

КОМБІНОВАНІ ДЕРЕВОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ**Мерзляков А.О., студ. гр. ПЦБ-467****Бершадська А.О., студ. гр. ПЦБ-466***Науковий керівник – Сьоміна Ю.А., к.т.н., доцент (кафедра Металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій, Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

Анотація. У роботі розглянуто переваги деревини як конструкційного матеріалу. Проаналізовано можливість застосування дерев'яних елементів з бетонними у складі гібридних конструкцій. Наведені існуючі приклади використання комбінованих будівельних конструкцій.

Актуальність. Історія будівництва за використанням деревини як будівельного матеріалу сягає з самої давнини і доходить до наших днів. До 19 століття найважливішими будівельними матеріалами були: деревина, цегла, природний камінь. Для будівництва перекриття у багатоповерхових будинках використовувалась в основному деревина, так як сталеві профілі були дуже дорогими. Технологія будівництва повністю змінилась коли були розроблені будівельні компоненти на основі цементу. Деревину використовували лише як опалубки. Дерев'яні конструкції втратили попит для багатоповерхових будинків, оскільки протипожежні норми дозволяли використовувати деревину лише для двоповерхових будівель. В наш час технології дозволяють почати використовувати деревину в комбінації з іншими будівельними матеріалами навіть для будівництва багатоповерхових будівель.

Дерево є одним із найпривабливіших будівельних матеріалів завдяки своїй відновлюваності та поглинанню вуглецю, що завжди було невід'ємною частиною будівельного середовища. Окрім того, сучасні дерев'яні конструкції виготовляються з малою кількістю відходів, що може підвищити ефективність використання матеріалів.

Відходи деревини можна використовувати для виготовлення дерево-полімерних конструкцій. Окрім того, у порівнянні з дерев'яними, демонтаж залізобетонних конструкцій займає багато часу, а бетонні відходи, що утворюються, важко переробляти. У деяких випадках замість суто бетонного розчину можуть застосовуватись багатошарові елементи з максимальним використанням деревини, наприклад, легка деревно-бетонна суміш замість важкого звичайного бетону.

Суміші цементу та деревних частинок були розроблені приблизно в 1900 році, але вони знайшли своє застосування в основному в неконструкційних будівельних матеріалах, таких як ізоляційні плити. Багато продуктів на ринку використовують цемент і деревину, дерев'яні волокна або готовий порошок для обробки поверхонь. Останні розробки стосуються деревобетонної цегли, стін для житла та дерев'яної стружки як ізоляційного матеріалу від виробників з Австрії, Бельгії, Бразилії, Франції, Італії, Нідерландів, Іспанії, Швеції, Швейцарії. Багато продуктів було запатентовано та запроваджено у виробництво.

За словами Ріттера та ін., правильне встановлення та використання дерев'яних виробів у будинках часто зменшує викиди парникових газів, що виробляються продуктами, негативний зовнішній вплив на навколишнє середовище мінімізується (Ріттер та ін., 2011). Щодо висотних дерев'яних будівель виявлено, що вартість 20-поверхової будівлі з використанням CLT є подібною вартості будівлі з традиційних будівельних матеріалів (Робертсон та ін., 2012).

Переваги використання деревини в поєднанні з бетоном та сталлю: зниження ваги конструкції; екологічність; легкий демонтаж конструкцій; належний протипожежний захист; низький об'єм відходів; вторинність використання деревини; поглинання деревиною вуглецю. Деревобетонна гібридна будівля відноситься до конструкції, в якій деревина та бетон працюють у симбіозі. Найчастіше у висотних дерев'яних гібридних будівлях бетонне ядро, яке протистоїть боковим навантаженням, поєднується з дерев'яними конструкціями.

Приклади гібридних елементів з використанням деревини, бетону і сталі.

Приклад 1. Деревні легкі бетони (рис. 1) [3].



Рис. 1. Склад деревних легких бетонів

Бетонні суміші на основі деревини були розроблені з використанням відходів деревообробної промисловості (частинки листової деревини, стружки, тирса, гранули, суміші деревини тощо) та перероблених мінералів як постійних заповнювачів та інших добавок. Суміші були оптимізовані з огляду на структурну міцність, зменшення власної ваги, придатність до обробки, вартість виробництва, вплив на навколишнє середовище, теплоізоляцію та здатність до зберігання енергії, здатність до шумоізоляції та пожежну безпеку. Після набору міцності тривалістю 28 днів дослідні зразки були випробувані у лабораторних умовах (рис. 2, 3). Поєднання продуктів виробничого ланцюга деревини, таких як тирса, стружка тощо із традиційним бетоном призвело до отримання:

- легкої деревобетонної суміші із підвищеною міцністю на розтяг та стиск, що забезпечує всі відповідні переваги на структурному рівні;
- текучого будівельного матеріалу з усіма відповідними перевагами для виробництва;
- зниженої щільності конструкції (порівняно зі звичайним бетоном), що є перевагою при теплоізоляції та здатності до зберігання енергії, акустичної ізоляції.
- конструкційного матеріалу на основі деревини з підвищеною вогнестійкістю завдяки мінеральним компонентам у складі.

