

УДК 624.012.35

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ НОВОЮ ВАЖІЛЬНО-
СТРИЖНЕВОЮ СИСТЕМОЮ**

*асистент кафедри будівництва Чеканович О.М.,
асистент кафедри будівництва Журахівський В.П.*

Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон

Значна частина промислових та громадських об'єктів України сьогодні мають значний фізичний знос і часткове зниження несучої здатності, а інколи знаходяться у стані непридатному для нормальної експлуатації. Тому постає питання реконструкції таких будівель і споруд, що може скоротити витрати на виділення землі під нове будівництво, а також зберегти існуючі споруди, особливо історичні пам'ятки. Як відомо, в загальних витратах залізобетону на споруду конструкції покриття та перекриття займають до 60-70%, що обумовлює вибір ефективного способу підсилення.

Підсилення згинальних елементів зовнішньої арматурою знайшло широке застосування в будівництві, зокрема при реконструкції. Традиційно зовнішня арматура виконується у вигляді різного типу зтяжок в розтягнутій зоні згинального елемента, що дозволяє значно підвищити несучу здатність і жорсткість. Питанню підсилення залізобетонних згинальних елементів зовнішньою арматурою присвячені роботи: Ахмеднабієва Р.М. [2], Голишева А.Б. [1], Губія М.М. [5], Клименка Є.В. [3], Онуфрієва М.М. [4], Ткаченка І.Н. [1], Шагіна О.Л. [5] та ін. При цьому зтяжки сповільнено реагують на зростання зовнішнього навантаження; для їх включення в роботу необхідно значне попереднє напруження, що може спричинити виникнення тріщин у стисненій зоні і, відповідно, погіршити роботу бетону стиснутої зони. При підсиленні традиційними зтяжками не досягається раціонального перерозподілу напружень між стиснутою і розтягнутою зонами балки. При цьому невирішеним залишається питання розвантаження стиснутої зони. Як відомо, наслідком дії значного згинального моменту є не тільки поява тріщин в розтягнутій зоні, але й надмірне стиснення верхньої фібри і подальше її руйнування, прискорене в результаті втрати стійкості верхньої арматури.

Метою роботи є експериментальне дослідження несучої здатності залізобетонних балок, підсиленних новою важільно-стрижневою системою (ВСС) [6].

Запропоновано, розроблено та експериментально досліджено нові зразки залізобетонних балок, підсиленних ВСС, а також сталонні звичайні балки. Відсоток армування становив 1,14%, якому відповідала робоча арматура 2Ø8 мм, верхня і поперечна арматура приймалися 2Ø6 мм; довжина розтяжок складала 0,266L₀ або 371,7 мм, де L₀ - розрахункова довжина прольоту; рівень прикладання поздовжнього зусилля обтіску - 0,107H або 15 мм, де H - висота перерізу балки. Клас бетону експериментальних зразків прийнятий С16/20. Для закріплення розтяжок до верхньої арматури каркаса встановлювався упор у вигляді кутика.

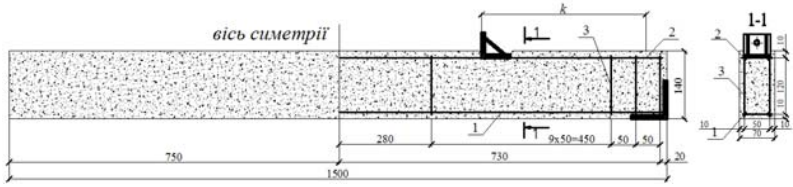


Рис. 1. Схема армування експериментальних зразків балок, підсилені ВСС, де 1 і 2 – нижня A_{s2} і верхня A_{s1} поздовжня арматура; 3 – поперечні стержні A_{sw}

Згідно із запропонованою схемою випробування вільно опертої підсиленої ВСС балки навантаження прикладалося в третинах прольоту у вигляді зосереджених сил за допомогою домкрату гвинтового принципу дії, що дозволило отримати не тільки максимальні, але й руйнівні навантаження (рис. 2).

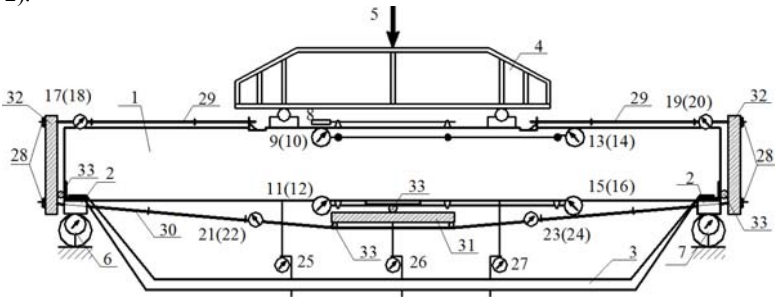


Рис. 2. Схема випробування залізобетонних балок, підсилені ВСС, де 1 – експериментальна балка; 2 – опори балки; 3 – рамка для прогиномірів; 4 – розподільча траверса; 5 – напрямок дії гвинтового домкрату; 6, 7 – динамометри; 8-16 – індикатори з ціною поділки 0,001 мм для вимірювання деформацій бетону; 17-24 – індикатори з ціною поділки 0,01 мм для вимірювання деформацій затяжки та розтяжок; 25-27 – індикатори з ціною поділки 0,01 мм для вимірювання прогинів балки; 28 – комплект кріплення із сферичними шайбами; 29 – розтяжки; 30 – затяжка; 31 – траверса; 32 – двоплечові важелі.; 33 – котки.

