, що частково замінюють цемент (мінеральні добавки та мікронаповнювачі). Важливе також використання суперпластифікаторів. Вибір і кількісне співвідношення матеріалів у комплексі повинні враховувати майбутні характеристики одержаних структурних композицій, однак часто це доволі складно, і не завжди можливо передбачити певні властивості бетонів [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поліструктурність сучасних бетонних композицій із багатоступеневою організацією вимагають урахування елементів усіх рівнів та забезпечення певних конкретних властивостей. У такому разі мезоструктура (портландцементні композиції та дрібні заповнювачі) бетонів відіграє важливу роль у формуванні рухливості й однорідності сумішей, стійкості до механічних навантажень тощо [3; 5].

Значну базу напрацювань у проектуванні та виготовленні спеціальних бетонів, зокрема для гідротехнічного напрямку, мають американські та європейські країни (зокрема Німеччина, Норвегія, Франція). Їх основною перевагою, крім більш активного використання хімічних та мінеральних добавок, є ретельне проектування й виготовлення цементних сумішей. Ідеться про використання багатофракційних сумішей сипучих матеріалів.

На наших заводах залізобетонних виробів використовують одну-дві фракції крупних і таку саму кількість дрібних заповнювачів, тоді як німецькі спеціалісти зазвичай використовують щонайменше дві-три фракції крупного та дві-чотири фракції дрібного заповнювача. Це дає змогу створювати

ефективніші суміші та зменшувати їх собівартість, проте потребує істотних фінансових затрат на удосконалення виробничих процесів та нового устаткування й фахівців у цьому напрямі.

Розробка гідрофобних бетонів із заданими показниками на сьогодні постає з особливою актуальністю, оскільки у країнах пострадянського простору наукових робіт за цією тематикою було небагато, крім того, основне спрямування цих досліджень було обмежено використанням тільки різних типів цементів та мінеральних добавок.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – теоретична та практична розробка складів гідрофобного бетону, підприємством ТОВ "ВЕСТТ-ТД" (м. Одеса) для плит, які використовуватимуть для укріплення берегів. Основним негативним чинником впливу на характеристики бетону було агресивне середовище класу XS3 в умовах хлоридної корозії берегу Чорного моря з поперемінним замерзанням-розмерзанням взимку. Ретельний аналіз чинників дав змогу прийняти технологічне рішення, що для забезпечення потрібних властивостей бетону він повинен мати необхідні властивості: клас міцності – C35/45 (B45 або M600); марку за морозостійкістю – F400; марку за водонепроникністю – W12. Наше завдання – проектування високоміцних гідротехнічних бетонів з підвищеними показниками ранньої міцності.

Виклад основного матеріалу. Перед проведенням випробувань було здійснено орієнтовний розрахунок складу проектного бетону.

Оскільки забезпечення гідрофобності та міцності бетону неможливе без використання хімічних добавок, у випробуваннях контрольну серію бетону без добавок не виготовляли. Враховуючи напрацьований досвід підприємства та економічну доцільність використання певної марки цементу, було прийнято рішення щодо використання цементу марки М-400. Для забезпечення, крім міцності, потрібної водонепроникності та морозостійкості запроєктованого бетону було зацентовано увагу на використанні звичайного портландцементу або сульфатостійкого цементу.

З урахуванням зазначених завдань, були проведені випробування двох серій бетону зі сульфатостійким шлакопортландцементом СС ШПЦ 400 Д 60 (м. Одеса) та шлакопортландцементом ПЦ П/А-Ш-400 "Ольшанка" з комплексом хімічних добавок (суперпластифікатор 0,6% на основі сульфонат нафталінів та гідрофобна добавка 1,7% від маси цементу на основі гідросилоксанів), які були введені в бетон як модифікатори. Для одержання бетонних сумішей було використано пісок Вознесенського кар'єру з модулем крупності $M_k = 2,6$ ($\rho_n = 1,37$ кг/л) та два види крупного заповнювача Кіровоградського кар'єру "Чарнокит" ($\rho_n = 1,64$ кг/л) з фракціями 5-20 та 20-40. Поліпшення властивостей бетону досягають за

рахунок використання поліфункціональних агрегатів та їх оптимального ущільнення в композиційній структурі.

Оптимальний вміст хімічних добавок було визначено за допомогою методів математичного моделювання відповідно до критеріїв рухливості та міцності портландцементних композицій та на основі досвіду їх використання у бетонах і розчинах.

Щоб забезпечити максимальну щільність упакування частинок, були використані 38% за масою крупного заповнювача щебеню фракції 5-20 % і 62%, а щебеню – фракції 20-40. Рухливість бетонів була в межах Р-3 ($OK = 10-11$ см), при $V/C = 0,36$. Фізичні та механічні випробування зазначених цементів та бетонів були проведені відповідно до державних стандартів. Оцінку властивостей отриманих серій бетонів здійснювали через рухливість і випробування на міцність, водонепроникність і морозостійкість.