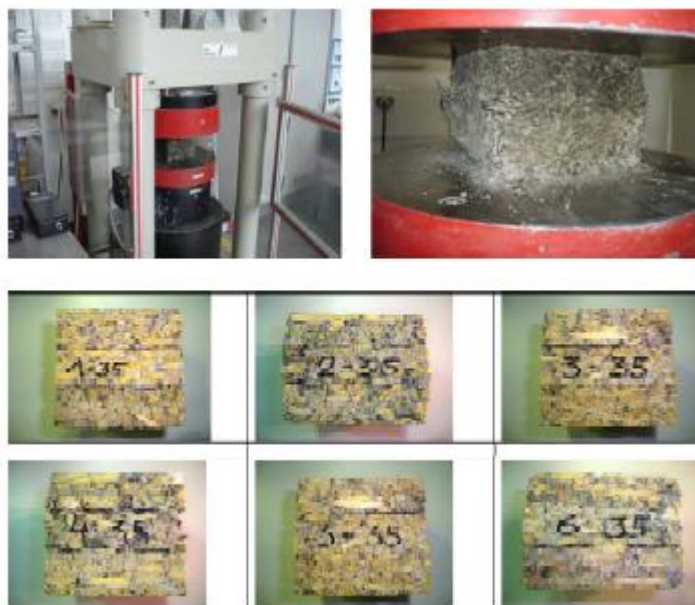


Рис. 2. Випробування дослідних зразків на стиск

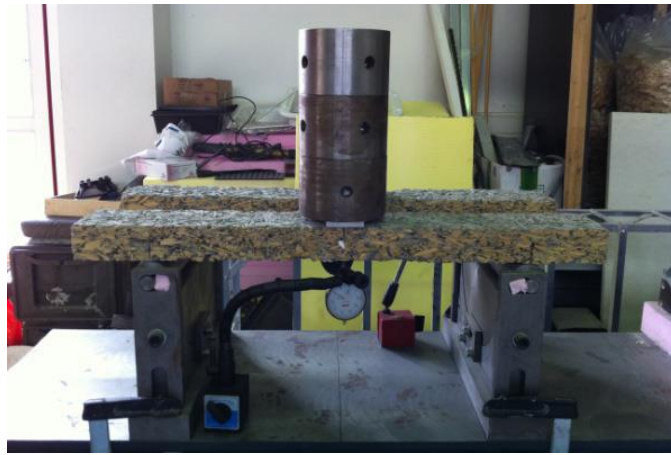


Рис. 3. Випробування дослідних зразків за дії тривалих навантажень

Приклад 2: Деревобетонна сендвіч панель [3].

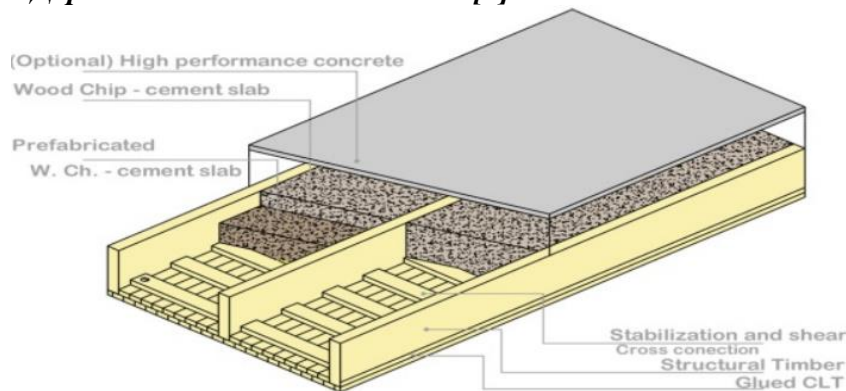


Рис. 4. Деревобетонна сендвіч панель

Дерево-бетонна сендвіч панель окрім меншої ваги у порівнянні з традиційним залізобетоном забезпечує додаткові переваги такі як тепло-, звукоізоляція, пожежна безпека. Також завдяки використанню відновлюваних ресурсів, відходів і виробленої продукції лісової промисловості ця технологія забезпечує структурно ефективні компоненти для конструкцій з низьким енергоспоживанням, підтримуючи модульну конструкцію швидкого монтажу з підвищеною ефективністю. Були проведені експериментальні дослідження працездатності плити під навантаженням, які були зосереджені на трьох найбільш перспективних варіантах компоновки елементів і проводилися на трьох зразках на кожен тип компоновки. Дослідження також були спрямовані на вивчення механічної поведінки з'єднань, щоб гарантувати безпеку при експлуатації, сприймати великі переміщення в пластичній стадії роботи конструкції без досягнення руйнування. Поведінка наведеної плити під дією статичного навантаження показана на рис. 5.