Для визначення деформацій бетону й арматури затяжки і розтяжок використовувалися індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм і 0,01 мм. Також вимірювалися прогини балок. Контроль деформації бетону проводився за допомогою тензорезисторів, наклеєних на верхній і нижній грані балки.

Тріщиноутворення балок, підсилені ВСС, відбувалося в зоні дії максимальних згинальних моментів під зосередженими силами і

супроводжувалося розкриттям тріщин в розтягнутій зоні понад 1,5 мм і наступним розтріскуванням стиснутої зони бетону в цьому перерізі. Руйнування звичайних балок відбувалося традиційно - в середній третині прольоту, де згинальний момент максимальний. Результати випробувань підсиленних і звичайних балок зведені до табл. 1.

Таблиця 1
Результати випробування підсиленних ВСС та звичайних залізобетонних балок

| Марка балки | μ | α | k | b , мм | $m_{p,max}$, МПа | Середнє $m_{p,max}$, МПа | Центральний переріз | | Переріз в третині прольоту | | $\epsilon_{плзт} \times 10^{-5}$ | $N_1, кН$ | $\epsilon_{зат} \times 10^{-5}$ | $N_2, кН$ |
|-------------|-------|----------|-----|----------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
| | | | | | | | $\epsilon_{1,max} \times 10^{-5}$ | $\epsilon_{2,max} \times 10^{-5}$ | $\epsilon_{1,max} \times 10^{-5}$ | $\epsilon_{2,max} \times 10^{-5}$ | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| БП-1-5 | 1,123 | 371,7 | 15 | 5,908 | 5,689 | 132 | -284 | 296 | -1055 | 23 | 3,64 | 108 | 24,72 | |
| БП-1-6 | 1,140 | 371,7 | 15 | 5,470 | | 135 | -143 | 224 | -906 | 21 | 3,35 | 100 | 22,9 | |
| БО-1-11 | 1,116 | - | - | 2,126 | 2,197 | 200 | -1152 | 140 | 272 | - | - | - | - | |
| БО-1-12 | 1,140 | - | - | 2,268 | | 220 | -1180 | 138 | 264 | - | - | - | - | |

Примітки:

1. k - розрахункова довжина розтяжки; b - положення котку на торці балки (відстань від нижньої грані балки до центру ваги шарніру двоплечового важеля). N_1, N_2 - зусилля у розтяжці та затяжці відповідно; \square_1, \square_2 - фіброві деформації відповідно верхньої та нижньої грані експериментального зразка балки.

2. Риски в таблиці, де наведені значення N_1, N_2 , вказують на відсутність системи підсилення у звичайних балках (БО).

3. У підсиленних балках (БП) риски стоять у випадках, коли через малу довжину розтяжок їх деформації не могли бути вимірні.

4. Зовнішнє навантаження представлено у вигляді приведенного згинального моменту $m_p = M/B \cdot H^2$, де B і H - розміри поперечного перерізу балки.

На прикладі балок-близнюків БП-1-5 і БП-1-6 показано експериментальні залежності приведенного моменту, відносних фібрових деформацій, зусиль у затяжці і розтяжках (рис. 3). На рисунку 3 w - відносні прогини експериментальних балок: $w = f/L_0$, де L_0 - розрахунковий проліт балки.

