УДК 624.012

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗГИНАНИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, АРМОВАНИХ СТАЛЕВИМ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ ПОРІВНЯНО ЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ, АРМОВАНИМИ СТРИЖНЕВОЮ АРМАТУРОЮ

С. Бурченя, к.т.н.
Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Для виготовлення залізобетонних балкових конструкцій із зовнішнім листовим (стрічковим) армуванням використовували, як правило, бетон, стрижневу гладку та рифлену арматуру, листову гладку та рифлену сталь, профільований настил. Проте дослідники залишили поза увагою один досить цікавий, на нашу думку, вид стрічкової арматури – сталевий просічно-витяжний лист (СПВЛ). Рифлена, перешкоджаюча проковзуванню поверхня СПВЛ, високі показники жорсткості, підвищені експлуатаційні характеристики та значна економія сталі роблять цей матеріал ідеальним для використання як настилу.

Конструкція поверхні СПВЛ, за його застосування для армування балкових конструкцій, обов'язково забезпечить добрий контакт із бетоном, а це у свою чергу дасть змогу відмовитися від різних об'єднувальних елементів, які є обов'язковими у використанні гладких сталевих листів [3-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Понад 40 років тому вперше сталебетонні конструкції розробив і запатентував у НУ «Львівська політехніка» професор Ф. Є. Клименко [1]. Крім того, розробкою й дослідженням сталебетонних конструкцій займалися колективи, очолювані видатними вченими і науковцями України: Ф. Є. Клименком [1], В. І. Єфименком, О. В. Семком, Л. І. Стороженком [5], О. Б. Голишевим, А. П. Шагіном [2] та ін.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження – проаналізувати несучу здатність та деформативність згинаних балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом порівняно зі залізобетонними, армованими стрижневою арматурою.

Виклад основного матеріалу. Для виконання поставленого завдання було запроектовано і виготовлено шість дослідних зразків, з них – чотири дослідні балки, армовані сталевим просічно-витяжним листом (СПВЛ), дві залізобетонні балки, шість бетонних призм та три бетонні куби. Дослідні зразки виготовляли перерізом 135×270 мм, загальною довжиною 2300 мм і розрахунковим прольотом 2000 мм. Для цього використовували бетон класу С16/20.

У дослідних зразках Б-І-1, Б-І-1* − робоче армування виконане з просічно-витяжного листа із захисним шаром бетону та арматури 2∅8 мм класу А400С (рис. 1, а); Б-І-2, Б-І-2* – просічно-витяжного листа без захисного шару та арматури 2∅8 мм класу А400С (рис. 1, б).

