

13. Pohribnyi V. Concrete and reinforced concrete shear: an improved strength calculation method/ V. Pohribnyi, O. Dovzhenko, Ye. Klymenko and O. Fenko // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2678 (1), 020014

УДК 691.32

[https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-31](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-31)

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНОГО БЕТОНУ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ЦЕМЕНТУ

FEATURES OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MODIFIED CONCRETE BASED ON PORTLAND-COMPOSITE CEMENT

Шишкіна О.О., к.т.н., доц. (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг), Домнічев А.О., аспірант (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Shyshkina O.O., Ph.D. of Engineering, Associate Professor (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih), Domnichev A.O., Postgraduate Student (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih)

У статті показані особливості фізико-механічних, зокрема, водопоглинання, властивостей модифікованого бетону на основі композиційного портландцементу. Проаналізований вплив зміни структури води шляхом застосування надмалих концентрацій поверхнево-активних речовин при виготовленні дрібнозернистого бетону на його фізико-механічні властивості. Показано, що модифікація води, призначеної для виготовлення дрібнозернистого бетону на композиційному цементі, сприяє підвищенню його ранньої міцності та зниженню пористості.

Joining the European Green Deal implies a change in the course of construction to energy-efficient and resource-saving. Therefore, in the manufacture of concrete, as the most common building material, it is advisable to use such types of cement as Portland-composite cement. However, it should be borne in mind that such cements have reduced strength formation kinetics in the early stages of curing. The use of a limestone component, in particular calcium carbonate, in Portland-composite cement helps to increase their activity and improve their properties. However, this does not solve the problem in full. At the same time, it is known that the use of surfactants in ultra-low concentrations to change the structure of water for the manufacture of fine-grained concrete can significantly increase strength at an early age. However, no studies of physical properties have been presented for such nanomodified fine-grained concretes. Therefore, in this study, the physical and mechanical properties of nanomodified fine-grained concrete made on Portland-composite cement were investigated. To change the structure of water, a superplasticizer was used in ultra-low concentrations. To evaluate the porosity of concrete as an indicator that directly affects the durability of concrete, studies of the water

absorption of fine-grained concrete on Portland-composite cement were conducted. As a result, it was found that the degree of volumetric water absorption of fine-grained concrete depends on the content of calcium carbonate in the composition of Portland-composite cement. It was determined that the water absorption by volume of fine-grained concrete, which was modified by the use of ultra-low concentrations of superplasticizer to change the water structure, depends on the content of the modifier. The analysis of the relationship between the physical and mechanical properties of modified fine-grained concrete on Portland-composite cement showed that there is a certain optimal content of the water structure modifier, at which the greatest increase in early concrete strength is observed with the lowest water absorption by volume.

Ключові слова: композиційний портландцемент, дрібнозернистий бетон, модифікація води, поверхнево-активні речовини, надмалі концентрації, водопоглинання бетону, міцність бетону.

Keywords: Portland-composite cement, fine-grained concrete, water modification, surfactants, ultra-low concentrations, water absorption of concrete, concrete strength.

Вступ. Наразі в Україні значна частина територій потребує відбудови та відновлення, обсяги будівельних проєктів починають зростати. Зважаючи на те, що у 2020 році наша країна долучилася до Європейського Зеленого Курсу, процес будівництва має бути енергоефективним та екологічним [1]. До того ж, зараз тим більш гостро постає питання виваженого використання енергетичних та матеріальних ресурсів.

Тому виготовлення бетону, як найбільш поширеного будівельного матеріалу, з використанням композиційних портландцементів є одним з ефективних рішень в технології енерго- та ресурсозберігаючого будівництва [2, 3].

Однак недоліком композиційних портландцементів є знижена кінетика твердіння та набору міцності у ранні терміни.

Аналіз актуальних досліджень. До сучасних високоякісних бетонів висуваються високі вимоги їх фізико-механічних та технологічних властивостей [4]. Одна з важливих властивостей бетону, яка здійснює безпосередній вплив на його довговічність – це його пористість, яка може оцінюватися за ступенем водопоглинання.

Для забезпечення приросту міцності бетону на композиційному портландцементі пропонується використання наномодифікаторів та лужних активаторів у поєднанні з суперпластифікатором [5]. Проте в дослідженні не вказано, як впливає дана наномодифікація лужноактивованого композиційного цементу на величину пористості та водопоглинання бетону.