Було проведено випробування зразків бетонів заданих серій на міцність. Аналіз отриманих експериментальних даних подано на рис. 1.

Згідно з результатами досліджень одержання швидкотверднучих бетонів високої марки найкраще досягали як на шлакопортландцементі ПЦ ІІ/А-ІІІ-400 “Ольшанка”, так і на сульфатостійкому цементі СС ШПЦ 400 Д 60 (м. Одеса).

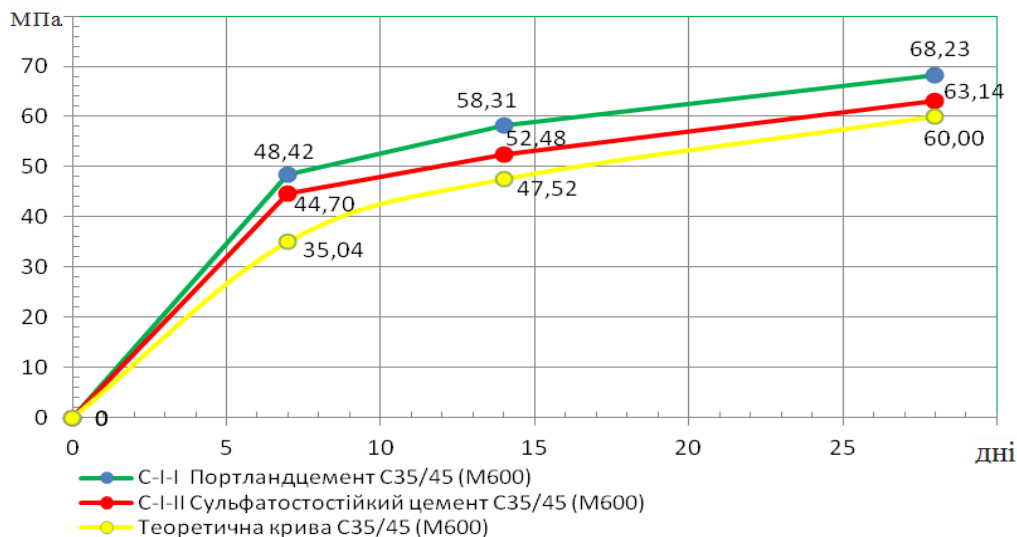


Рис. 1. Набір міцності модифікованих високоміцних бетонів С35/45 (В45 або М600) на основі шлакопортландцементу та сульфатостійкого цементів.

Здійснено також експериментальні випробування бетонів та їх аналіз на водонепроникність за прискореним методом згідно з ДСТУ Б.В.2.7-170:2008.

Випробування на водонепроникність бетонів прискореним методом проводили на приладі “Агама-2Р” на чотирьох кубових зразках з ребром 15 см на кожну серію. Визначали повітропроникність бетону, що відповідає певному значенню водонепроникності й опору бетону проникненню повітря. Значення водонепроникності кубових зразків, випробуваних прискореним методом і розрахованих згідно з нормативними перевідними таблицями за значеннями випробувань повітропроникності опору бетону проникненню повітря, подано в таблиці.

Таблиця

Водонепроникність, повітропроникність і опір бетонів

| № з/п | Серія випробувань, тип цементу | Повітропроникність бетону a_c , $\text{см}^2/\text{с}$ | Опір бетону проникненню повітря m_c , $\text{с}/\text{см}^3$ | Марка бетону за водонепроникністю | |
|-------|---|--|--|-----------------------------------|-----|
| 1 | С-I-I, шлакопортландцемент ПЦ II/A-III-400 | 0,0198 | 50,5 | W16 | W18 |
| 2 | | 0,0135 | 74,04 | W18 | |
| 3 | | 0,0157 | 63,7 | W18 | |
| 4 | | 0,0105 | 95,2 | W20 | |
| 5 | С-I-II, сульфатостійкий цемент СС ШПЦ 400 Д 60 | 0,0139 | 71,9 | W18 | W18 |
| 6 | | 0,012 | 83,3 | W18 | |
| 7 | | 0,0152 | 65,8 | W18 | |
| 8 | | 0,0098 | 102,1 | W20 | |

Випробування серій бетонних зразків на морозостійкість проводили за прискореним методом згідно з ДСТУ Б.В.2.7-49-96. Суть методу полягає в особливості використання для розморожування 5% розчину натрію хлориду протягом 1,5 год. за температури $+20^\circ\text{C}$, а заморожування здійснювали за температури $-20\pm 5^\circ\text{C}$ протягом 2,5 год.

