

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ НА ПРАКТИЦІ ТРИШАРОВИХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПЛИТ З ПОЛІСТИРОЛЬНИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ

Мельник І.В., Сорохтей В.М., Приставський Т.В.
Національний університет «Львівська політехніка»

Голець Ю.
Департамент житлового господарства та інфраструктури Львівської міської ради
м. Львів, Україна

АНОТАЦІЯ: Подані результати експериментальних досліджень і приклади використання в практиці будівництва тришарових плит з пінополістирольним утеплювачем.

АННОТАЦИЯ: Представлены результаты экспериментальных исследований и примеры использования в практике строительства трехслойных плит с пенополистирольным утеплителем.

ABSTRACT: The results of experimental studies and examples of their use in construction of sandwich panels with foam insulation are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: збірно-монолітні плити, пінополістирольний утеплювач, дослідження, будівництво.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Питання пасивного енергозбереження (тобто зменшення витрат тепла зсередини будівлі шляхом збільшення теплового опору огорожуючих конструкцій) стає все актуальнішим. До найбільш прогресивних систем у цій сфері відносяться збірно-монолітні тришарові плити, які є не лише ефективними стіновими огорожуючими елементами, але й водночас надійними несучими конструкціями.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

До пошуку систем з ефективним утеплюючим (енергозберігаючим) шаром підштовхнула світова енергетична криза у 70-х роках ХХ-го століття. Ці системи базуються на так званій 3D-панелі, у якій поєднані функції ефективної огорожуючої і несучої конструкції (рис. 1).

Вихідною конструкцією тришарових плит є середній шар утеплювача з промжними зигзагоподібними металевими каркасами К-1 і зовнішніми сітками С-1 (плитний пакет ПМ-1 шириною 1,2 м, висотою 3 м - рис. 1а). Після монтажу на місці

плити ПМ-1 обетонують або отиньковують з обидвох боків, в результаті отримують цільну тришарову конструкцію з утеплювачем посередині (рис. 1б).

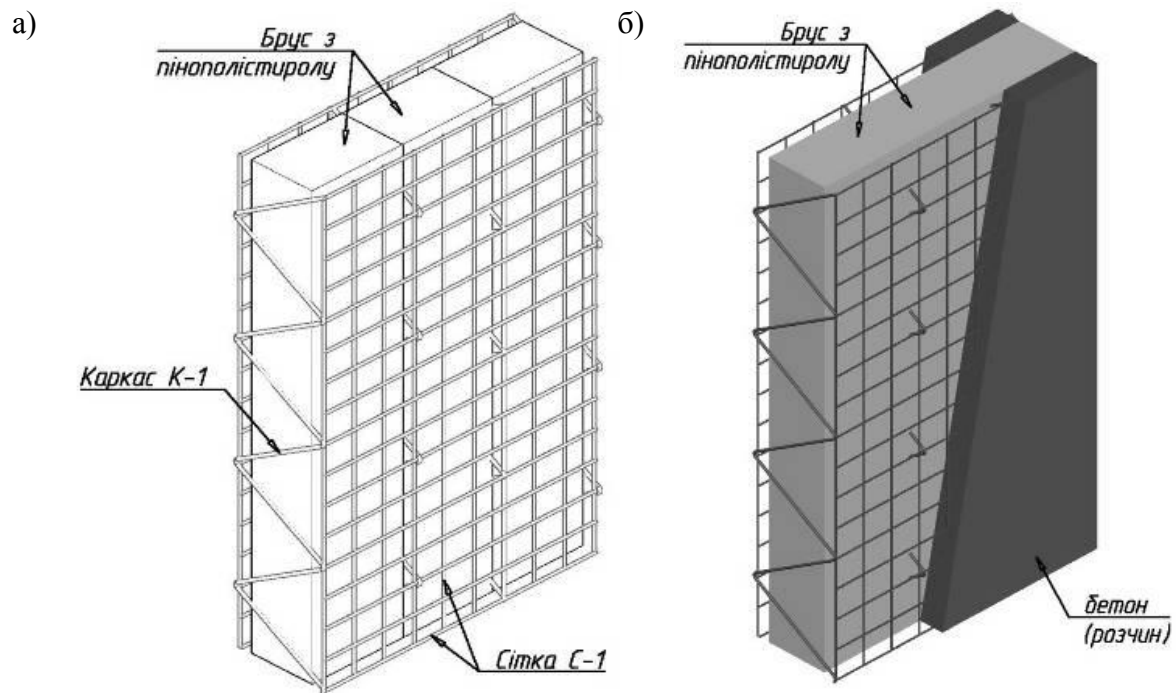


Рис. 1. Вихідна конструкція ПМ-1 (а) і фрагмент тришарової плитної конструкції (б).

