

**УДК 624.016.073.001.4**

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПЛИТ З ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ ПРИ КОРОТКОЧАСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛИТ С ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ**

**THE RESEARCH OF SLABS WITH OUTSIDE REINFORCEMENT AT THE BRIEF LOADING**

**Смолянук Н.В., к.т.н.** (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)

**Смолянук Н.В., к.т.н.** (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г.Харьков)

**Smolianuk N.V., candidate of technical sciences** (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)

**Наведені результати експериментальних досліджень квадратних плит з зовнішнім армуванням, у яких сумісна робота бетонного шару та сталевих листів забезпечується за допомогою прямокутних прорізів. Проведений аналіз отриманих експериментальних і теоретичних даних.**

**Приведены результаты экспериментальных исследований квадратных плит с внешним армированием, в которых совместная работа бетонного слоя и стального листа обеспечивается с помощью прямоугольных просечек. Проведен анализ полученных экспериментальных и теоретических данных.**

**The results of experimental researches of square slabs with outside reinforcement are given. Collaboration of a concrete layer and steel sheet is provided with the help of rectangular slots. Analysis of the experimental and theoretical findings is executed.**

**Ключові слова:**

Сталебетонна плита, прорізи, зчеплення, несуча здатність.

Сталебетонная плита, просечки, сцепление, несущая способность.

Steel-concrete slab, slots, grip, carrying capacity.

**Вступ.** За останній час зовнішнє листове армування ефективно застосовується в згинальних елементах. Цей вид армування має певні переваги: зосередження робочої арматури у зовнішній грані розтягнутої зони бетону приводить до зменшення висоти перерізу та зниженню власної ваги конструкції; зовнішня арматура при монолітному способі виробництва може виконувати функції опалубки, значно знижувати затрати праці та матеріалів у виробництві монтажних робіт.

**Аналіз попередніх досліджень.** У конструкціях з зовнішнім листовим армуванням першочергове значення надається зчепленню арматури з бетонним шаром, тому що цей надійний зв'язок є єдиною гарантією експлуатаційної придатності таких конструкцій. В теперішній час існують прогресивні зварювальні технології, широко використовуються в будівництві ефективні синтетичні клеючі матеріали, нові види листової арматури. Поряд зі своїми позитивними властивостями, ці способи об'єднання мають і недоліки, тому необхідні нові конструктивні рішення плит із зовнішнім армуванням.

**Мета і задачі експериментальних досліджень.** В даній статті описано дослідження опертих по контуру бетонних плит із зовнішнім армуванням листовою сталлю. На відміну від інших робіт, присвячених дослідженням сталобетонних конструкцій [1,2,3], тут було запропоновано об'єднання сталевих листів з бетоном за допомогою прорізів, виконаних в сталевому листі (рис.1) [4,5].

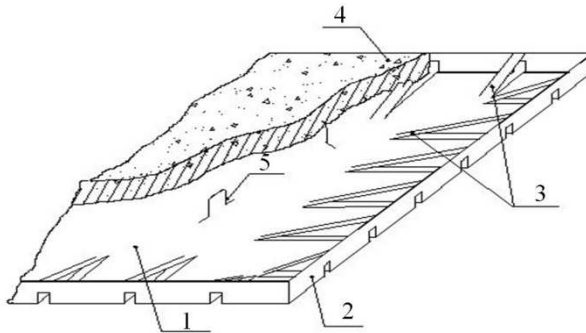


Рис. 1. Фрагмент плити із зовнішнім армуванням  
1 – основа металевих листів; 2 – відбортовки листів; 3 – відігнуті прорізи;  
4 – шар бетону, 5 – петлевий анкер.

У процесі досліджень визначалися: несуча здатність плит з різним розташуванням прорізів; характер деформування і вичерпання несучої здатності; динаміка розвитку пластичних властивостей в сталевому листі і тріщиноутворення в бетоні; вплив характеру розташування й кроку прорізів

на деформації і міцність плити; закономірності розподілу зусиль в сталевому листі, а також в бетоні на поверхні плити і в прорізах.

**Методика досліджень.** Експериментальні дослідження проводилися на 9 дослідних зразках квадратних плит із зовнішнім армуванням (П1., П9) з розмірами в плані  $1,0 \times 1,0$  м і заввишки 0,05 м. Товщина сталевго листа 1 мм. Плоскі сталеві листи відгиналися по периметрах, в результаті утворювалися відбортівки, до яких за допомогою зварки прикріплялися кінці відігнутих прорізів, виконаних в металевому листі. Це забезпечувало зчеплення листа і бетонного шару на ньому.

Варіанти розташування прорізів були різні: під кутом  $90^\circ$  до кромки листа, віялоподібний і по кутах листа [6]. В кожному 3-у зразку прорізи при з'єднанні з відбортівкою розверталися на  $180^\circ$  (закручувалися) для поліпшення зчеплення листової арматури з бетоном.