Враховуючи значний обсяг даних за випробуваннями, на рис. 2, 3 подано гістограми, що дають змогу підсумувати й узагальнити дані кінцевих випробувань.

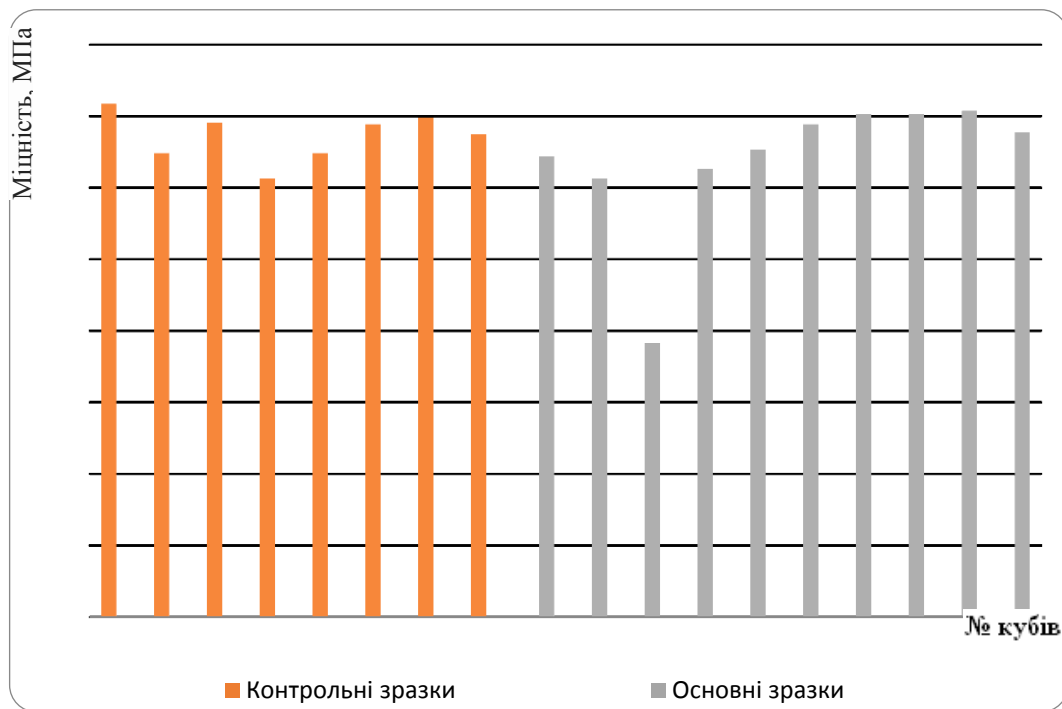


Рис. 2. Гістограма міцності зразків серії С-І-І на шлакопортландцементі.

Згідно з отриманими результатами, обидві серії бетону відповідають марці за морозостійкістю F400 і показують зменшення міцності менше ніж на 5 % після проходження 100 циклів заморожування-відтавання за прискореним (другим) методом, а також мають незначний технологічний запас за відповідним параметром бетону.

Варто зазначити, що запас міцності за морозостійкості для серії С-І-І на шлакопортландцементі ПЦ II/A-III-400 з втратою міцності на 4,86% є незначним порівняно зі серією С-І-ІІ на сульфатостійкому цементі СС ШПЦ 400 Д 60 із втратою міцності на 2,09%, що дає право стверджувати про непридатність або обмежену придатність такого бетону до проектних вимог.

