

# Вплив силікагелю та мікро кремнезему на міцність фібробетону на вигин

Владислав Коваленко

Кафедра будівництва і геомеханіки, Національний гірничий університет, УКРАЇНА, м.Дніпропетровськ, пр.К.Маркса, 19,  
E-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

*The results of research of influence of active mineral additives (silica gel and the fine ground silica sand) on strenght of fibrous concrete on a bend are presented in the article. The comparative analysis of influence of additives, and also their joint action on mechanical properties of fibrous concrete with polypropylene twisting fibers is made. The interrelation of process of cracks formation from operating loadings is considered at various structure of initial components.*

Key words – strength on bend, PP fiber, silica gel, micro silica (fine ground sand).

## I. Вступ

Композиційні цементні набули широкого розповсюдження у зв'язку з можливістю вирішення деяких екологічних проблем, пов'язаних з виробництвом портландцементу, та необхідністю створення в'язучих матеріалів з наперед заданими властивостями.

Згідно з класифікацією ДСТУ композиційні цементні поділяються на два типи. Перший – містить 80...94% портландцементного клінкеру та 6...20% мінеральних добавок та додаткових компонентів. Другий тип композиційного цементу складається із 65...79% клінкеру, 21...35% мінеральних добавок.

При армуванні бетонних сумішей на основі композиційних цементів підвищуються міцнісні параметри роботи фібробетону на вигин.

Мінеральні добавки є дуже поширеними компонентами для приготування бетонів.

Відомо, що всі бетони мають капілярно-пористу структуру, що полягає із трьох основних компонентів: заповнювача; в'язучої речовини; порожнеч у вигляді пор і капілярів, заповнених повітрям, водою й водяною парою. Ущільнення вільного простору бетонного каменю за допомогою мінеральних добавок дає можливість підвищити не тільки міцність на одноосьовий стиск, але також при армуванні волокнами забезпечити підвищення опору фібробетону на вигин.

## II. Сучасний стан питання

Мікрокремнезем – дрібнодисперсна мінеральна добавка, що утворена в результаті помелу кварцового піску. Він не є інертною добавкою і може заповнювати пори в бетонному тілі, за рахунок чого структура стає більш щільною і міцною.

Висока активність мікрокремнезему, що впливає на процеси гідратації, структуроутворення й, в остаточному підсумку, структуру затверділого цементного каменю й бетону, обумовлена наявністю диоксида кремнію аморфної модифікації й

характером ультрадисперсних часток. Використання подрібненого піску як мікронаповнювача цементу є ефективним за умови збалансованої реакції взаємодії гідроксидом кальцію цементного клінкеру із аморфним кремнеземом. Раціональним є введення до 10% подрібненого піску. Подальше підвищення вмісту мікрокремнезему приводить до зниження міцності. Це пояснюється істотним підвищенням водопотреби суміші, через високу питому поверхню мікрокремнезему.

Іншою добавкою, що впливає на процеси структуроутворення бетонного композиту є силікагель.

При додаванні силікагелю в бетон як заповнювач відбувається взаємодія реакція, подібна до взаємодії мікрокремнезему із цементом. На відміну від дрібнодисперсного піску взаємодія силікагелю із цементом характеризується реакціями між лугами цементу й кремнеземом наповнювача. У результаті даної луго-кремнієвої реакції утворюється гелеобразна речовина, що складається із силікатів лужних металів, при цьому відбувається збільшення обсягу заповнювача. Гель характеризується значною здатністю до розбухання. Він поглинає воду з наступним збільшенням свого об'єму. Через те, що гель укладений у просторі, що обмежений цементним каменем, то виникає внутрішній тиск, який приводить до виникнення тріщин і руйнування цементного каменю. Найбільш руйнівним для бетону є розбухання твердих зерен заповнювача. При подрібненні зерен силікагелю негативний вплив від їх розширення значною мірою знижується – формується активна дрібнодисперсна добавка, яка взаємодіє із цементним каменем і в результаті формується більш щільна структура бетонного композиту.

**Мета статті** полягає у визначенні залежності впливу дрібнодисперсних силікатних добавок на міцність фібробетону на вигин.