Згідно з наявними інформаційними джерелами, першість у розробці цих нових конструктивно-технологічних систем слід віддати відомій австрійській фірмі EVG, яка у кінці 80-х років минулого століття розробила і налагодила повністю автоматизоване виробництво панелей з пакету пінополістирольних брусів, як основної вихідної конструкції тришарової плити [1].

З новими змінами, доповненнями і модифікаціями 3D-панелі з'явилися пізніше в інших країнах Європи і Америки, зокрема це розробки Schnell-house і Emmedue (Італія) [3], Coffor, Rasta, фірми ICS 3-D Panel Works, Inc (США) [2]. Пізніше на базі австрійської технології на ринку з'явилася система «Русская стена» (Росія) [4]. В Україні подібні системи розробляють і впроваджують фірми: «Практик» (Одеська обл.) [5], МДМ (Чернівці), будівельна компанія «БудФормація+» (Львів) [6] та інші.

Більш широке використання в Україні тришарових систем стримують недостатня нормативна і експериментально-теоретична база та незначний досвід використання на практиці. Окремі експериментально-теоретичні дослідження [9, 10, 11] не відображають багатоваріантності впливів на цю систему різних силових і геометричних факторів, а також характеристик матеріалів.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Мета роботи – визначити міцність і деформативність фрагментів тришарових плит при випробуванні на стиск і згин для врахування при зведенні огорожуючих і несучих конструкцій стін та покриттів в будівлях різного призначення.

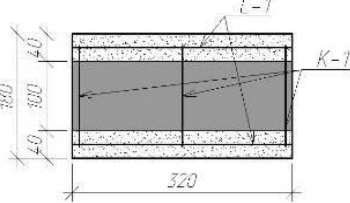
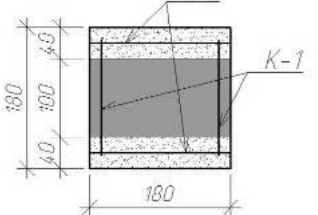
Нижче подано основні результати експериментальних досліджень фрагментів плит і досвід їх використання в практиці будівництва.

КОНСТРУКЦІЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На початкових етапах експериментальних досліджень випробування проводили на плитах з бетонними зовнішніми шарами. На поперечний згин випробовували фрагмент тришарової залізобетонної плити загальним розміром дослідного зразка товщиною 18 см, шириною 120 см, довжиною 300 см. На поздовжній стиск випробовували фрагмент залізобетонної тришарової плити товщиною 18 см, шириною 50 см, висотою 83 см. Більш детально конструкція дослідних зразків, методика і результати експериментальних досліджень залізобетонних плит на згин і на стиск подані в публікаціях [7, 8].

Зважаючи на значну міцність тришарових залізобетонних плит як при згині, так і при стиску, подальші дослідження проводили на фрагментах плит, в яких для формування зовнішніх шарів використовували не бетон, а розчин. Загальна конструкція цих дослідних зразків (умовно названа армоцементними) подана в табл.1 і на рис. 2, 3.

Таблица 1

№ зразка	Розміри мм, lxbxh	Переріз	Характер завантаження
1	1230x320x180		центрове
2	1230x320x180		позацентрове
3	3000x320x180		згин
4	3000x180x180		згин

Наперед заформовані дослідні зразки у вигляді фрагментів плит витримували до випробування до 5-х місяців в умовах природного твердіння.

Проектна міцність розчину М200. Для приготування розчину використовували кварцовий пісок крупності Мс=2,08 і портландцемент марки М300. Крім цього, разом з виготовленням дослідних зразків формували стандартні куби з розміром ребра 10 см для визначення фактичної міцності розчину, яка перед випробуванням становила ~ 21 МПа.

Випробування фрагментів армоцементних плит проводили на центральний і позацентровий стиск, а також на поперечний згин (рис. 2, 3).

