

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФІБРОБЕТОНУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНИХ СПОРУД

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Ця стаття розглядає використання фібробетону як перспективної технології в реконструкції автодорожніх споруд. Обґрунтовано переваги застосування фібробетону, як підвищення міцності, тріщиностійкості та стійкості до зовнішніх впливів, а також зменшення витрат на експлуатацію та підвищення екологічної стійкості. Висвітлені виклики, такі як вартість впровадження та потреба в стандартизації. Робота спрямована на підтримку вибору цієї технології для підвищення якості та довговічності автомобільних доріг та споруд.

Наведено результати досліджень комплексного введення в цементно-піщану суміш базальтових волокон-фібр, пластифікуючих добавок на властивості базальтофіробетону.

Ключові слова: фібробетон, автодорожнє будівництво, реконструкція, технологічний процес, міцність, тріщиностійкість.

Abstract

This article considers the use of fiber concrete as a promising technology in the reconstruction of road structures. The advantages of using fiber concrete are substantiated, such as increased strength, crack resistance and resistance to external influences, as well as reducing operating costs and increasing environmental sustainability. Challenges such as the cost of implementation and the need for standardization are highlighted. The work is aimed at supporting the choice of this technology to improve the quality and duration of highways.

The results of research into the complex introduction of basalt fiber-fibers, plasticizing additives into the cement-sand mixture on the properties of basalt fiber concrete are presented.

Key words: fiber concrete, road construction, reconstruction, technological process, strength, crack resistance.

Вступ та теоретичні передумови досліджень

Реконструкція автодорожніх споруд є актуальним завданням у сучасному інфраструктурному розвитку. Однією з інноваційних технологій, яка заслуговує на увагу в цьому контексті, є використання фібробетону. Цей матеріал, поєднуючи міцність та гнучкість, може ефективно використовуватися для підвищення довговічності та надійності автомобільних шляхів та споруд, оскільки дозволить підвищити тріщиностійкість цементних бетонів.

Основна частина

Фібробетон є композитним будівельним матеріалом, у якому традиційну сталеву арматуру замінено сталевими, скляними, базальтовими чи полімерними волокнами. Це призводить до отримання матеріалу з відмінними фізико-механічними характеристиками, а також підвищеною тріщиностійкістю та стійкістю до зовнішніх впливів.

Переваги використання фібробетону в автодорожньому будівництві [1-4]:

1 Підвищення міцності та довговічності. Фібробетон, завдяки волокнам, що рівномірно розподіляються в матриці, забезпечує підвищену міцність автомобільних доріг та інших споруд, що піддаються реконструкції. Це важливо для забезпечення надійності та довговічності транспортної інфраструктури, оскільки сприяє значному подовженню терміну служби автодорожніх споруд, зменшення необхідності в поточному обслуговуванні та ремонті, а також підвищення безпеки руху.

2. Зменшення ризику виникнення тріщин та деформацій. Використання фібробетону дозволяє уникнути виникнення тріщин на ранніх етапах їх утворення. Це важливо для зменшення ризику деформацій та підвищення стійкості до температурних коливань, які виникають під час експлуатації доріг і мостів.

3. Зменшення вартості. Використання фібробетону може зменшити витрати на експлуатацію та обслуговування автодоріг через меншу потребу в частих ремонтних роботах та оновленні дорожнього покриття. Міцність та витривалість конструкцій, покритих фібробетоном, зменшують транспортні навантаження на всю конструкцію.

4. Екологічність. Використання фібробетону підвищує екологічну стійкість інфраструктурних об'єктів. Дороги і споруди на основі цементного бетону за рахунок своєї довговічності і стійкості матеріалів утворюють менше викидів і забруднення в навколишнє середовище. Також, дорожнє покриття із фібробетонів позитивно впливає на рух автотранспорту, майже не потребує ремонтів, що сприяє зменшенню транспортних викидів [5, 6].