## III. Основна частина.

Для проведення досліджень було використано цемент марки 400 виробництва Дніпродзержинського комбінату, пісок кварцовий річний, а також поліпропіленові фібри. Фізико-механічні параметри наведені у Табл. 1. При визначенні межі міцності на розтягання при вигині в якості експериментальних зразків використовувалися прямокутні призми розміром: 40×40×160мм. Дослідження проходили за стандартною методикою.

Призми встановлювалися на платформу із двома опорами. Робоча відстань між опорами  $l = 100$  мм.

Зверху до зразка прикладалося зусилля. Вигин фіксувався по прибору часового типу.

ТАБЛИЦЯ 1

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ АРМУЮЧИХ ВОЛОКОН

Щільність	0,91 г/см <sup>3</sup>
Форма	Хвильовий профіль
Міцність на розрив	не менш 460 МПа
Коефіцієнт розтягання	15 %
модуль Юнга	більш 3500 МПа
Щільність	0,91 г/см <sup>3</sup>

При проведення робіт було досліджено наступні варіанти:

1. Зразки без фібри (Цемент : Пісок);
2. Стандартні зразки із фіброю (Цемент : Пісок : Фібра);
3. Зразки із подрібненим піском (Цемент : Пісок : Мікронаповнювач : Фібра);
4. Зразки із подрібненим силікагелем (Цемент : Пісок : Силікагель : Фібра);
5. Зразки із подрібненими піском і силікагелем (Цемент : Пісок : Мікронаповнювач : Силікагель : Фібра).

Перемішування дрібнодисперсних добавок здійснювалось із портландцементом. Після цього в суміш додавався пісок, фібра, вода. Для стандартних зразків із фіброю В/Ц=0,5. При використанні дрібнозернистих добавок із значною питомою поверхнею В/Ц відношення збільшувалось до 0,55...0,6.

#### IV. Основні результати

В ході проведення досліджень було визначено максимальні значення навантажень, які здатні витримати зразки в залежності від складу їх компонентів. Для визначення працездатності зразків, що армовані фібровими волокнами було також виготовлено і досліджено на лабораторному обладнанні зразки цементно-піщаного розчину без армування волокнами.

На Рисунках 1..4 представлені діаграми „навантаження - вигин”, що характеризують роботу досліджених зразків. Круговим маркером на графіках позначено етап, на якому було визначено виникнення тріщини у зразку.

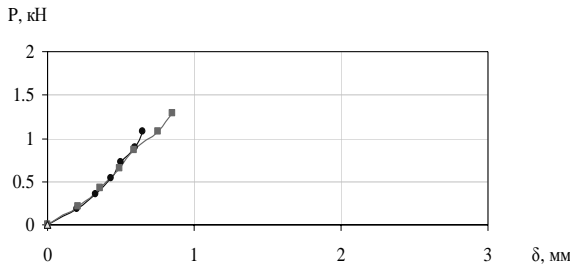


Рис. 1 Залежність зміни деформацій вигину від навантажень для зразка бетону, що неармований фібрами.

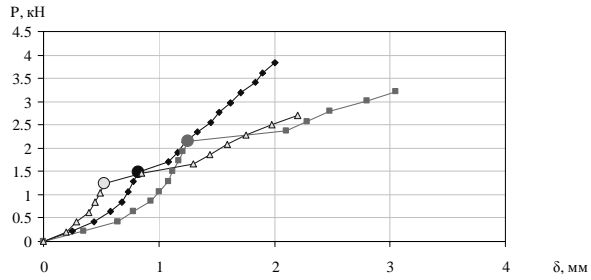


Рис. 2 Залежність зміни деформацій вигину від навантажень для фіробетонного зразка.

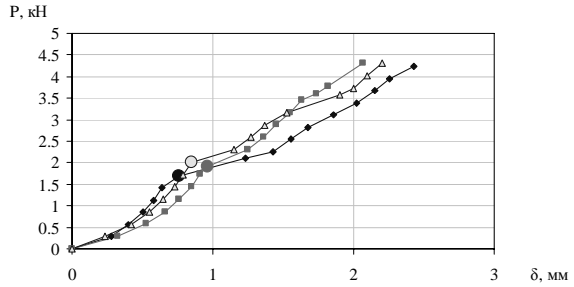


Рис. 3 Залежність зміни деформацій вигину від навантажень для фіробетонного зразка із мікронаповнювачем.

