

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ФРАГМЕНТІВ ТРИШАРОВИХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПЛИТ ПРИ ЗГИНІ І СТИСКУ

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

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

АНОТАЦІЯ: Подані результати експериментально-теоретичних досліджень армоцементних тришарових плит з пінополістирольним утеплювачем.

АННОТАЦИЯ: Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований армоцементных трехслойных плит с пенополистирольным утеплителем.

ABSTRACT: The results of experimental and theoretical investigations of sandwich plates with foam insulation.

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

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Все актуальніші проблеми ресурсо- і енергозбереження спонукають до пошуку нових конструктивно-технологічних рішень будівель і споруд, альтернативних до традиційних способів будівництва.

Одним з таких рішень є тришарові збірно-монолітні плитні конструкції. В основі системи тришарових плит з гнучкими зв'язками

лежить новий спосіб поєднання конструктивних і теплоізоляційних матеріалів, різних за своїми фізико-механічними характеристиками. На відміну від збірних плит, збірно-монолітні конструкції плит виготовляють комбіновано: в заводських умовах та в умовах будівельного майданчика, тобто вихідна попередньо виготовлена конструкція утеплюючого пінополістирольного шару з арматурою після монтажу обетонується шляхом торкретування або отиньковується на місці при зведенні будівлі.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

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 ін.

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 - 12] не відображають багатоваріантності впливів на цю систему різних силових і геометричних факторів, а також характеристик матеріалів. Більшість експериментальних досліджень проводили на тришарових залізобетонних плитах. Проте більш простим і технологічним є використання для формування зовнішніх шарів не бетону, а цементного розчину. Експериментальне будівництво за кордоном і в Україні, зокрема у Львові, підтвердили таку можливість. Але досліджень тришарових плит з використанням цементного розчину проведено мало.

Мета досліджень – більш детально вивчити напружено-деформований стан тришарових плит, виготовлених з використанням цементного розчину (армоцементних плит).

Нижче подано методику та основні результати експериментальних досліджень фрагментів плит, які випробувані на згин і стиск.

КОНСТРУКЦІЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Загальною програмою досліджень передбачається випробування на стиск і на розтяг дослідних серій фрагментів тришарових плит різних розмірів і схем завантаження.

В цій статті висвітлюються дослідження 4-х зразків, випробуваних на стиск і на згин. Конструкція дослідних зразків подана в табл. 1.

Два зразки, які випробовували на стиск, мали однакову конструкцію: загальну довжину (висоту) 1,23 м, ширину і товщину перерізу відповідно 32x18 см. Висота зразка була лімітована відстанню між нижньою і верхньою плитами гідравлічного преса, на якому завантажували зразки. Зразки були армовані 3-ма каркасами К-1, з'єднаними у зовнішніх шарах сітками С-1.

Зразок №1 випробовували центрово прикладеним навантаженням; в зразку №2 зосереджене навантаження прикладали посередині одного з зовнішніх шарів. Враховуючи досвід попередніх досліджень [8], зразки №1 і №2, що випробовували на стиск, на опорних контактних з плитами преса ділянках мали обойми з швелерів, стягнутих між собою болтами. В межах висоти цих ділянок внутрішній шар плит з пінополістиролу був вибраний і замінений бетоном (рис. 1).

Зразки, що випробовували на згин, мали однакову довжину (3 м), але різну ширину перерізу. Зразок № 3, як і зразки, що випробовували на стиск, мав три каркаси К-1, ширину перерізу 32 см, а зразок №4 - два каркаси К-1 і загальну ширину перерізу 18 см.

Таблиця 1

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

Проектна міцність цементного розчину М200. Для приготування розчину використовували кварцовий пісок крупності $M_c=2,08$ 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.

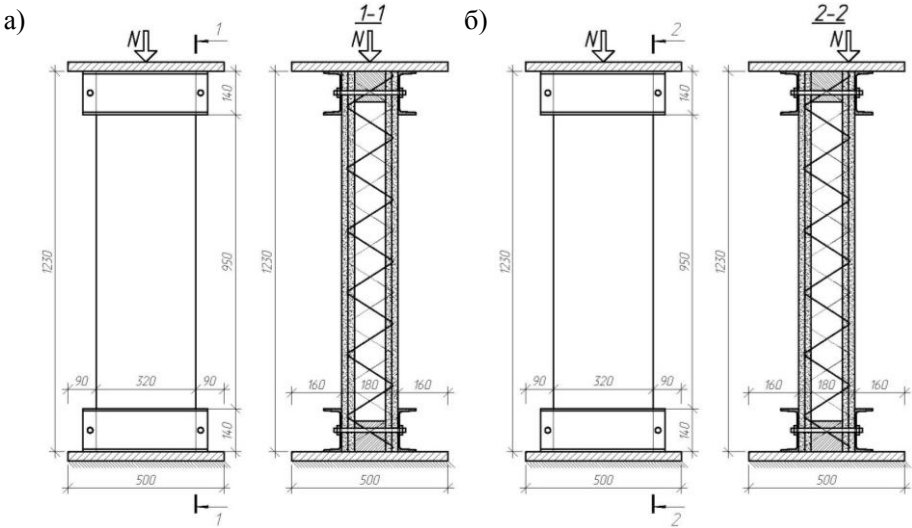


Рис. 1. Конструкція і схеми випробування дослідних зразків на стиск: а-при центровому завантаженні (зразок № 1); б-при позакентровому завантаженні (зразок № 2)

