

Дрібнозернисті бетони на основі модифікованих золоцементних в'язучих речовин

Сергій Дурицький, здобувач освітнього рівня PhD ¹(ORCID: 0009-0009-3098-2985)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, пр-т Повітряних Сил, 31, Київ, Україна

АНотація

В роботі досліджено компонентний склад та експлуатаційні властивості дрібнозернистих бетонів на основі золівмісних лужних цементів (гібридних цементів). Показано, що за своїми загальнобудівельними властивостями такі бетони не поступаються аналогам на основі традиційного цементу, характеризуються високими міцнісними показниками, а за показниками стійкості у корозійному середовищі – значно їх перевищують.

Ключові слова: дрібнозернистий бетон, зола ТЕС, довговічність, сульфатостійкість, модифіковані золоцементні в'язучі речовини.

1. ВСТУП

Новітні тенденції розвитку будівельної галузі в Україні та закордоном спрямовують погляди дослідників на застосування таких матеріалів, які в повній мірі відповідають цілям стратегії сталого розвитку, забезпечуючи, водночас, високі експлуатаційні показники розроблених матеріалів для виконання вимог та потреб будівельної галузі.

Така задача вимагає, в першу чергу, використання нових видів в'язучих речовин та сировинних матеріалів, виготовлення яких не вимагатиме значних затрат природних корисних копалин та характеризується зниженими показниками екологічного навантаження на навколишнє середовище під час виготовлення, зокрема, зниженої температури технологічного процесу, адже відомо, що виготовлення традиційного портландцементу потребує температури 1450 градусів за Цельсієм та спричиняє 6% загальносвітового виробництва вуглекислого газу.

Альтернативою цьому може стати використання лужних цементів, які дозволяють використовувати як основні сировинні матеріали відходи або супутні продукти виробництва, зокрема, золи теплових електростанцій, а максимальна температура виробничого процесу таких цементів становить лише до 150 градусів, суттєво знижуючи екологічний імпакт цементу на загальносвітовий розвиток.

Традиційно вважалося, що введення значної кількості золи до складу цементу (а у складі лужних цементів може міститись до 70% за масою золи ТЕЦ) призводить до значного погіршення ранньої міцності матеріалу, проте у випадку лужних цементів Типу ЛЦЕМ-III такого ефекту не спостерігається за рахунок механохімічної активації золи та залучення до процесів структуроутворення вже на початковому етапі.

Таким чином, композиційні матеріали і бетони на основі золівмісних цементів можуть бути ключовими матеріалами для розвитку будівельної галузі у розрізі Концепції сталого розвитку.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Метою представленого дослідження було розробити бетонні суміші з використанням дрібнозернистого заповнювача на основі золівмісних цементів. Як основу для створення бетонної суміші було використано лужний цемент

ЛЦЕМ-III із вмістом зольної складової 67% за масою. Також до складу цементу вводили алюмосилікатний компонент, представлений портландцементом I типу та лужний компонент, представлений кальцинованою содою. Обраний цемент характеризувався маркою за міцністю при стиску М400 та нормативним початком тужавлення не раніше 45 хвилин.

У якості дрібного заповнювача було використано суміш стандартний поліфракційний пісок виробництва NORMANDSAND, а також суміш дніпровського річкового піску та стандартного харківського монофракційного піску у пропорціях 1:1, що моделювала максимальну компоновку та фракційність заповнювача у складі дрібнозернистого бетону.

Випробування експлуатаційних властивостей матеріалу, а також спеціальних характеристик, зокрема, корозійної стійкості, визначали у віці 2, 7, 28 діб нормального тверднення (для міцності), а також при тривалих дослідженнях у віці 90, 180, 360, 720 діб та 3 роки.

Дослідження проводили за стандартними методиками відповідно до діючих нормативних документів України, зокрема корозійну стійкість визначали за показником коефіцієнту корозійної стійкості матеріалу при випробуванні у середовищі 5% водного розчину сульфату натрію.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Аналіз отриманих результатів дослідження засвідчив, що немає суттєвої різниці у виді використаного дрібнозернистого заповнювача з точки зору міцнісних показників матеріалу. На різних етапах тверднення міцнісні показники на стиск та згин складів на основі різних пісків характеризувались відхиленнями між собою у межах 2%, що відноситься до статистичної похибки та похибки проведення експерименту та використаного випробувального обладнання, що дозволяє нам при проведенні подальших робіт нехтувати фактором саме виду дрібнозернистого заповнювача як таким, що не є абсолютно вирішальним чи впливовим для визначення експлуатаційних показників матеріалу.

Також, вид використаного дрібнозернистого заповнювача на змінює експлуатаційні характеристики щодо корозійної стійкості бетону у віддалені строки випробувань, що підтверджує хімічну нейтральність заповнювача по відношенню до цементуючої складової та експозиційного корозійного середовища. Заповнювач у

нашому випадку не приймає жодної участі у процесах структуроутворення на мікрорівні, лише забезпечує нам структуроутворення на мезо- та макрорівнях.

У загальному випадку, результати проведених випробувань засвідчили, що дрібнозернисті бетони на основі модифікованих золівмісних цементів за загальнотехнічними та технологічними параметрами не відрізняються від показників аналогів на основі традиційних цементів.