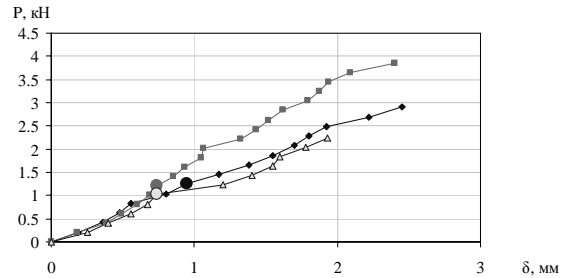


Рис. 4 Залежність зміни деформацій вигину від навантажень для фіробетонного зразка із силікагелем.

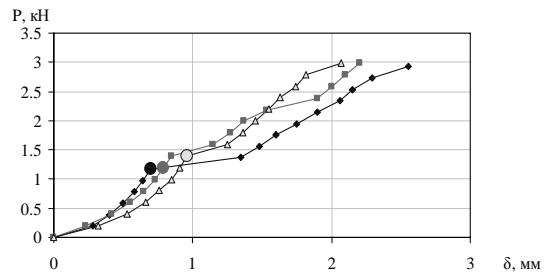


Рис. 5 Залежність зміни деформацій вигину від навантажень для фіробетонного зразка із мікронаповнювачем та силікагелем.

Дані діаграм по середнім та максимальним значенням навантажень, які можуть витримувати фіробетонні зразки в залежності від розглянутого варіанту компонентів, що входять до їх складу, зведені до Табл. 2.

Використання подрібненого піску в якості мікронаповнювача цементу забезпечило підвищення межі міцності на вигин у порівнянні із зразками цементно-піщаного розчину, що армований фіброю більш ніж на 35%. Діаграми залежності деформацій вигину від навантажень показали, що зразки із вмістом подрібненого піску мали менші розбіжності

значень, а графіки їх міцносних характеристик були більш однорідними ніж стандартних армованих зразків.

ТАБЛИЦЯ 2

ПОКАЗНИКИ МІЦНОСТІ РОЗГЛЯНУТИХ ВАРИАНТІВ ФІБРОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ

№ варіанту	Вміст компонентів	Граничні навантаження, Рвиг, кН	Середнє значення граничних навантажень, Рвиг ср, кН
1	Ц: П	1,3	1,2
2	Ц: П: ППФ (2%)	3,5	3,3
3	Ц: П: М: ППФ (2%)	4,32	4,2
4	Ц: П: С: ППФ (2%)	3,8	3,2
5	Ц: П: М: С: ППФ (2%)	3	3

Примітка: Ц – цемент, П – пісок, М – мікронаповнювач (здрібнений пісок), С – силікагель

Разом с тим, менші показники зразків із силікагелем пояснюються умовами витримання зразків

протягом 28дб. Силікагель активно взаємодіє із гідроксидом кальцію у початковий період. Надалі значна вологість знижує позитивну дію силікатів і через луго-кремнієві реакції, що мають місце у бетоні процеси кристалоутворення значною мірою уповільнюються. Через це також спостерігаються низькі показники при одночасному використанні подрібненого піску та силікагелю.

## Висновки

У всіх випадках використання мінеральних добавок спостерігається однорідність процесів деформування під впливом навантаження. Тріщини, на відміну від стандартних фібробетонних зразків, у зразках із мінеральними добавками виникають майже при рівних значенням навантажень і майже одночасно. Це свідчить, що кожна суміш характеризується однорідністю і має притаманні даному складу компонентів властивості.

## References

- [1] V. Kovalenko, L. Gorobets. Impact of mechanical activation of binding agent and filler on strength properties of concrete. // Scientific Bulletin of the National mining university. – The scientific and technical journal. - Dnipropetrovsk. - № 6, 2008. – P. 27-28.