Для заміру поздовжніх і поперечних деформацій використовували механічні прилади годинникового типу з точністю вимірювання 0,001 мм. Деформації каркасу К-1 фіксували тензодавачами на базі 20 мм.

Зразки №3 і №4, які випробовували на поперечний згин, завантажували двома симетрично прикладеними силами (рис. 2).

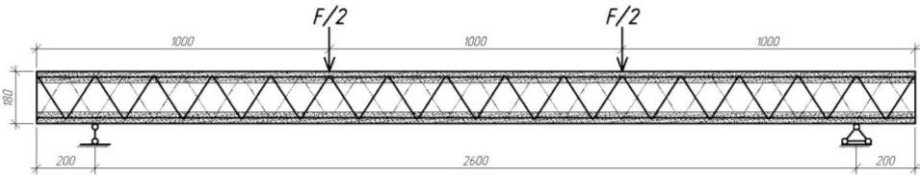


Рис. 2. Конструкція і схеми завантаження дослідних зразків №3, №4 на згин

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Випробування на стиск

Руйнування дослідного зразка №1 відбулося раптово внаслідок дроблення розчину одного з зовнішніх шарів з одночасним випучуванням поздовжніх стержнів сітки С-1 при навантаженні $N=196,2$ кН. Напруження при цьому у зовнішніх шарах загальною площею 256 см² 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 см², стискаючі напруження в ньому склали $8,3$ МПа. Графіки усереднених поздовжніх деформацій зовнішніх шарів зразків №1, №2 показані на рис.3.

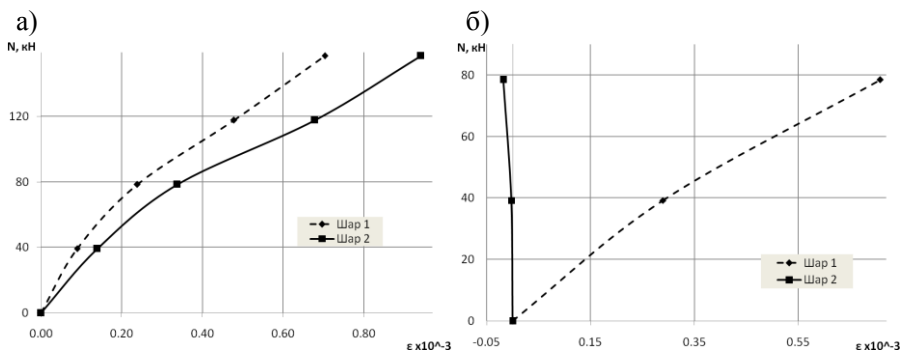


Рис. 3. Графіки поздовжніх деформацій зовнішніх шарів:
а-зразка №1, б-зразка №2

Характер деформування зовнішніх шарів свідчить про те, що у 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. Характер зміни деформацій в стержнях каркасів К-1 має фермову аналогію з почерговою зміною розтягнутих і стиснутих стержнів.

Випробування на згин

Міцність. Дослідний зразок №4 почав руйнуватися при навантаженні $F=6,1$ 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. Остаточоно 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.

Деформативність. Деформативність дослідних зразків подана у вигляді графіків деформацій, заміряних на верхніх та нижніх гранях плит в зоні чистого згину, та графіків прогинів.

Як видно з графіків, деформативність зразка №3 є закономірно меншою від деформативності зразка №4, адже зразок №3 мав більшу ширину перерізу і більше армування (рис. 4). Це і відобразилося на графіках прогинів, як інтегруючій величині деформацій верхнього і нижнього шарів (рис. 5).

З графіків деформацій видно, що при спільній роботі всіх складових елементів плити деформації верхнього і нижнього шарів приблизно однакові, але при порушенні зв'язків між елементами (початок розпаду системи) різко змінюються деформації верхніх стиснутих шарів, а стрімкість наростання деформацій нижніх шарів в зоні чистого згину є незначною.