Випробування проводилися відповідно до представленої схеми (рис.2) на дію розподіленого навантаження, прикладеного в центрі плити через жорсткий штамп із зовнішніми розмірами  $40 \times 40$  см і внутрішніми -  $20 \times 20$  см. Таким чином, навантаження передавалося по замкнутій смужі площею 0,12 м<sup>2</sup>. Під штампом розташовувався шар щільної гуми завтовшки 1 см. Робоче зусилля створювалося гідравлічним домкратом. Запобігання відриву плити від опорного контуру в кутових зонах здійснювалося скобами, що допускають вільні кутові переміщення.

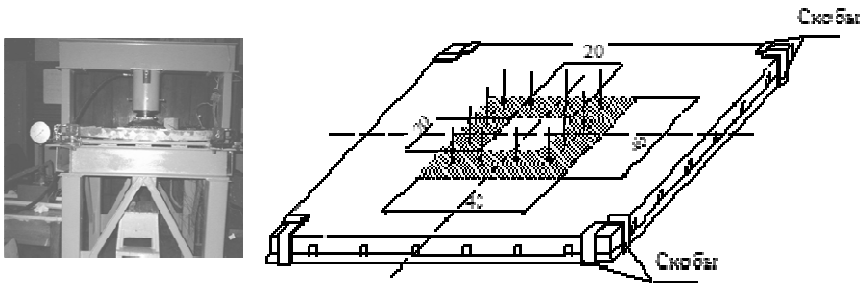


Рис. 2. Схема прикладання навантаження

Вертикальні переміщення точок плити в процесі навантаження фіксувалися уздовж осі симетрії індикаторами годинного типу з ціною розподілу відповідно 0,01 мм, які розташовувалися уздовж осі симетрії сталобетонної плити. Деформації сталевго листа і бетону вимірювалися з використанням датчиків опору.

**Результати досліджень.** В результаті випробувань дослідних зразків сталобетонних плит отримано дані про характер деформування їх під навантаженням. На рис. 3 представлені лінії прогинів плит при різних значеннях навантаження на них.

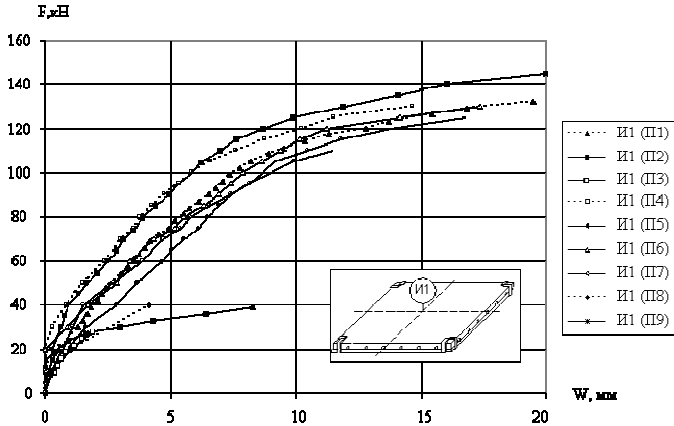


Рис. 3. Діаграма «навантаження-прогин» для центральних точок сталобетонних плит П-1 – П-9

Порівняння діаграм деформації сталобетонних плит під навантаженням з аналогічними для залізобетонних дозволяє зробити висновок про те, що листове армування на відміну від стержньового згладжує анізотропні властивості елемента плити після утворення тріщин в розтягнутій зоні бетону. Тому на діаграмі деформації сталобетонних плит відсутній різкий перелом, характерний моменту тріщиноутворення в залізобетонних плитах.

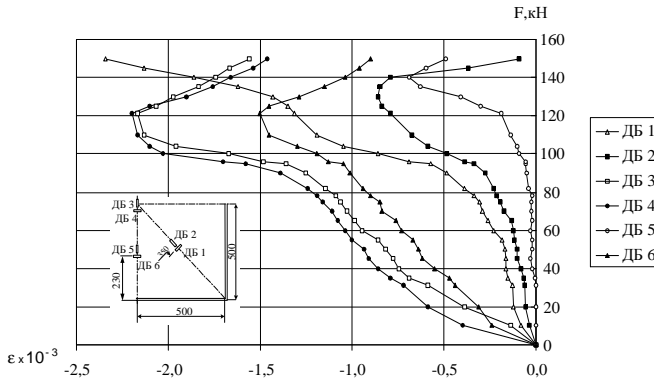


Рис. 4. Деформації бетону на поверхні плити П-2

На рис. 4 наведені результати вимірювань відносних деформацій на поверхні бетону плити. З рисунку видно, що руйнування верхнього волокна бетону стиснутої зони відбувається при навантаженні 12 - 14 т під штампом. Також вимірювалися деформації на бетоні в нижній зоні шляхом наклейки датчиків уздовж прорізів.

У процесі експериментальних досліджень була визначена несуча здатність плит з зовнішнім армуванням (див. таблицю 1)

Таблиця 1

Несуча здатність експериментальних зразків

Зразок	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Несуча здатність, кН	35	50	2	30	20	35	30	2,5	9

Експериментальні дослідження показали, що тільки у зразків з прорізами, виконаними по кутах, несуча здатність була невеликою (на 70% менше, ніж у плит з іншим розташуванням прорізів), тому що прорізи знаходилися в напрямку дії згинального моменту від'ємної величини, тобто в місцях утворення кутових тріщин.