Відомо, що введення до складу композиційних портландцементів вапнякового компоненту сприяє збільшенню їх активності та покращенню властивостей [6].

У роботі [7] описаний вплив використання добавки високодисперсної крейди та суперплатифікатора на фізико-механічні властивості бетону. Наслідком застосування вказаних модифікаторів стало підвищення міцності бетону, в тому числі і в ранньому віці та підвищення марки за водонепроникністю. Але в дослідженнях застосовано суперпластифікатор у значній кількості, що призводить до зменшення довговічності бетону.

Значний інтерес представляють дослідження у напрямі застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) у надмалих концентраціях для зміни структури води [8, 9]. В результаті такі модифіковані бетони володіють скороченими термінами формування структури та міцності. Але в якості в'язучої речовини для виготовлення бетону при проведенні досліджень був застосований портландцемент. А отже, визначення фізико-механічних властивостей дрібнозернистих наномодифікованих бетонів на композиційному портландцементі із застосуванням надмалих концентрацій ПАР є актуальною задачею.

Постановка мети і задач дослідження. Метою даної роботи є визначення впливу на фізико-механічні властивості дрібнозернистого бетону на композиційному портландцементі наномодифікації шляхом застосування поверхнево-активних речовин у надмалих концентраціях.

Для досягнення поставленої мети потрібне вирішення наступних задач:

- визначити вплив зміни структури води шляхом застосування надмалих концентрацій ПАР при виготовленні дрібнозернистого бетону на композиційному портландцементі на його пористість;
- встановити взаємозв'язок фізико-механічних властивостей наномодифікованого дрібнозернистого бетону, виготовленого на композиційному портландцементі.

Методика досліджень. В якості в'язучої речовини були застосовані портландцемент марки 400 та композиційний портландцемент марки 400 з різним вмістом вапнякового компонента. Як дрібний заповнювач використовувався річковий дніпровський пісок. Для модифікації структури води для виготовлення бетону був застосований гіперпластифікатор Sika Plast-520. Водоцементне відношення становило 0,5.

Пористість бетону оцінювали через визначення водопоглинання за об'ємом. Визначення об'ємного водопоглинання проводили згідно з ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Міцність дрібнозернистого бетону визначали при випробуванні зразків із розміром сторін 40×40×160 мм за стандартною методикою.

Результати досліджень. На першому етапі був визначений вплив вмісту вапнякового компонента – карбонату кальцію у складі композиційного портландцементу на об'ємне водопоглинання. Зразки бетону були виготовлені на портландцементі та композиційному портландцементі з вмістом карбонату кальцію 10%, 20% та 30%. В

результаті було виявлено, що при вмісті карбонату кальцію 10% та 20% водопоглинання за об'ємом збільшується у порівнянні із контрольним зразком. Збільшення вмісту вапнякового компонента призводить до різкого зниження водопоглинання (рис. 1).

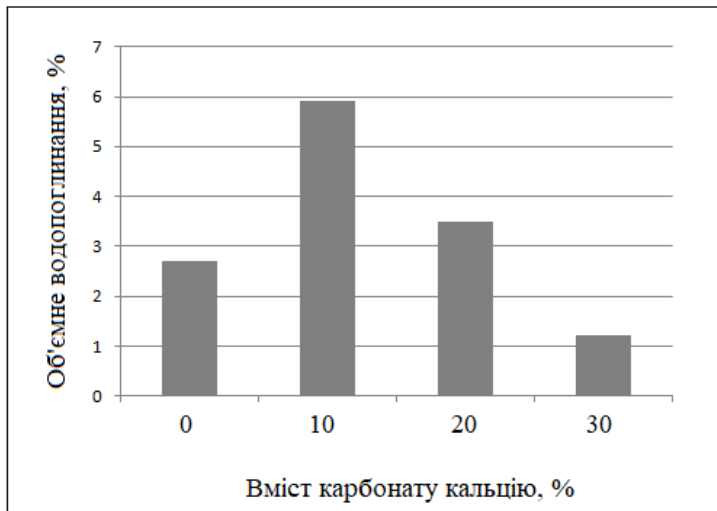


Рисунок 1 – Вплив вмісту карбонату кальцію у складі композиційного портландцементу на об'ємне водопоглинання дрібнозернистого бетону

Наступна група експериментів була виконана з метою встановлення впливу зміни структури води шляхом застосування надмалих концентрацій ПАР при виготовленні дрібнозернистого бетону на композиційному портландцементі на його об'ємне водопоглинання. Використовувався цемент із масовою часткою карбонату кальцію 20%. Аналіз результатів досліджень виявив, що об'ємне водопоглинання наномодифікованого бетону змінюється залежно від кількості використаного модифікатора води (рис. 2).

