

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ МОНОЛІТНОГО КАРКАСУ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ФІБРОБЕТОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто можливість підвищення міцності монолітного каркасу багатоповерхових будинків шляхом використання фібробетону. Проаналізовано фізико-механічні властивості фібробетону, зокрема його тріщиностійкість, ударну та згинальну міцність. Проведено порівняння з традиційним бетоном та наведено переваги фібробетонних рішень у забезпеченні довговічності й надійності будівель.

Ключові слова: фібробетон, монолітний каркас, багатоповерховий будинок, міцність, тріщиностійкість, армування, бетонні конструкції, будівництво

Abstract

The article examines the possibility of increasing the strength of monolithic frames in multi-storey buildings through the use of fiber-reinforced concrete. The physical and mechanical properties of fiber-reinforced concrete are analyzed, particularly its crack resistance, impact strength, and flexural strength. A comparison with traditional concrete is provided, highlighting the advantages of fiber-reinforced solutions in ensuring durability and reliability of buildings.

Keywords: fiber-reinforced concrete, monolithic frame, multi-storey building, strength, crack resistance, reinforcement, concrete structures, construction

Вступ

Сучасне будівництво вимагає постійного вдосконалення технологій виробництва та матеріалів, щоб покращити надійність, довговічність та економічну доцільність будівель [1-3]. Одним із найпоширеніших типів конструктивних схем будівель на даний момент являється монолітний залізобетонний каркас [4-6]. Його основою є бетон, який має низку недоліків, таких як низька тріщиностійкість, обмежена ударна витривалість та чутливість до деформацій унаслідок усадки й температурних змін. У зв'язку з цим усе більшої популярності набувають композитні бетонні матеріали, серед яких особливе місце займає фібробетон — бетон, армований дисперсною фіброю (сталевою, полімерною, базальтовою тощо).

Метою роботи є дослідження впливу використання фібробетону на підвищення міцності монолітного каркасу багатоповерхових будинків, а також обґрунтування доцільності його застосування у конструктивних елементах з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу.

Результати дослідження

Фібробетон - це дрібнозернистий матеріал, одним зі складових якого є армуючий наповнювач. Він являє собою бетон, який в своєму складі має частинки фіброволокна, від назви яких і виходить назва бетону [7-10]. Ці волокна виконують роль арматури, яка застосовується з метою підвищення міцності бетонного розчину. Фібробетонні вкраплення однакові по довжині і товщині [10-13]. Це дозволяє рівномірно розподілити їх у всій структурі бетону.

Розрізняють дві групи фібри:

- Металева (вихідною речовиною є сталь, яка має різну форму і розміри);

- Неметалева (виробляється з таких матеріалів, як скло, акрил, бавовна, базальт, поліетилен, карбон, вуглевод та інші)

Порівняння традиційного бетону та фібробетону за основними фізико-механічними характеристиками наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Порівняння характеристик бетону та фібробетону

Характеристика	Традиційний бетон	Фібробетон
Міцність при стиску, МПа	25–50	30–60 (до +20% за рахунок фібри)
Міцність при розтягу, МПа	2–4	5–8 (у 2–3 рази вища)
Загальна енергія тріщиноутворення	Низька	Висока — затримує й обмежує розвиток тріщин
Тріщиностійкість	Незначна	Висока
Ударостійкість	Слабка	Підвищена (в 5–10 разів, залежно від фібри)
Модуль пружності, ГПа	~25–35	~30–40 (залежно від виду фібри)
Усадка	Суттєва	Зменшена (~20–40%)
Морозостійкість	F100–F200	F200–F400
Водонепроникність	W4–W6	W6–W10
Економічна доцільність	Висока (низька вартість)	Середня: дорожчий матеріал, але економія на ремонтах і армуванні
Армування	Обов'язкове (робоча арматура + сітки)	Можливе часткове зменшення об'єму армування

Фібробетон зазвичай дорожчий за традиційний бетон через додавання фібри (сталеві, поліпропіленові, базальтові тощо) та необхідність спеціального обладнання для його виробництва [14-17]. Наприклад, вартість 1 м³ традиційного бетону марки С20/25 становить приблизно 1900 грн, тоді як фібробетон може коштувати на 15–30% дорожче, залежно від типу та кількості фібри [18-22].