Несуча здатність плит з віялоподібно розташованими прорізами в порівнянні з несучою здатністю плит, в яких об'єднання бетонного шару з листом виконано за допомогою анкерних упорів, в середньому на 20% більше. Руйнівні навантаження плит з взаємно перпендикулярним розташуванням прорізів в середньому на 10% менше, ніж навантаження плит з віялоподібним прорізами. Закручування просічок покращувало зчеплення шару бетону з листом і підвищувало несучу здатність сталобетонних плит в середньому на 3 - 4%.

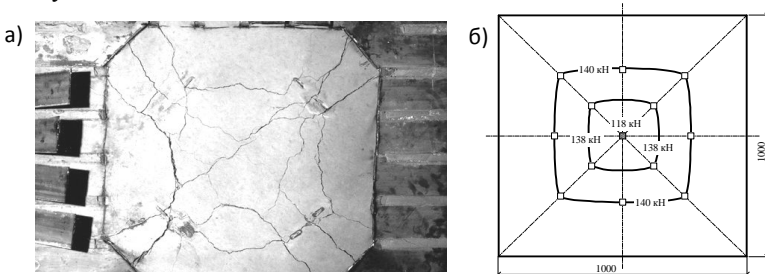


Рис. 5. Схема тріщиноутворення в розтягнутій зоні бетону після розкриття сталевго листа (а) та розвиток пластичних властивостей в листовій арматурі (б)

На підставі аналізу схеми тріщиноутворення і послідовності розвитку пластичних властивостей у листовій арматурі можна стверджувати, що схеми граничного стану при руйнуванні сталобетонної плити за нормальним перерізом збігаються з аналогічними схемами для залізобетонних плит (рис.

5). Отже, застосування методу граничної рівноваги до оцінки несучої здатності таких плит, обґрунтовано.

Наведені результати експериментальних даних підтверджують результати теоретичних досліджень, отриманих при розрахунку сталобетонних плит методом кінцевих елементів за допомогою проектно-обчислювального комплексу StructureCAD для Windows. Наприклад, на рис. 6 зображені вертикальні переміщення плити П-2 (див. рис. 6а) і окремо сталевого каркаса до бетонування (див. рис. 6б). Аналогічні розрахунки були проведені для плити П-1. Результати всіх обчислень представлені в графічній формі у вигляді деформованої схеми, ізополей і ізоліній переміщень і деформацій.

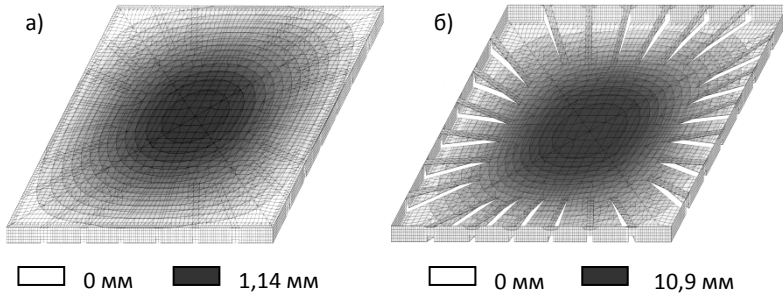


Рис. 6. Вертикальні переміщення плити П-2

**Висновки.** В результаті порівняння ефективності сталобетонних плит із залізобетонними був отриманий висновок про те, що заміна стержньового армування на листове в плитах опертих по контуру призводить до суттєвого підвищення їх жорсткості. Ця властивість плити пояснюється особливістю роботи плоского сталевих листа, здатного сприймати розтягуючі зусилля близькі до його фізичного межі текучості одночасно у взаємно перпендикулярних напрямках. Також необхідно відзначити, що трикутна шпонка, утворена по периметру сталобетонної плити завдяки відігнутим і привареним прорізам, працюючим на розтягування, відіграє істотну роль у підвищенні жорсткості, а, отже, і несучої здатності плити із зовнішньою листовою арматурою в середньому на 20 %.

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталобетонных плит // Изв. вузов. Строительство и архитектура, – 1989, - №4. – С.5 – 8. 2. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряжённо-деформированное состояние сталобетонных плит // Строительная механика и расчёт сооружений, – 1990, - №2. – С.22 – 26. 3. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Экспериментальные исследования сталобетонных плит // Изв. вузов. Строительство и архитектура, – 1991, - №5. – С.125 – 128. 4. А.С. № 1647101. Перекрытие / Чихладзе Э.Д., – 1991, – Бюл. №17. 5. Коровниченко Н.В. Сталобетонная плита перекрытия // Межвузовский сборник научных трудов / ХарГАЖТ, - 2001, – вып.48. – С. 57 – 60. 6. Смолянюк Н.В. Напряжённо-деформированное и предельное состояние сталобетонных плит перекрытий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Н.В. Смолянюк. Харьков, 2003. – 184 с.