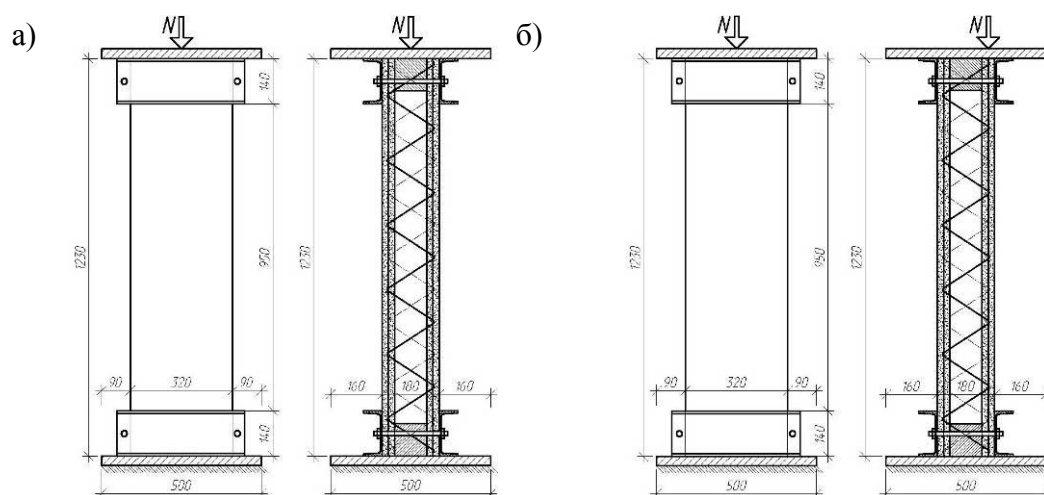


Рис.2. Конструкція і схеми завантаження при випробуванні дослідних зразків на стиск: а – при центровому завантаженні (зразок № 1); б – при позacentровому завантаженні (зразок № 2).

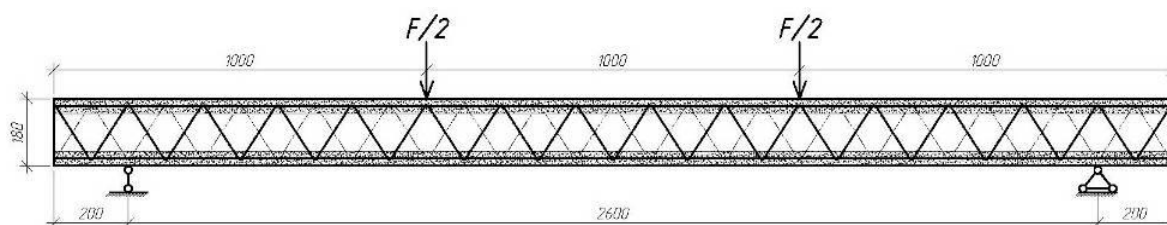


Рис.3. Конструкція і схеми завантаження при випробуванні дослідних зразків №3, №4 на згин

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Випробування на стиск

Руйнування дослідного зразка №1 відбулося раптово внаслідок дроблення розчину одного з зовнішніх шарів з одночасним випучуванням поздовжніх стержнів сітки при навантаженні $N=196,2$ кН. Напруження при цьому у зовнішніх шарах загальною площею 256 см^2 склали $7,8$ МПа.

Зразок №2, що завантажували позacentрово, зруйнувався при навантаженні $N=105$ кН в межах висоти обойми у верхній частині шару, до якого була прикладена стискаюча сила N . В припущенні, що навантаження передавалося лише на один зовнішній шар площею 128 см^2 , стискаючі напруження в ньому склали $8,3$ МПа. Графіки усереднених поздовжніх деформацій зовнішніх шарів зразків №1, №2 показані на рис. 4.

Характер деформування зовнішніх шарів свідчить про те, що в зразку №1 зовнішні шари сприймали навантаження разом з майже однаковим розподілом зусиль, а в позacentрово завантаженому зразку №2 практично все стискаюче навантаження передавалося на один шар.