Недоліки використання фібробетону:

1. Висока вартість початкового впровадження технології. Широке впровадження використання фібробетонів в дорожньому будівництві потребує підготовки фахівців та придбання спеціалізованого обладнання для забезпечення правильної роботи з матеріалом. Також, великі витрати має розробка і впровадження ефективних складів фібробетонів, що окупується через 10-15 років експлуатації доріг і автодорожніх споруд.

2. Стандартизація та регулювання. На початковому етапі впровадження технології фібробетону в дорожнє будівництво потребує розробки стандартів та нормативів. Встановлення чітких стандартів є ключовим елементом забезпечення якості та надійності конструкції, виготовленої з використанням цього матеріалу. Сьогодні для перевірки властивостей фібробетонів в Україні використовують стандарти для бетонів [7, 8].

Результати досліджень

З метою поліпшення фізико-механічних властивостей бетону на мікрорівні проведені дослідження впливу базальтового дисперсно-армованого волокна на структуру бетонної матриці. Для проведення дослідження були використані наступні матеріали:

- портландцемент марки ПЦ М500;
- кварцовий пісок;
- в якості пластифікуючих добавок використовувалися суперпластифікатори: «Sikament BV 3М», «SikaLatex» [9];
- в якості макроармуючих волокон застосована базальтова фібра [10].

Механічні випробування при згин та стиск зразків з дрібнозернистого фібробетону проводилися з використанням гідравлічного випробувального пресу.

Встановлено, що застосування базальтової фібри дає можливість отримати на стадії перемішування реологічно однорідної, пластичної суміші, яка не розшаровується. Затверділий фібробетон має просторово армовану мікроструктуру цементного каменю, що перешкоджає утворенню усадкових тріщин.

Аналіз результатів проведених випробувань показав, що найбільш оптимальним є склад фібробетону з концентрацією базальтової фібри 1,4 кг/м³. Для нього характерним є збільшення міцності на стиск до 40,89 %, а міцності на розтяг при згині – до 21,07 %.

Таблиця 1 – Вплив базальтового волокнистого наповнювача на міцність фібробетону

№ п/п	Дозування фібри, кг/м ³	Границя міцності, МПа	
		на розтяг при згині	на стиск
1	0	2,23	30,42
2	0,6	2,25	31,24
3	0,8	2,35	33,25
4	1,0	2,30	40,16
5	1,2	2,4	41,94
6	1,4	2,70	42,86
7	1,6	2,70	39,57
8	1,8	2,70	37,50
9	2,0	2,60	40,09
10	2,5	2,80	39,84

Зростання показників міцності зразків на стиск і згин пояснюється тим, що введення в суміш базальтових волокон дозволяє збільшити адгезію з цементно-піщаною матрицею. Підвищення таких показників як тріщиностійкість і, відповідно, довговічність базальтофібробетону пов'язано з макроармуючою здатністю фібрового волокна і релаксацією напруги на поверхні контакту «матриця-заповнювач». Процес руйнування бетонів, дисперсно-армованих базальтовим волокном значно довший процесу руйнування звичайних мілкозернистих бетонів. Слід також відзначити, що подальше збільшення витрати фібри приводить до її грудкуванню, зниження міцності на стиск і розтяг при вигині.

На структуру фібробетону впливає не тільки фіброве волокно, а і комплексне введення добавок і мікрозміцнювачів. Щоб поліпшити фізико-механічні властивості дрібнозернистих фібробетонів, необхідно дослідити вплив пластифікуючих добавок на їх міцність.

Встановлено, що в результаті проведених експериментальних досліджень спостерігається позитивний вплив суперпластифікаторів на фізико-механічні властивості цементно-піщаного розчину. Таким чином, введення добавки «Sikament BV 3M» та «SikaLatex» сприяло підвищенню міцності та рухливості розчину. Результати представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вплив пластифікованих добавок на міцність дрібнозернистих фібробетонів

Назва	Розплив стандартного конуса, мм	Середня щільність, кг/м ³	Границя міцності, МПа	
			на розтяг при згині	на стиск
Еталон	106	2234,37	2,30	30,42
Sikament BV 3M	109	2135	2,35	40,19
SikaLatex	111	2171,88	2,40	55,01

В результаті використання суперпластифікаторів знижується витрата води замішування при збереженні рухливості, що відіграє важливу роль при виробництві базальтофібробетонів.

