

УДК 691.327

ВПЛИВ РІЗНИХ СПОСОБІВ АКТИВАЦІЇ НА МІЦНІСТЬ ТА ІНДЕКС АКТИВНОСТІ ДИСПЕРСНОЇ ФРАКЦІЇ БЕТОННОГО БРУХТУ ЯК МІНЕРАЛЬНОЇ ДОБАВКИ ДО БЕТОНУ**Я. О. Логвин**

здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 2 курс,
спеціальність «Міське будівництво та господарство»,
навчально-науковий інститут будівництва архітектури та дизайну
Науковий керівник – к.т.н., доцент В. В. Житковський

*Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна*

Статтю присвячено дослідженням впливу різних способів активації дисперсної фракції бетонного брухту як добавки до бетону. Вивчали її вплив на міцність та індекс активності.

Ключові слова: дисперсна фракція, бетон, цемент, мікронаповнювач, міцність, брухт.

The article is devoted to the study of the influence of various methods of activation of the dispersed fraction of concrete scrap as an additive to concrete. Also its influence on the strength and activity index.

Keywords: disperse fraction, concrete, cement, microfiller, strength, scrap.

В умовах повномасштабного вторгнення Російської Федерації гостро постало питання використання залишків бетонного брухту, а саме дисперсної фракції, яка утворюється внаслідок переробки будівельних відходів. Дисперсна фракція виникає, коли зруйнований бетон подрібнюють на щебінь та пісок, в результаті утворюються частинки у вигляді пилу, дослідженням яких і присвячена стаття.

У дисперсній фракції подрібненого бетону залишаються рештки негідратованого цементу (цементного каменю) та гідратованих продуктів, які можуть взаємодіяти з гідроксидом кальцію як активна добавка або ж діяти як мікронаповнювач, покращуючи зерновий склад заповнювача. Завдяки цьому матеріал можна частково використовувати як добавку до основного цементу. Такий підхід дозволяє зменшити використання високоенергоємних ресурсів (зокрема, цементного клінкеру та природних заповнювачів), а також покращити екологічну ситуацію в країні шляхом зменшення обсягів будівельних відходів.

Мета дослідження полягає у вивченні активності дисперсної фракції, що отримується при подрібненні бетонного брухту та шляхів її підвищення завдяки використанню різних вплив на неї різних способів активації для можливості її використання як часткова заміна цементу у бетоні.

Методика та проведення експерименту. Для оцінки ефективності різних способів активації дисперсної фракції бетонного брухту використовувався відносний показник (Індекс активності добавки). Індекс активності – це характеристика, що показує як змінюється міцність при стиску цементно-піщаного розчину, коли 20% цементу замінити мінеральною добавкою

$$I_a = \frac{f_{cmk}}{f_{cmk}}, \quad (1)$$

де f_{cmk} – міцність при стиску розчину з мінеральною добавкою; f_{cmk} – міцність при стиску розчину без добавки (контрольного розчину). Вважають, що мінеральна добавка може використовуватись для заміни частини цементу, якщо індекс активності не менший ніж 0,75. Витрата цементу у контрольному зразку 500 кг/м^3 , у експериментальних зразках – 400 кг/м^3 . На початку експерименту ми взяли дисперсну фракцію та просіяли через сито $0,008 \text{ мм}$ для видалення більших включень та стандартизації розміру частинок.

Для попереднього контролю активності добавок вимірювали рН водних витяжок різних зразків дрібної фракції бетонного брухту. Це робили з метою дізнатися, в якому матеріалі буде більш лужне середовище, оскільки цемент є лужним матеріалом ($\text{pH} = 12-13$). Високе значення рН дисперсної фракції може свідчити про наявність значної кількості вільного оксиду кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) та негідатованого цементу.

Замішували цементні розчини (зразки) із фіксованим вмістом цементу та добавки та визначили оптимальне водоцементне відношення (В/Ц).

Склади розчинів для порівняння:

1. Контрольний розчин з чистим цементом (К).
2. Замінили 20% цементу дисперсною добавкою (Uf).
3. Замінили 20% цементу подрібненою дисперсною добавкою (Uf+m).
4. Замінили 20% цементу дисперсною добавкою, також у воду додали 5 г суперпластифікатора Marei Dynamon SR3 (Uf+SP).
5. Замінили 20% цементу дисперсною добавкою 16%, а також додали 4% добавки мікрокремнезему (Uf+Sf).
6. Замінили 20% цементу дисперсною добавкою 16%, а також додали 4% цеоліту (Uf+Z).