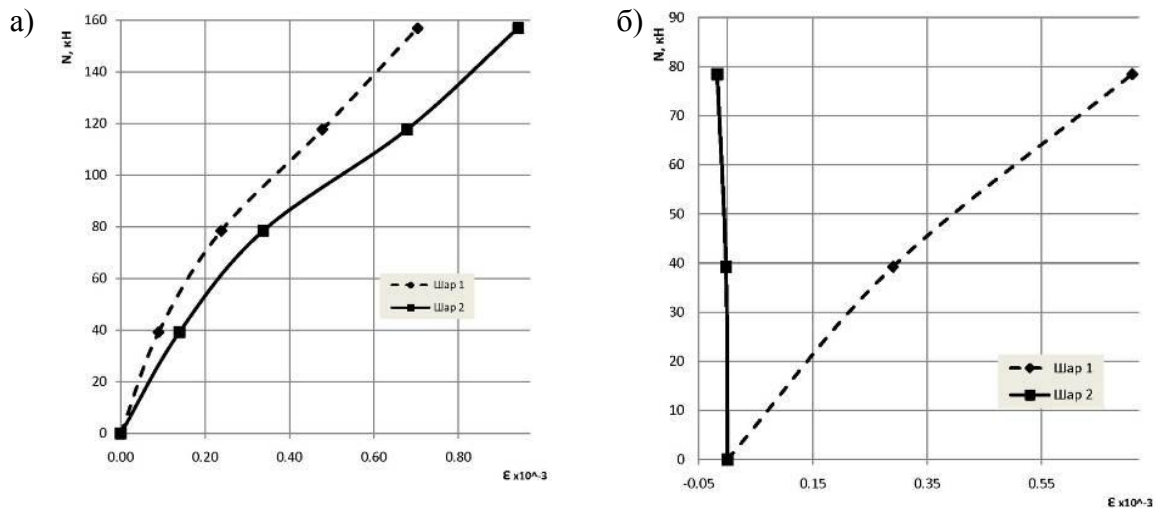


Рис. 4. Графіки поздовжніх деформацій зовнішніх шарів:
а-зразка №1, б-зразка №2

Випробування на згин

Міцність. Дослідний зразок №4 почав руйнуватися при навантаженні $F=6,10$ кН внаслідок недостатнього зв'язку між зигзагоподібними каркасами К-1 та сіткою у верхньому шарі плити. При подальшому завантаженні динамометр не фіксував збільшення навантаження, проте прогин і тріщини зростали та порушувалися зв'язки між каркасом К-1 і сітками верхнього та нижнього шарів.

На відміну від зразка №4, в зразку №3 не розривалися зв'язки між каркасом і сітками верхнього та нижнього шарів. Остаточного зразок зруйнувався при навантаженні $F=11,9$ кН. При цьому розірвалися поздовжні стержні нижньої сітки в одній із тріщин, яка перед руйнуванням розкрилася до 10 мм.

Жорсткість. Деформативність дослідних зразків подана у вигляді графіків прогинів, заміряних посередині прольоту (рис. 5).

Як видно з графіків, жорсткість зразка №3 є закономірно більшою від жорсткості зразка №4, адже зразок №3 мав більшу ширину перерізу і більше армування.