Висновки

Використання фібробетону в автодорожньому будівництві відкриває широкі перспективи для підвищення якості та тривалості інфраструктури. Інтеграція цієї технології вимагає збалансованого підходу, урахування всіх етапів будівництва та реконструкції, а також розв'язання викликів, пов'язаних із стандартизацією та вартістю.

Впровадження фібробетону в автодорожню інфраструктуру забезпечує вибір оптимальних типів волокон, їх обсягів, та підтримку точних технологічних процесів змішування та укладання матеріалу. Це забезпечує оптимальні результати при реконструкції автомобільних шляхів та споруд.

В ході теоретичних та експериментальних досліджень доведено позитивний ефект укріплення бетону базальтовими волокнами, що характеризується високими показниками фізико-механічних характеристик.

Визначено найбільш раціональне дозування базальтового мікроармуючого волокна. Оптимальним є склад базальтофібробетону з концентрацією фібри, що становить 1,4 кг/м³, в якому виявлено максимальне збільшення міцності. Подальше збільшення витрати фібрових волокон призводить до їх комкування, а також зниження міцності та як наслідок подорожчання базальтофібробетону.

Наведено результати досліджень комплексного введення в цементно-піщану суміш базальтових волокон-фібр, пластифікуючих добавок на властивості базальтофібробетону. Встановлено, що застосування всіх вищевказаних компонентів комплексно призводить до максимального набору міцності фібробетонних зразків, ніж застосування цих складових окремо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М. Досвід застосування фібробетону у будівництві. Збірник наукових праць ДЕУТ: Серія “Транспортні системи і технології”, 2014. Вип. 24. С. 5-11.
- [2] Солодкий С.Й. Тріщиностійкість бетонів на модифікованих цементах. Монографія. Л.: Видавництво НУ “ЛП”, 2008. 144 с.
- [3] Voigt. Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: A State-of-the-Practice Manual, Iowa State University. FHWA, 2007. 326 p.

[4] Kovalskiy V. Technical research and development [Text]: collective monograph / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., etc. – International Science Group. – Boston, : Primedia eLaunch 2021. – 616 p.

[5] Kovalskiy V. P., Guo Mingjun. The main areas of research on the durability of asphalt concrete under the influence of anti-icing reagents. *Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі: збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 8 - 9 листопада 2022 р., м. Харків.* Харків: ФОП Бровін О.В., 2022. С. 65-67.

[6] Ковальський В. П., Го Мінцзюнь. Забруднення питної води промисловими відходами. *Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 17 – 18 листопада 2022 р.* Одеса : ОНАХТ, 2022. С. 46-48.

[7] ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

[8] ДСТУ Б В.2.7-227:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 24 с.

[9] Sika в Україні. добавки для бетонів та розчинів. URL: <https://ukr.sika.com/uk/distribuciya/81842/81857.html>

[10] Виробництво базальтового волокна. URL: <https://frunze.com.ua/pro-kompaniju/tehnologichni-mozhливosti/virobnictvo-bazaltovogo-volokna/>

Пересенчук Олександр Петрович – магістр, група 1Б-22м, кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, afro.digo12@gmail.com

Бондар Альона Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua

Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович – к.т.н., доцент, Факультет будівництва цивільної і екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua

Oleksandr Peresenchuk – master, group 1B-22m, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, afro.digo12@gmail.com

Alena Bondar – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), PhD, Associate Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua

Supervisor: Viktor Kovalskiy – Ph.D., Associate Professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: kovalskiy@vntu.edu.ua