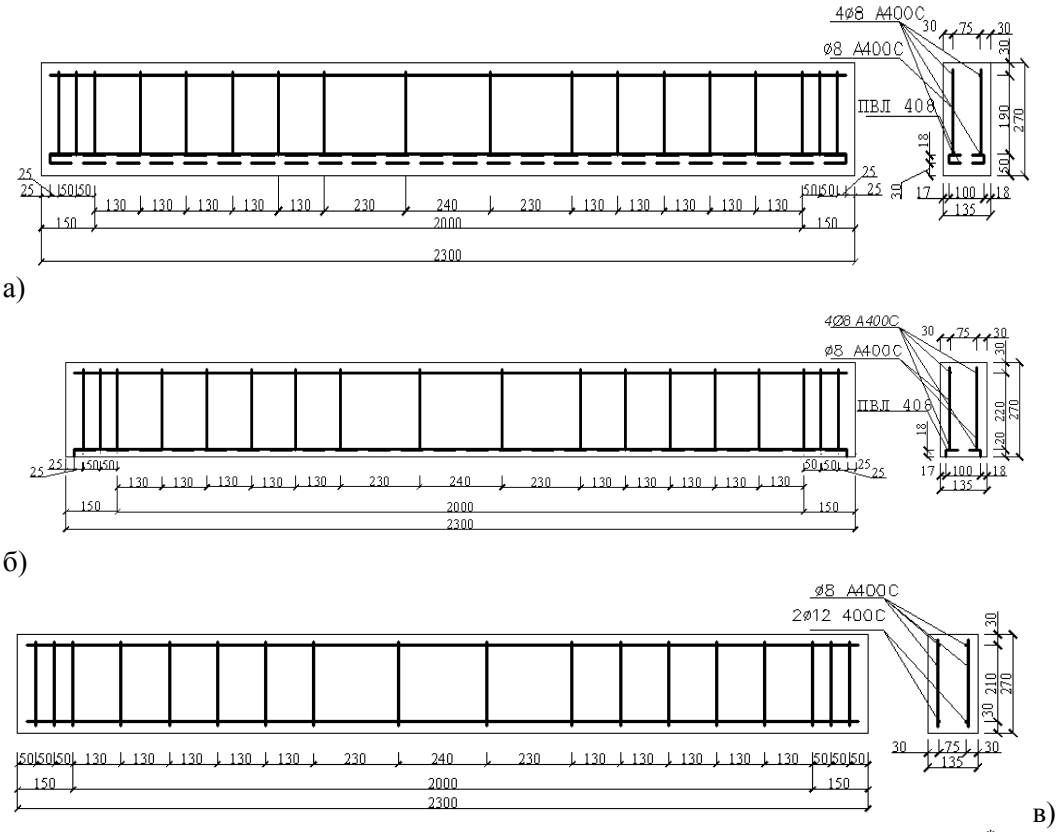
Дослідні зразки Б-І-3, Б-І-3* виконували залізобетонними, причому робочою арматурою були два стрижні Ø12 мм класу А400С (рис. 1, в).

Перед початком експериментальних досліджень балкових зразків на згин визначали фізико-механічні властивості бетонів та сталей. Результати випробувань та обчислень зведені в табл. 1–2.

Балкові зразки на згин досліджували на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, докладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 2).

Момент утворення тріщин. У зразках Б-І-1 і Б-І-1* за навантаження, що відповідає згинальному моменту M = 475,15 кН×см, максимальні деформації становили: на рівні СПВЛ ε^{exp}_{s} = -7,8×10^{-5}, у бетоні: $\varepsilon_{c(2)}$= -11,8×10^{-5} (розтягнуте волокно), $\varepsilon_{c(1)}$= 8,3×10^{-5} (стиснуте волокно).

У зразках Б-І-2, Б-І-2* за навантаження, що відповідає згинальному моменту M = 665,60 кН×см, максимальні деформації становили: на рівні СПВЛ ε^{exp}_{sm} = -14,75×10^{-5}, у бетоні: $\varepsilon_{c(2)}$= -19×10^{-5} (розтягнуте волокно), $\varepsilon_{c(1)}$= 8,5×10^{-5} (стиснуте волокно).



а)

б)

в)

Рис. 1. Схема армування дослідних зразків : а) дослідні зразки Б-І-1, Б-І-1*; б) дослідні зразки Б-І-2, Б-І-2*; в) дослідні зразки Б-І-3, Б-І-3*.

Таблиця 1

Основні фізико-механічні властивості бетону у віці 28 діб

Шифр балки	Кубова міц-ність $f_{cd,cube}$	Розрахункове значення міцності бетону на стиск у віці 28 діб $f_{cd,prism}$ МПа	Розрахункове значення міцності бетону на осьовий розтяг, f_{ctm}, МПа		Модуль пружності E_c, МПа
			за згином бетонних балок	за форму-лою Фере	за результатами руйнування призм 150×150×600 мм
Б-І-1, Б-І-1*	15,9	14,3	1,43	1,46	25057
Б-І-2, Б-І-2*					
Б-І-3, Б-І-3*					

Таблиця 2

Результати визначення характеристик сталі

Вид арма-тури	Тип арматури	Розмір поперечного перерізу, діаметр, мм	Площа поперечного перерізу A, см^2	Розрахункове значення опору арматури f_{yd}, МПа	Модуль пруж-ності арматури E_sx10^5, МПа	Гранич-ні відносні дефор-мації видов-же-ння ε_{ud}
СПВЛ	Поздов-жня розтягнута	50x4	1,12	271	2,05	0,025
Стри-жнева класу А400С	поздовжня розтягнута	∅12	1,13	600	1,96	0,020