Визначили та порівняли водоцементне відношення (В/Ц) для всіх зразків. Важливо: оскільки дисперсна фракція зазвичай має вищу питому поверхню, вона може вимагати більше води для досягнення однакової рухливості суміші порівняно з чистим цементом. Це може негативно вплинути на міцність. Використання суперпластифікатора (на склад 4) має з коригувати цей ефект.

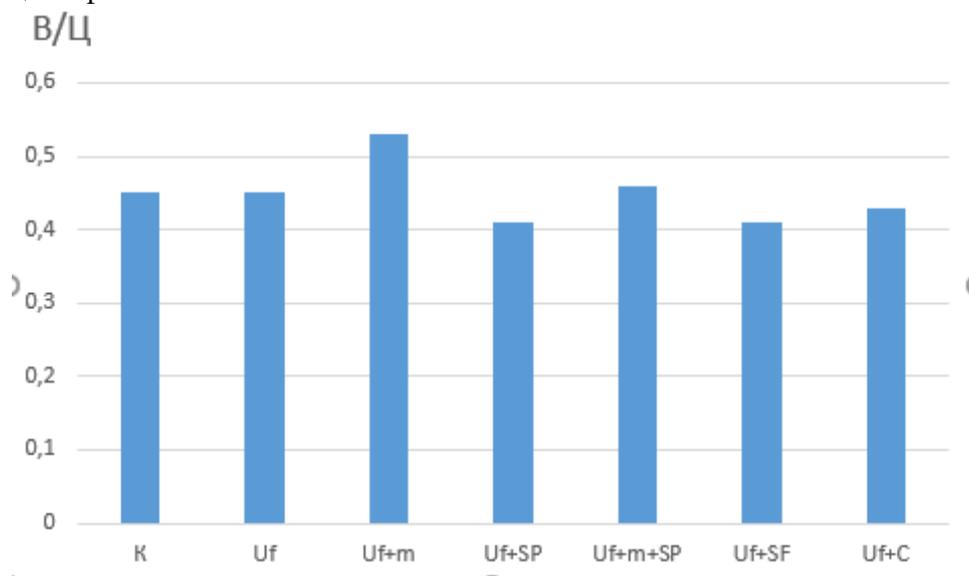


Рис. 1. Водоцементне відношення

Після виготовлення балок із цементного розчину проводили їхні випробування на міцність при стиску на 7-й день виготовлення та на 28-й день (рис. 2).

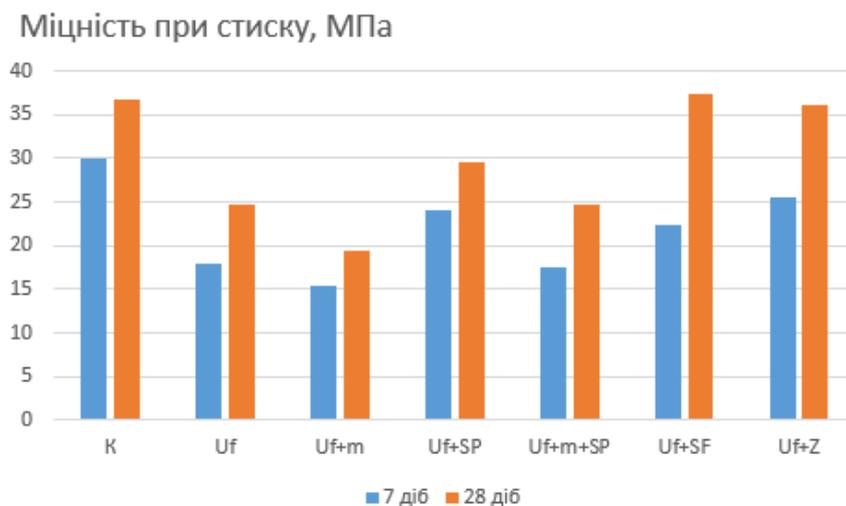


Рис. 2. Міцність бетонних балок на 7-й та 28-й день

Результати експерименту

За результатами експерименту, близького значення міцності до контрольних балок (K) показали експерименти 5 (Uf+SF) та 6 (Uf+ Z). Це свідчить про те, що додаткова активація дисперсної фракції мінеральними добавками (SF та цеолітом) значно покращує її ефективність.