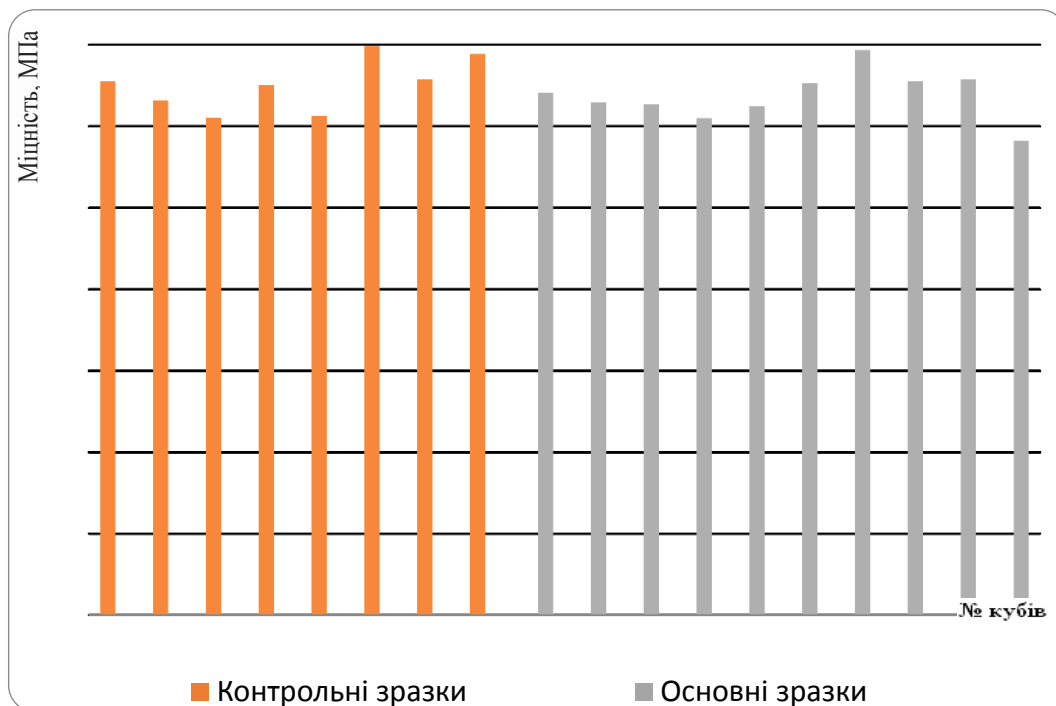


Рис. 3. Гістограма міцності зразків серії С-I-II на сульфатостійкому цементі.

Висновки. Експериментальні дані досліджень доводять, що запроєктовані склади бетонів як на шлакопортландцементі, так і на сульфатостійкому цементі, відповідають проектному класу і задовольняють поставлені в технічному завданні характеристики бетону.

Враховуючи дані випробувань за морозостійкістю та водонепроникністю, можна дійти певних висновків щодо структури та процесу тужавіння й показників закриття пор бетону і його гідрофобізації; підтверджуються загальноприйняті вимоги й рекомендації з виготовлення гідрофобного бетону, основою яких є використання сульфатостійкого цементу.

Міцність сульфатостійкого цементу порівняно з шлакопортландцементом дещо менша, проте в умовах агресивного середовища вона не є основним чинником. Тому для забезпечення високої гідрофобізації та морозостійкості варто застосовувати хімічні добавки і сульфатостійкі цементи, водночас за потреби високої міцності без значного впливу агресивного середовища варто враховувати можливість використання звичайного шлакопортландцементу.

Бібліографічний список

1. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны / Батраков В. Г. – М. :

Стройиздат, 1990. – 400 с.

Давидсон М. Г. Водонепроницаемый бетон / Давидсон М. Г. – Ленинград : Лениздат, 1965 – 98 с.

Bajorek G. The effect of cement/additive cooperation in self-compacting concrete / G. Bajorek 10th Scientific conference «Rzeszow – Lviv – Kosice», Kosice: Technical University of Kosice, 2005. – P. 114-119.

Collepari M. Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC / M. Collepari. – New Technologies and Materials in Civil Engineering. – Milan, 2003. – P. 1-8.

Okamura H. Mix design for self-compacting concrete / H. Okamura, K. Ozawa. – Conc. Lib. of Japan Soc. of Civ. Eng. 1995. – N. 6. – P. 107-120.

Мазурак Т. Гідрофобні бетони з покращеними показниками міцності, водонепроникності та морозостійкості

Розглянуто проблеми поліпшення основних характеристик гідрофобних бетонів (міцності, водонепроникності та морозостійкості) на шлакопортландцементі та сульфатостійкому цементі. Показано, що найкращі показники міцності мають бетони на основі шлакопортландцементу, тоді як вищі показники гідрофобізації та морозостійкості мають бетони на основі сульфатостійких цементів.

Ключові слова: гідрофобні бетони, шлакопортландцемент, сульфатостійкий цемент, міцність, водонепроникність, морозостійкість.

Mazurak T. Hydrophobic concrete with improved strength characteristics, water resistance and hardiness

This paper addresses the problem of improving the basic characteristics of hydrophobic concrete (strength, water resistance and cold resistance) in slag Portland cement and sulphate cement. It is shown that the best indicators of the strength of concrete have based slag Portland cement, while higher levels of hydrophobic and frost with concrete from sulfate cements.

Key words: hydrophobic concrete, slag Portland cement, sulfate cement, durability, water resistance, frost resistance.

Мазурак Т. Гидрофобные бетоны с улучшенными показателями прочности, водонепроницаемости и морозостойкости

Рассматриваются проблемы улучшения основных характеристик гидрофобных бетонов (прочности, водонепроницаемости и морозостойкости) на шлакопортландцементе и сульфатостойком цементе. Показано, что лучшими показателями прочности обладают бетоны на основе шлакопортландцемента, тогда как высокие показатели гидрофобизации и морозостойкости имеют бетоны на основе сульфатостійких цементов.

Ключевые слова: гидрофобные бетоны, шлакопортландцемент, сульфатостійкий цемент, прочность, водонепроницаемость, морозостойкость.