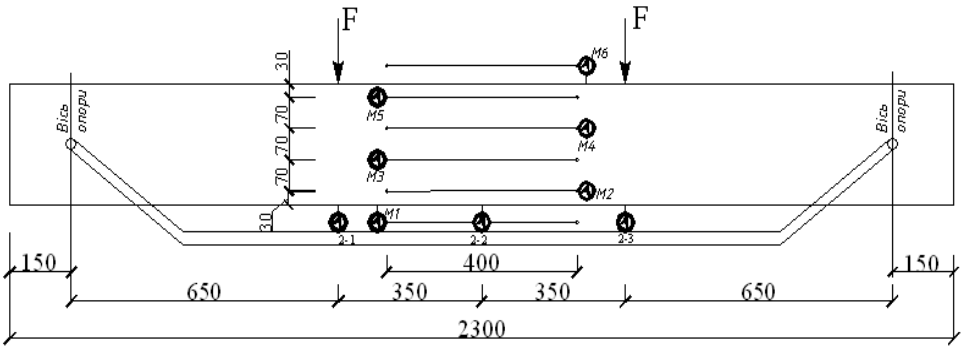


Рис. 2. Схема розміщення вимірювальних приладів: мікроіндикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм М1…М6 – на бічній грані.

У зразках Б-І-3, Б-І-3* за навантаження, що відповідає згинальному моменту M = 573,60 кН×см, максимальні деформації становили: на рівні арматури ∅12 $\varepsilon^{\exp}_{s}$ = -17,55×10^{-5}, у бетоні: $\varepsilon_{c(2)}$= -26,25×10^{-5} (розтягнуте волокно), $\varepsilon_{c(1)}$= 14,4×10^{-5} (стиснуте волокно).

Експериментально зафіксовано, що у сталебетонних дослідних зразках, армованих СПВЛ без захисного шару (Б-І-2, Б-І-2*), момент утворення тріщин є вищим в 1,39 раза, ніж в аналогічних зразках із захисним шаром (Б-І-1, Б-І-1*) і в 1,16 раза порівняно зі зразками, армованими стрижневою арматурою (Б-І-3, Б-І-3*).

Граничний стан за несучою здатністю дослідних зразків визначали на підставі діаграм деформування арматури та отриманих дослідних значень графіків деформацій. Експериментальні значення згинальних моментів, за яких відбулась текучість робочої арматури, становили для Б-1-1, Б-І-1* $M_t^{експ}$ = 1755,0 кН×см; Б-І-2, Б-І-2* $M_t^{експ}$ = 1930,5 кН×см; Б-І-3, Б-І-3* $M_t^{експ}$ = 2488,5 кН×см.

Текучість робочої арматури та руйнування дослідних зразків відбулися за різних навантажень, тому, щоб краще оцінити деформації бетону в стиснутій та розтягненій зонах, деформації на рівні робочої арматури, прогини, умовно приймемо значення навантаження 0,65-0,7 M_t стрижневої арматури для дослідних зразків.

Як бачимо (табл. 3), за рівних рівнів завантаження значення прогинів у дослідних зразках Б-І-2, Б-І-2*(армування СПВЛ без захисного шару) менші в 1,22 раза порівняно з аналогічними зразками Б-І-1, Б-І-1* (армування СПВЛ, із захисним шаром) та в 1,28 раза порівняно із залізобетонними Б-І-3, Б-І-3*, армованими стрижневою арматурою. Деформації крайніх розтягнутих та стиснутих фібр бетону менші в дослідних зразках Б-І-2, Б-І-2* в 1,4 раза порівняно з Б-І-1, Б-І-1*, та в 1,42–1,70 порівняно з Б-І-3, Б-І-3*.