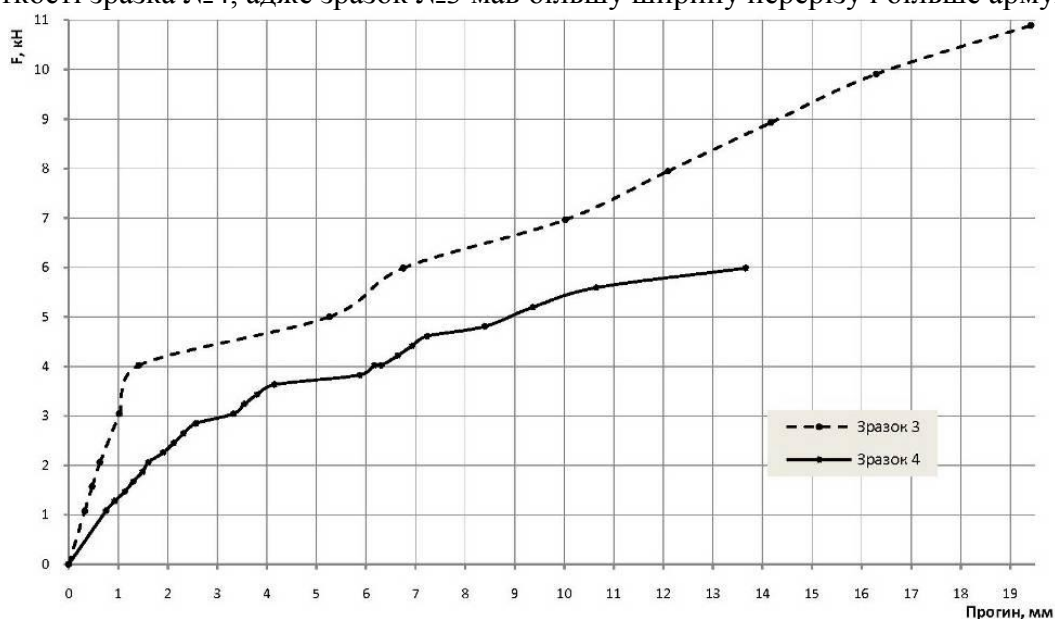


Рис. 5. Графік прогинів дослідних зразків

Тріщиностійкість. Перші нормальні тріщини у нижньому шарі з'явилися в зразку №4 при навантаженні $F=1,47$ кН, в зразку №3 - при $F=4,52$ кН. При подальшому завантаженні ширина тріщин зростала і перед руйнуванням становила 3...4 мм.

ВИКОРИСТАННЯ НА ПРАКТИЦІ

Отримані результати випробувань фрагментів тришарових плит були враховані при проектуванні і зведенні стін та покриттів при новому будівництві та реконструкції індивідуальних будівель (рис. 6). Вихідну конструкцію плит (пакети ПМ-1) поставляла будівельно-виробнича компанія “БудФормація+”, яка виконувала також будівельно-монтажні роботи.



Рис. 6. Приклади використання тришарових плит при індивідуальному будівництві

ВИСНОВКИ

1. Тришарові збірно-монолітні плитні конструкції з пінополістирольним теплоізоляційним шаром відносяться до ресурсо- і енергозберігаючих систем, які можуть бути використані для багатьох споруд як альтернативні традиційним способам будівництва.

2. Випробування фрагментів тришарової плити на вертикальне центрово і поза-центрово прикладене навантаження показали, що вона має значну міцність, достатню для стінових елементів одно- і двоповерхових будівель.

3. Випробування комплексних плит як горизонтальних елементів показали, що вони мають значну жорсткість і міцність та можуть бути використані в покриттях мансардних поверхів в поєднанні з проміжними конструктивними елементами. Проте доцільно провести дослідження плит під навантаженням при більших прольотах.

4. Використання тришарових плит в експериментальному будівництві підтвердило їх високі техніко-економічні показники і можливість широкого застосування як в новому будівництві так і при реконструкції, зокрема надбудов існуючих будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційні матеріали EVG (Австрія).
2. Інформаційні матеріали та матеріали дослідження тришарових залізобетонних плит фірми ICS 3-D Panel Works, Inc (США).
3. Інформаційні матеріали системи Emmedue (Італія).
4. Інформаційні матеріали системи «Русская стена» (Росія).
5. Інформаційні матеріали фірми «Практик» (Україна).
6. Інформаційні матеріали фірми «БудФормація+» (Україна).
7. Експериментальні дослідження тришарових залізобетонних плит з піно полістирольним утеплювачем / [І.В. Мельник, В.М. Сорохтей, В.М. Маланчук, Т.В. Жук] // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. - Рівне – Вип. 18, 2009. - С. 257-264.
8. Міцність і деформативність тришарової залізобетонної плити з утеплювачем при вертикальному навантаженні / [І.В. Мельник, Р.А. Шуляр, В.М. Сорохтей, Т.В. Приставський] // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. праць, 2009. – Вип. 8. - С. 697-702.
9. Савицкий Н.В. Оценка несущей способности и эксплуатационной пригодности гибких связей трехслойных железобетонных стеновых панелей / Н.В. Савицкий, А.Н. Зинкевич, А.М. Сопильняк // Теорія і практика будівництва: Вісник НУ «Львівська політехніка», 2010. – Вип. 664. - С. 179-183.
10. Кархут І.І. Напружено-деформований стан тришарових плит-аналогів конструктивної системи EVG-3D/ І.І. Кархут, Ю.А. Іленков // Ресурсоекономічні матеріали, їх властивості та технології виготовлення: зб. наук. праць Рівненського державного технічного університету, 2011. – Вип. 22. - С. 352-359.
11. О возможности применения трехслойных сборно-монолитных железобетонных стен и перекрытий для зданий в сейсмических районах / [П.А. Литовченко, В.В. Жигна, Н.И. Глушков, С.П. Литовченко] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2012. – Вип. 76. - С.562-569.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2013 р.