Як видно з результатів дослідів, оптимальний вміст ПАР, як модифікатора води – 0,0004%. За цієї кількості поверхнево-активної речовини в системі відбувається зниження об'ємного водопоглинання дрібнозернистого бетону на 11,4%.

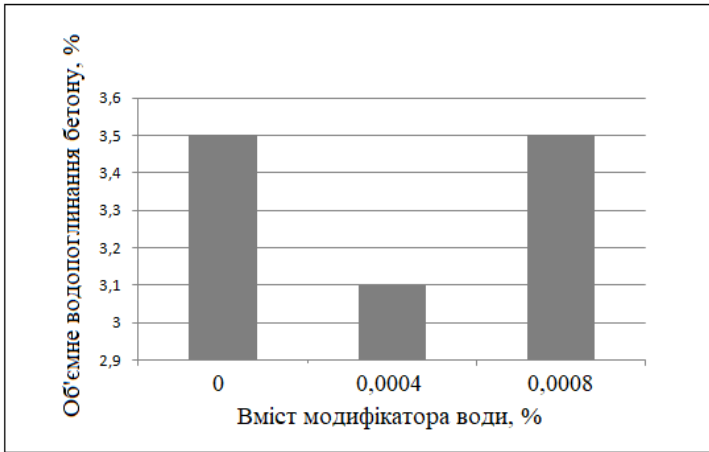


Рисунок 2 – Вплив вмісту модифікатора води (ПАР) на водопоглинання за об'ємом бетону

Зв'язок між об'ємним водопоглинанням модифікованого бетону та його міцністю в ранньому віці представлений на рисунку 3.

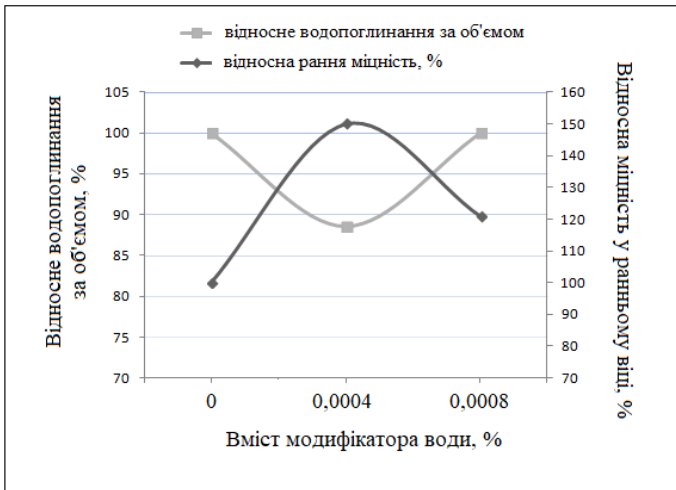


Рисунок 3 – Взаємозв'язок фізико-механічних властивостей наномодифікованого дрібнозернистого бетону

Як бачимо, за даних умов, при вмісті поверхнево-активної речовини 0,0004%, спостерігається найбільший приріст міцності у ранньому віці та одночасно – найбільше зниження об'ємного водопоглинання дрібнозернистого бетону. Тож можна зробити висновок, що за цієї оптимальної концентрації модифікатора води відбувається або зниження загальної пористості бетону, або зменшення кількості відкритих пор.

Висновки. Отримані результати проведених досліджень дають підставу зробити такі висновки:

1) зміна структури води шляхом застосування надмалих концентрацій поверхнево-активної речовини при виготовленні дрібнозернистого бетону на композиційному портландцементі здійснює вплив на його пористість, що виражається у зміні об'ємного водопоглинання;

2) при оптимальному вмісті модифікатора води – 0,0004%, при якому об'ємне водопоглинання найнижче, одночасно спостерігається найбільший приріст ранньої міцності бетону.