Попри вищу початкову вартість, застосування фібробетону в житловому будівництві може бути економічно доцільним завдяки:

- Зменшенню або повному виключенню традиційного армування, що скорочує витрати на арматуру та трудові ресурси.
- Підвищеній тріщиностійкості та довговічності, що зменшує потребу в ремонтах і обслуговуванні протягом експлуатації будівлі.
- Скороченню термінів будівництва завдяки спрощенню технологічних процесів.

Зокрема, дослідження показують, що використання фібробетону може зменшити загальні витрати на будівництво та експлуатацію будівлі, компенсуючи вищу вартість матеріалу.

Технологічні переваги фібробетону.

1. Підвищена тріщиностійкість та зменшення усадки

Додавання фібри забезпечує рівномірний розподіл армуючих елементів у бетонній масі, що зменшує ризик утворення мікро- та макротріщин, а також знижує усадку під час твердіння.

2. Зменшення або виключення традиційного армування

Фібробетон може зменшити або повністю замінити необхідність у сталевому армуванні, що спрощує процес будівництва та знижує витрати на арматуру.

3. Підвищена ударостійкість та зносостійкість

Завдяки армуванню фіброю, фібробетон демонструє вищу стійкість до ударних навантажень та зносу, що особливо важливо для конструкцій, які піддаються динамічним впливам.

4. Стійкість до агресивних середовищ

Використання певних типів фібри, таких як базальтова або поліпропіленова, підвищує стійкість бетону до хімічно агресивних середовищ, вологи та температурних коливань.

5. Скорочення термінів будівництва

Завдяки зменшенню обсягу армування та спрощенню технологічних процесів, фібробетон дозволяє скоротити час на виконання будівельних робіт.

Технологічні недоліки фібробетону.

1. Необхідність спеціального обладнання для змішування

Для забезпечення рівномірного розподілу фібри в бетонній суміші потрібне спеціалізоване обладнання або модифікація існуючих бетонозмішувачів.

2. Підвищені вимоги до контролю якості

Недостатнє перемішування або неправильне дозування фібри може призвести до нерівномірного армування, що негативно вплине на властивості бетону.

3. Обмежена доступність та вища вартість фібри

Деякі види фібри можуть бути менш доступними або дорожчими, що впливає на загальну вартість матеріалу.

4. Потреба в адаптації технологічних процесів

Впровадження фібробетону вимагає перегляду та адаптації існуючих технологічних процесів, що може потребувати додаткового навчання персоналу.

Висновки

Результати дослідження свідчать, що фібробетон забезпечує значне підвищення тріщиностійкості, ударної витривалості та загальної довговічності конструкцій. Попри дещо вищу собівартість, матеріал дозволяє зменшити витрати на армування та обслуговування, що робить його застосування економічно обґрунтованим. З урахуванням отриманих результатів, фібробетон має високий потенціал для широкого впровадження у сучасному монолітному будівництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б., Кочевих М. О., Гасан Ю. Г., Константинівський Б. Я., Ракша В. О., Будівельне матеріалознавство, Київ-2012. С. 431.
2. Фібробетон: склад, характеристики і технологія виготовлення. URL: <https://stroyfibra.com.ua/fibrobeton-sklad-harakteristiki-i-tehnologiya-vigotovlennya/>
3. Ковальський В. П. Теплоізоляційні сухі будівельні суміші на перлітовому заповнювачі модифіковані поліпропіленовою фіброю [Текст] / В. П. Ковальський, Р. В. Варчук // Матеріали за XIII міжнародна научна практична конференція «Найновітє постиження на європейската наука - 2017», 15-22 юни 2017 г. – София : «Бял ГРАД-БГ», 2017. - Vol. 8. – С. 85-87.
4. Національний університет «Львівська політехніка». URL: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2021/dissertation/16670/disertaciya-turbi-yuv.pdf>
5. Що таке фібробетон? Технологія і застосування. URL: <https://fiber.ua/uk/shho-take-fibrobeton-tehnologiya-i-zastosuvannya/>
6. Ковальський В. П. Сучасні тенденції у зведенні монолітних і цегляних житлових будинків [Текст] / В. П. Ковальський, А. В. Бондар, Г. І. Лисій // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2015. - № 1. - С.106-110.
7. Модифікована суха будівельна суміш на перлітовому заповнювачі [Текст] / В. П. Ковальський, А. В. Бондар, Р. В. Варчук, В. П. Бурлаков // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2017. – Т. 22, № 1. - С. 17-20.
8. Національний технічний університет України – КПІ, магістерська дисертація: "Процес віброекструзійного виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків". URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/24e8fa11-313e-4dff-9395-b552e2df039c/content>
9. Ковальський В. п. Особливості проектування громадських будівель [Електронний ресурс] / В.В. п. Ковальський, А. І. Куртак // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дата. - 2017. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2406>.
10. Очеретний В. П. Будівельне матеріалознавство [Текст] : збірник задач / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. В. Бондар. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 118 с.
11. Ковальський В. П. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах [Текст] / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2014. - № 1. - С. 35-40.