- SF та Цеоліт (Z) є активними матеріалами, які можуть проявляти здатність до додаткового структуроутворення. Вони реагують із гідроксидом кальцію ($Ca(OH)_2$), який утворюється при гідратації цементу, створюючи додаткові гідросилікати кальцію (C-S-H), що, у свою чергу, зменшує пористість структури та збільшує міцність.
- Склади Uf та Uf+m показали нижчі показники, оскільки дисперсна фракція, навіть подрібнена, може мати меншу реакційну здатність, ніж чистий SF або цеоліт.

Також можемо порівняти індекс активності (I_a) усіх цих дослідів, що підтверджує зростання активності добавок на 28-й день. Зростання міцності з 1-го до 28-го дня є критичним показником для матеріалів, які можуть проявляти здатність до додаткового структуроутворення, оскільки їхня реакція відбувається повільніше. Найвищий індекс активності (I_a) у зразків 5 (Uf+SF) та 6 (Uf+C) (рис. 3).

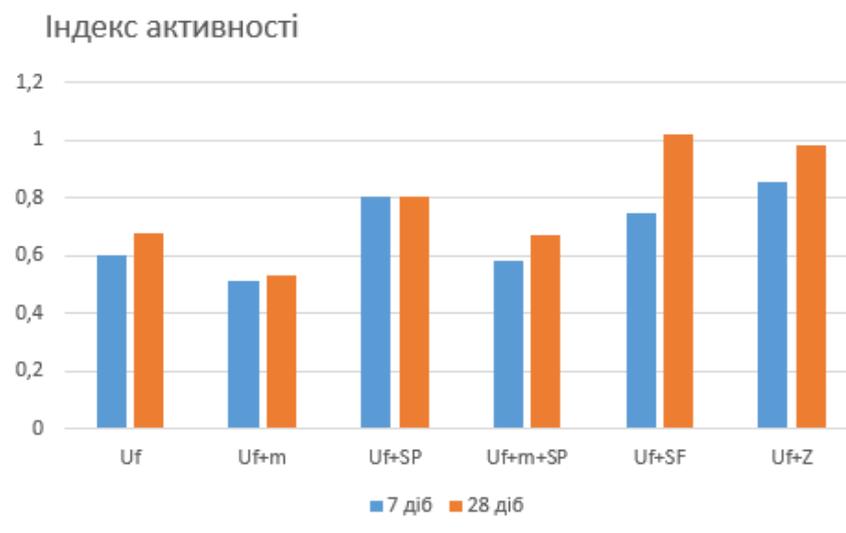


Рис. 3. Індекс активності бетонних балок на 7-й та 28-й день

Висновок:

1. Дисперсна фракція бетонного брухту може бути ефективно використана як часткова заміна цементу (20%), що сприяє ресурсозбереженню та екологічності будівництва.
2. Самостійне використання дисперсної фракції (склад Uf) без додаткової активації чи добавок може призводити до зниження міцності внаслідок підвищеного В/Ц (якщо пластифікатор не використовується) або меншої реакційної здатності.
3. Найкращі результати за міцністю та індексом активності досягають при комплексній модифікації – поєднанні дисперсної фракції з високоактивними мінеральними добавками, такими як SF та цеоліт.

1. ДБН В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 2. Нечаев С. М., Биков В. І. Використання будівельних відходів у технології бетону. К. : Будівельник, 2019. 156 с. 3. Мальований М. І., Поліщук О. Г. Будівельні матеріали з використанням вторинної сировини. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2020. 180 с. 4. Гоц В. І., Гайдай О. В. Дисперсні мінеральні добавки у бетоні: структура, властивості, ефективність. Харків : ХНУБА, 2018. 145 с. 5. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. *McGraw-Hill Education*, 2014. 692 p. 6. Limbachiya M., Meddah M. S., Ouchagour Y. Performance of Portland cement concrete with recycled concrete aggregate and pozzolanic additives. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 28(1). P. 694–701.