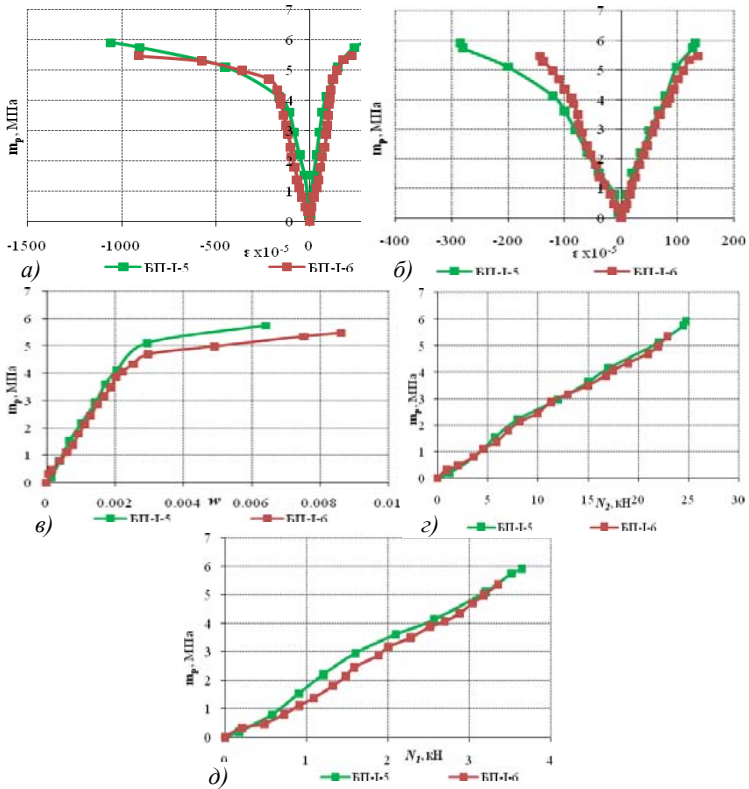


Рис. 3. Експериментальні залежності: а) - « $m_p - \epsilon$ » найбільш навантаженого перерізу; б) « $m_p - \epsilon$ » центрального перерізу; в) - « $m_p - w$ »; з) - « $m_p - N_f$ »; д) - « $m_p - N_f$ » підсиленх ВСС балок БП-І-5, БП-І-6

Для балок, підсиленх ВСС, фактичний процент армування яких коливався в межах від 1,123% до 1,14%, найбільш навантаженим виявився переріз близький до місяця прикладання зосередженого навантаження, за яким і відбувалась втрата несучої здатності. Максимальні деформації стиску бетону верхньої фібри балки БП-І-5 у найбільш навантаженому перерізі склали 296×10^{-5} , при цьому розтягнута фібра досягла відносних деформацій: -1055×10^{-5} , що свідчить про досягнення арматурою межі текучості. Під час випробування були зафіксовані тріщини з розкриттям більше 1,5 мм. Максимальна несуча здатність в експериментальних зразках - близнюках БП-І-5 і БП-І-6 в середньому складала 5,689 МПа. У звичайних балках без підсилення руйнування відбувалося в зоні чистого згину. Тут середнє значення приведенного моменту, яке відповідало несучій здатності зразків, становило 2,197 МПа. Максимальні відносні деформації стиску при цьому для звичайної балки склали 220×10^{-5} , а розтягу відповідно -1180×10^{-5} . З графіків

«навантаження-зусилля в розтяжці», «навантаження-зусилля в зтяжці» та даних таблиці 1 видно, що несуча здатність збільшується зі зростанням зусиль в стрижневих елементах конструкції підсилення. Так, максимальне зусилля в зтяжці склало $24,72 \text{ кН}$, а відповідне зусилля в розтяжці становило $3,64 \text{ кН}$ при вичерпанні несучої здатності. Застосування ВСС підсилення за експериментальними даними підвищило міцність балок більше, ніж у 2,55 раза, порівняно з еталонними зразками звичайних балок при найнижчому розташуванні котку двоплечового важеля на торці балки, що складало 15 мм.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику проведення випробування залізобетонних балок прямокутного перерізу, підсилених новою ВСС, що дозволила експериментально оцінити вплив ВСС на несучу здатність та деформативність балок при дії короткочасного навантаження.

2. За експериментальними даними максимальне підвищення несучої здатності балок, підсилених ВСС, в порівнянні зі звичайними балками для відсотка армування 1,14% становить 2,55 рази.

3. Оцінка достовірності розрахункового апарату показала, що коефіцієнт варіації для експериментальних балок-близнюків, підсилених ВСС, за несучою здатністю не перевищив 5,4%, для звичайних - 4,6%.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гольшев А.Б. Проектирование усиленной несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений/ А.Б. Гольшев, И.Н. Ткаченко. - К.: Логос, 2001. - 172 с.
2. Губій М.М. Проектування ремонту й підсилення будівель і споруд із застосуванням сучасних матеріалів і технологій: навчальний посібник, 2-ге видання, стереотипне/ М.М. Губій, Р.М. Ахмеднабієв. - Х.: Тимченко, 2009. –С.166-175.
3. Клименко С.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник/ С.В. Клименко. – К.: «Центр навчальної літератури», 2004. - 304 с.
4. Онуфриев Н.Н. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений/ Н.Н. Онуфриев.- Ленинград, 1965. - 342 с.
5. Шагин А.Л. Обжатие конструкций шпренгельным подкреплением с горизонтальными участками/ А.Л. Шагин, И.А. Домбаев// Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника, 1997. - № 8. - С.33-36.
6. Пат. 87047 Україна, МПК Е04С 3/00. Регульованообтиснена залізобетонна балка/ Чеканович О.М.; заявник і патентовласник: Чеканович О.М. - №а 200710856; заявл. 10.04.2009; опубл. 10.06.2009, Бюл.№11.