Міцність при стиску композицій у віці 2 діб становила в середньому 10,3 МПа, у віці 7 діб міцність зростала до показника 22 МПа. В подальшому, у марочному віці дрібнозернисті бетони характеризувались показниками міцності при стиску на рівні 42 МПа, що дає можливість їх використання як бетонів загальнобудівельного призначення в широкому діапазоні сфери використання.

Подальші дослідження розвитку міцності показали, що у віці 90 діб бетони продовжують набирати міцність і характеризуються показниками на рівні 45 МПа, у віці 180 діб – 47 МПа, 360 діб – 48 МПа, 720 діб – 50 МПа. У віці три роки зразки, що зберігались у нормальних умовах, характеризуються міцністю при стиску на рівні 52 МПа.

Підвищення експлуатаційних властивостей матеріалів у віці є можливим завдяки продовженню процесів структуроутворення у складі бетону та наявності значного сировинного резерву нарощування міцності зі складу золи у цементі.

Показники міцності матеріалів при згині відповідають загальним тенденціям, характерним для матеріалів на основі традиційного портландцементу, і становлять значення в діапазоні у 5-9 разів нижче за показники міцності при стиску залежно від віку витримування. При цьому, із віком співвідношення між показниками міцності зменшується за рахунок збільшення у мікроструктурі матеріалу новоствореного гілчастого типу, які армують систему.

Дослідження корозійної стійкості дрібнозернистих бетонів на основі модифікованих золівмісних бетонів засвідчило, що такі матеріали є стійкими до дії сульфатного середовища.

Так, у віці 90 діб коефіцієнт корозійної стійкості бетону становив 1,0. При подальшому витримування зразків у експозиційному середовищі розроблені склади дрібнозернистого бетону характеризувались зростанням міцності, та, відповідно, коефіцієнту корозійної стійкості, який становив у віці 180 днів 1,05, а у віці 360 днів 1,07. Таке зростання міцності та коефіцієнту корозійної стійкості можна пояснити, ймовірно, протіканням реакцій продуктів гідратації лужного золівмісного цементу із компонентами експозиційного середовища, що призводить до компактування та ущільнення структури матеріалу та, відповідно, заліковування тріщин у мікро- та мезоструктурі і зменшення загальної дефектності структури.

Такі припущення підтверджуються результатами подальших випробувань зразків. Так, у віці двох років коефіцієнт корозійної стійкості становив 1,12, а у віці 3 років – 1,2, що свідчить про конструктивний характер процесів структуроутворення всередині матеріалу та впорядкування структури дрібнозернистого бетону.

Варто відзначити, що показники референтного матеріалу на основі шлакопортландцементу із вмістом шлакової складової 60% за масою є набагато нижчими за показники лужних цементів. Так, коефіцієнт корозійної стійкості у віці 90 діб становив 0,98, у віці 180 діб, 0,95. Для року витримування корозійна стійкість знижувалась до рівня 0,9

та продовжувала падіння до показника у віці 3 років 0,00. Це також є показник, що відповідає ознакам корозійностійкого матеріалу, проте його стійкість до дії агресивного середовища є значно нижчою порівняно із показниками бетонів на основі лужних золівмісних цементів.

Високі експлуатаційні характеристики та спеціальні властивості бетонів на основі лужних золівмісних цементів відкривають широку сферу застосування таких матеріалів для створення бетонів та композиційних матеріалів як загальнобудівельного, так і спеціального призначення при відносній дешевизні та доступності сировинних матеріалів.

4. ВИСНОВКИ

Використання золівмісних в'язучих речовин дозволить отримувати ефективні будівельні матеріали із незначним навантаженням на загальносвітову екологію за рахунок зниження загальної температури виробничих процесів та використанню як основних матеріалів відходів або супутніх продуктів виробництва.

Матеріали на їх основі, зокрема, дрібнозернисті бетони на основі золівмісних цементів, характеризуються високими показниками міцності (до 60 МПа), високою щільністю структури, високими темпами нарощування міцності як у ранні, так і пізні строки тверднення, тобто відповідають усім вимогам будівельної галузі.

Водночас, використання лужних золівмісних цементів для отримання таких в'язучих речовин дає можливість отримати унікальні спеціальні властивості матеріали, такі як знижене тепловиділення та високі показники сульфатостійкості матеріалу, забезпечуючи коефіцієнт корозійної стійкості до 1,2 у віці трьох років порівняно із коефіцієнтом корозійної стійкості 0,88 для бетонів на основі шлакопортландцементу у аналогічному віці.

Список літератури

- [1] Shi C. Alkali – activated cements and concretes / C. Shi, P. Krivenko, D. Roy // Taylor & Francis, London and New York, 2006. – 376 s.
- [2] Drochitka R., Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu. Mix design of high volume alkali activated cement. Advanced Materials Research, Vol 1100, pp. 36-43.
- [3] ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Цементи лужні. Технічні умови. – К.: Держкоммістобудування України, 2010. – 15 стор. – (Національний стандарт України).
- [4] Грабовчак В.В. Лужні золівмісні цементи та бетони на їх основі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.05. «Будівельні матеріали і виробництво» / В.В. Грабовчак. — Київ, 2013. — 20 стор.
- [5] Krivenko P.V., Kyrychok V.I., Kovalchuk O.Yu., Guziy S.G. Sulfate resistance of alkali activated cements. Materials science forum. Vol. 865, pp. 95-106. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.865.95.