Зважаючи на викладене, вбачається доцільним проведення подальших досліджень в цьому напрямку.

References

1. EUROPEAN COMMISSION. The European Green Deal : Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels : European Commission, 2019. 24 p.
2. Sanytskyi M.A., Kropyvnytska T.P., Kruts T.M., Heviuk I.M. Modyfikovani shvydkotverdnuchi klinker-efektyvni betony. Budivelnii materialy ta vyroby, Kyiv : DP «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i proektно-konstruktorskyi instytut budivelnnykh materialiv ta vyrobiv», 2019. №1-2(101). S. 24–28.
3. Schneider M. Innovation and technical trends in cement production. 20. *Internationale Baustofftagung, Weimar*. Germany, 12–14 September, 2018. Band 1. P. 75–80.
4. Dvorkin L. Y., Zhytkovskiy V. V., Makarenko R. M.. Vysokomitsni betony : navch. posib. Rivne : NUVHP, 2022. 216 s.
5. Kropyvnytska T.P. Kontseptsiiia eko-efektyvnykh nanomodyfikovanykh luzhnoaktyvovanykh kompozytsiynykh tsementiv z vysokoiu rannoju mitsnistiu. Visnyk NU «Lvivska politehnika». Teoriia i praktyka budivnytstva. Lviv : LUNP, 2019. № 912. S. 18-23.
6. Kropyvnytska T.P., Sanytskyi M.A., Heviuk I.M. Vplyv karbonatnykh dobavok na vlastyvoli portlandtsementu kompozytsiinoho. Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika". Teoriia i praktyka budivnytstva. Lviv : LUNP, 2013. № 755. S. 214–220.
7. Chepurna S. M. Beton pidvyshchenoi vodonepronyknosti ta koroziinoi stiikosti z dobavkoiu vysokodispersnoi kreidy : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.05. Kharkiv, 2018. 26 s.
8. Shyshkina A, Shyshkin A. Fine-Grained Concrete for Repair and Restoration of Building Structures. *Materials Science Forum Submitted*. Switzerland : Trans Tech

Publications Ltd, 2021. Vol. 1038. P. 317-322.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.317>

9. Shishkina, A. Optimization of Water Activation Technology for the Production of Fine-Grained Concrete. *Key Engineering Materials*. Switzerland : Trans Tech Publications Ltd, 2023. Vol. 953, P. 63–68. <https://doi.org/10.4028/p-6ZEB89>

Література

1. EUROPEAN COMMISSION. The European Green Deal : Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels : European Commission, 2019. 24 p.

2. Саницький М.А., Кропивницька Т.П., Круць Т.М., Гев'юк І.М. Модифіковані швидкотверднучі клінкер-ефективні бетони. *Будівельні матеріали та виробли*, Київ : ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів», 2019. №1-2(101). С. 24–28. <https://doi.org/10.48076/2413-9890.2020-101-04>.

3. Schneider M. Innovation and technical trends in cement production. *20. Internationale Baustofftagung, Weimar*. Germany, 12–14 September, 2018. Band 1. P. 75–80.

4. Дворкін Л. Й., Житковський В. В., Макаренко Р. М.. Високоміцні бетони : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 216 с.

5. Кропивницька Т.П. Концепція еко-ефективних наномодифікованих лужноактивованих композиційних цементів з високою ранньою міцністю. *Вісник НУ «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. Львів : ЛУНП, 2019. № 912. С. 18-23.

6. Кропивницька Т.П., Саницький М.А., Гев'юк І.М. Вплив карбонатних добавок на властивості портландцементу композиційного. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва*. Львів : ЛУНП, 2013. № 755. С. 214–220.

7. Чепурна С. М. Бетон підвищеної водонепроникності та корозійної стійкості з добавкою високодисперсної крейди : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05. Харків, 2018. 26 с.

8. Shyshkina A, Shyshkin A. Fine-Grained Concrete for Repair and Restoration of Building Structures. *Materials Science Forum Submitted*. Switzerland : Trans Tech Publications Ltd, 2021. Vol. 1038. P. 317-322.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.317>

9. Shishkina, A. Optimization of Water Activation Technology for the Production of Fine-Grained Concrete. *Key Engineering Materials*. Switzerland : Trans Tech Publications Ltd, 2023. Vol. 953, P. 63–68. <https://doi.org/10.4028/p-6ZEB89>