Рис. 5. Випробування деревобетонної панелі на міцність до руйнування

Приклад 3. Деревобетонна балка зі з'єднанням системою HBV [2]. Особливістю конструкції є спосіб з'єднання складових із дерева та бетону – система HBV. Вона складається з протяжної сталеві сітки з товщиною 2,5 мм, яка вклеюється в розпил дерев'яної деталі, а потім зверху заливається бетоном (рис. 6). Клей і бетон заповнюють порожнечі в сітці, утворюючи механічне з'єднання «адгезивний дюбель», яке призведе до того, що сталеві сітка почне прогинатися до руйнування клею (Гербер і Таннерт, 2015). Вклеєна арматура, як кутова, так і пряма, може допомогти проштовхнути зрив у дерев'яну балку після повної пластифікації з'єднувачів (Чеккотті та ін., 2007).

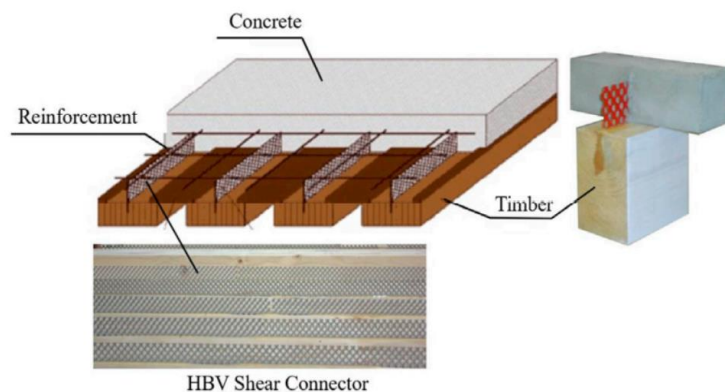


Рис. 6. Деревобетонна балка зі з'єднанням системою HBV

HBV пройшла успішні випробування та схвалення, зберігає високий ступінь жорсткості та несучої здатності навіть через не підкріплений роздільний шар. Композитний коефіцієнт для системи HBV становить 0,85, а жорсткість балок, що використовують цей тип з'єднання, може досягати більш ніж у три рази вищої жорсткості традиційної клеєної балки. Конструкція деревобетонної композитної балки базується на Єврокод 5, де необхідно перевірити міцність бетону, деревини та компонентів з'єднання HBV, які складають балку. Щодо вертикальних елементів, то розроблено композитні колони з клеєного бруса HSK. Подібно до балок з клеєного бруса, вибір розміру колон з клеєного бруса також базується на китайських нормах проектування дерев'яних будівель.

Висновки:

1. Деревобетонні конструкції є значно легшими на відміну від традиційних залізобетонних, не поступаються їм у жорсткості і сприйнятті навантажень різного виду. Вказані конструктивні елементи краще забезпечують тепло- та звукоізоляційні показники.

2. Гібридні конструкції є більш екологічними, оскільки деревина поглинає вуглець, в той час як видобуток заліза і цементу, які є основними складовими залізобетону забруднюють навколишнє середовище. Деревні альтернативи звичайним бетонним або кам'яним конструкціям відкривають можливості для європейських країн зменшити викиди вуглецю відповідно до Кіотського протоколу.

3. Враховуючи розвиток сучасних технологій та вищенаведені приклади гібридних конструкцій, сфера використання подібних композитів значно розширилася, а саме мова йде про багатоповерхове будівництво. Ці продукти відкривають нові ринки для деревообробної промисловості з потенціалом від 10 до 20% європейського будівельного ринку.

Література:

[1]. A. Fadaei, W. Winter, M. Gruber Wood Based Construction for Multi-Storey Buildings. World Conference on Timber Engineering. Auckland, 16-19 July, 2012. Pp. 36-45.

[2]. Сьоміна Ю.А. Сумісне застосування залізобетону та деревини у висотному будівництві. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини». Одеса. 10-12 червня, 2021. С. 51-52.

[3]. Zhang X., Xuan L., Huang W., Yuan L. and Li P. Structural Design and Analysis for a Timber-Concrete Hybrid Building. Front. Mater. 2022. Vol. 9. Pp. 84-98. doi: 10.3389/fmats.2022.844398.