12. Ковальський, В. П. Методи підвищення довговічності конструкцій гідротехнічного бетону [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, М. О. Постолатій, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7458>.

13 Ковальський В. П. Захист від корозії залізобетонних виробів у водотранспортних мережах [Текст] / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, Є.Р. Матвійчук // Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції "Вода в харчовій промисловості", Одеса, 20-21 березня 2020 р. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – С. 45-47.

14. Guo Mingjun Research progress of high salinity wastewater treatment methods [Текст] / Guo Mingjun, Xu Yiming Kovalskiy V.P. // Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості», 20–21 березня 2020 р. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – С. 31-33.

15. Lefebvre, O. and R. Moletta, Treatment of organic pollution in industrial saline wastewater: A literature review. Water Research, 2006. 40(20): p. 3671-3682.

16. Postolatii M. Building products using industrial waste [Електронний ресурс] / М. Postolatii, S. Yakivchuk, V. Kovalskiy // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві, Вінниця", 10-12 листопада 2020 р. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2020/paper/view/10896>.

17. Постолатій М. О. Прогресивні будівельні конструкції [Текст] / М. О. Постолатій, наук. кер. В. П. Ковальський // Матеріали XIII Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Сталий розвиток міст» (86-ї студентської науково-технічної конференції ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) : в 4-х ч. / Ч. 1. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – С. 149-150.

18. Drukovanyy M. Activation of gold-cement binding systems [Електронний ресурс] / М. Drukovanyy, V. Ocheretnyi, V. Kovalskiy // Матеріали L науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 10-12 березня 2021 р. – Електрон. текст. дані. – 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12714>.

19. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." nternational Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).

20. Bereziuk O. Ukrainian prospects for landfill gas production at landfills [Text] / O. Bereziuk, M. Lemeshev, A. Cherepakha // Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph / Hnes L., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. – P. 58-65.

21. Bereziuk V. et al. High-precision ultrasonic method for determining the distance between garbage truck and waste bin //Mechatronic Systems 1. – Routledge, 2021. – С. 279-290.

22. Lyubarsky V. Use of fly ash in production wall materials [Електронний ресурс] / V. Lyubarsky, V. Kovalskiy // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/16112>.

Тимошенко Віталій Олександрович – студент групи 192-23а, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. E-mail: vitaliktymoshenko@gmail.com

Собчук Дмитро Володимирович — студент групи 2Б-23б, факультет будівництва та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dmytro.sobchuk@gmail.com

Ковальський Віктор Павлович — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email:kovalskiy@vntu.edu.ua

Tymoshenko Vitaliy Oleksandrovych - student of group 192-23a, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail: vitaliktymoshenko@gmail.com

Sobchuk Dmytro Volodymyrovych - student of the 2B-23b group, Faculty of Construction and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: dmytro.sobchuk@gmail.com

Kovalsky Viktor Pavlovich – PhD, Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail:kovalskiy@vntu.edu.ua