Таблиця 3

Експериментальні значення прогинів, деформацій розтягнутого і стиснутого бетонів та деформацій на рівні робочої розтягнутої арматури за однакових рівнів завантаження

Шифр балки	Згинальний момент, що відповідає 0,6-0,7 $M_{t\ \text{стр. арм}}$, кН$\times$*см*	Експериментальні прогини $f^{експ}$, мм	Деформації крайніх розтягнутих фібр бетону $\varepsilon^{exp}_{c(2)} \times 10^{-5}$	Деформації крайніх стиснутих фібр бетону $\varepsilon^{exp}_{c(1)} \times 10^{-5}$	Деформації на рівні розтягнутої арматури $\varepsilon^{exp**}_{s} \times 10^{-5}$
Б-І-1	1625,0	4,18	-208,5	74,3	-124,0
Б-І-1*	1625,0	4,16	-209,0	74,3	-127,0
Б-І-2	1625,0	3,40	-169,0	52,7	-95,0
Б-І-2*	1625,0	3,30	-169,0	52,7	-97,0
Б-І-3	1625,0	4,38	-209,5	75,0	-162,4
Б-І-3*	1625,0	4,45	-187,0	72,0	-148,8

Висновки. Проведені експериментальні дослідження несучої здатності та деформативності згинаних балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом порівняно зі залізобетонними, армованими стрижневою арматурою, показали таке:

1. Несуча здатність балкових зразків, армованих СПВЛ без захисного шару бетону, більша в 1,09 раза порівняно з аналогічними балками, де СПВЛ розміщений із захисним шаром, за рахунок збільшення внутрішнього плеча пари сил.

2. Експериментально підтверджено, що за рівних рівнів завантаження деформативність дослідних зразків, де СПВЛ розміщений без захисного шару бетону, є меншою в 1,28 раза порівняно зі залізобетонними, армованими стрижневою арматурою за рахунок збільшення внутрішнього плеча пари сил та перерозподілу зусиль у зоні зчеплення бетону на ширину просічно-витяжного листа.

Бібліографічний список

1. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с.

2. Особенности предварительного напряжения сталежелезобетонных конструкций / А. П. Шагин, М. Ю. Избаш, В. В. Асанов, О. Н. Шемет // Будівельні конструкції. − К. : НДІБК, 2003. − Вип. 59. – С. 565-570.

3. Патент на корисну модель, u2011 08765 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурченя С. П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. − № 69032, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012., Бюл. №8.

4. Патент на корисну модель, u2011 08771 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент / Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурченя С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. − № 69035, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8.

5. Стороженко Л. И. Сталежелезобетонные конструкции / Л. И. Стороженко, А. В. Семко, В. И. Ефименко. − К. : Четверта хвиля, 1997. − 160 с.

Бурченя С. Дослідження несучої здатності та деформативності згинаних балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом порівняно зі залізобетонними, армованими стрижневою арматурою

Наведені результати експериментальних досліджень несучої здатності та деформативності згинаних балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом, і залізобетонних, армованих стрижневою арматурою.

Ключові слова: деформативність, несуча здатність, згинані балкові конструкції, сталевий просічно-витяжний лист.

Burchenya S. Investigation of bearing capacity and stress-strain behavior of beam structures, reinforced by steel cut and stretchy sheet in comparison to reinforced concrete beams reinforced by bar reinforcement

The results of experimental investigations of bearing capacity and stress-strain behavior of beam structures, reinforced by steel cut and stretchy sheet in comparison to reinforced concrete beams reinforced by bar reinforcement are provided.

Key words: stress-strain behavior, bearing capacity, bended beam structures, steel cut and stretchy sheet.

Бурченя С. Исследование несущей способности и деформативности изгибаемых балочных конструкций, армированных стальным просечно-вытяжным листом, по сравнению с железобетонными, армированными стержневой арматурой

Приведенные результаты экспериментальных исследований несущей способности и деформативности изгибаемых балочных конструкций, армированных стальным просечно-вытяжным листом, и железобетонных, армированных стержневой арматурой.

Ключевые слова: деформативность, несущая способность, изгибаемые балочные конструкции, стальной просечно-вытяжной лист.