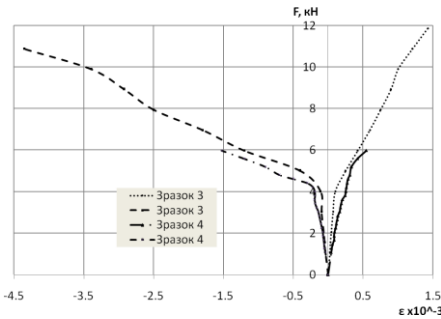


Рис. 4. Графіки усереднених деформацій верхнього і нижнього шарів

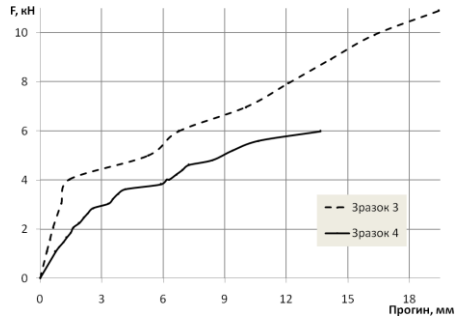


Рис.5. Графік прогинів дослідних зразків

Крім деформацій верхнього та нижнього шарів, заміряли також деформації зигзагоподібних каркасів К-1. Вони були меншими в зоні чистого згину і більшими на ділянках між прикладеними силами і опорами. Зафіксовані в експериментальних зразках зміни деформацій в

каркасах К-1 свідчить про те, що вони мають фермову аналогію, з почерговою зміною стиснутих і розтягнутих стержнів.

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 навантаженні ширина тріщин зростала і перед руйнуванням становила 3...4 мм.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ FEMAP

Для моделювання напружено-деформованого стану дослідних зразків за допомогою методу скінчених елементів у програмному комплексі FEMAP (ПК FEMAP) з використанням лінійного статичного аналізу були задані наступні параметри (аналогічні дослідним зразкам): геометричні характеристики, умови обпирання, умови навантаження, модулі Юнга, коефіцієнти Пуассона.

Змодельований в ПК FEMAP напружено-деформований стан дослідних зразків, що випробовували на згин і на стиск, поданий на рис. 7 і 8. Отримані при цьому значення деформацій дали задовільну збіжність з експериментальними даними як по деформаціях зовнішніх шарів так і по деформаціях зв'язків між ними, якими є каркаси К-1.

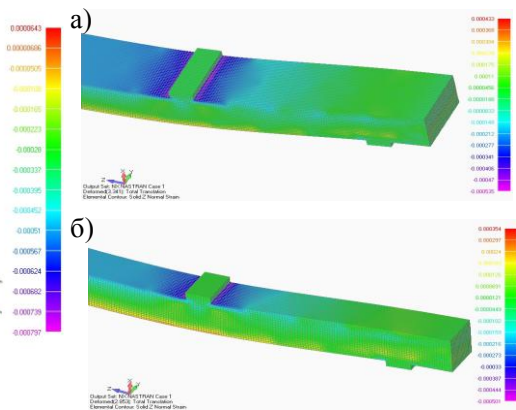
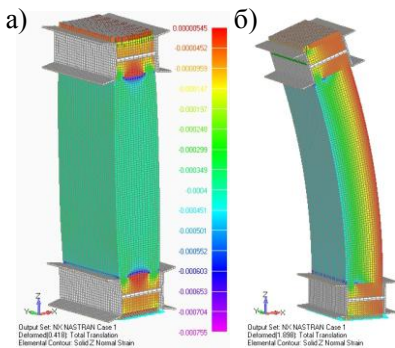


Рис. 6. Моделювання НДС стиснутих елементів в ПК FEMAP: а-зразка №1, б-зразка №2

Рис.7. Моделювання НДС згинаних елементів в ПК FEMAP: а-зразка №3, б-зразка №4

ВИСНОВКИ

1. Тришарові збірно-монолітні плитні конструкції з пінополістирольним теплоізоляційним шаром відносяться до ресурсо- і енергозберігаючих систем як ефективні огороджуючі несучі елементи.

2. Тришарові плити з зовнішніми шарами з цементного розчину можна розглядати як альтернативні залізобетонним елементам.

3. Випробування фрагментів тришарових армоцементних плит на центровий і позacentровий стиск, а також на поперечний згин дозволили виявити кількісні показники їх міцності і деформативності та особливості роботи під навантаженням 3-х складових конструктивних елементів плит: зовнішніх жорстких шарів і гнучких зв'язків між ними.

4. Напружено-деформований стан тришарових плит із з'єднуючим гнучким каркасом є складним і потребує подальших експериментально-теоретичних досліджень.

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] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. - Рівне, 2009. - Вип. 18. - 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 // Ресурсоекономні матеріали, їх властивості та технології виготовлення: зб. наук.

праць Рівненського державного технічного університету. Рівне, 2011. - Вип. 22. - С. 352-359.

11. Мишутин А.В. Деформативность панелей трехслойной комплексной конструкции / А.В. Мишутин, С.В. Петраш, И.В. Шеховцев // Будівельні конструкції: зб. наук праць. – К.: ДП НДІБК, 2011. - Вип.74. – Кн. 1. - С.683-690.
12. 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 24.04.2013 р.