

ДК 624.012.45

ВПЛИВ КЛАСУ БЕТОНУ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, АРМОВАНИХ СТАЛЕВИМ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ

ВЛИЯНИЕ КЛАССА БЕТОНА НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, АРМИРОВАННЫЙ СТАЛЬНЫМ ПРОСЕЧНО-ВЫТЯЖНЫМ ЛИСТОМ

CLASS EFFECT ON CONCRETE AND DEFORMATION BEARING CAPACITY OF BEAM CONSTRUCTIONS, REINFORCING BY CUT AND STRETCHY SHEET

Бурченя С. П., к.т.н. (Львівський національний аграрний університет м. Дубляни)

Бурченя С. П., к.т.н. (Львовский национальный аграрный университет г. Дубляны)

Burchenia S. P. candidate of technical sciences (Lviv National Agrarian University of Dublyany)

У статті наведено результати несучої здатності та деформативності балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом, виготовлених з різних класів бетонів.

В статье приведены результаты несущей способности и деформативности балочных конструкций, армированных стальным просечно-вытяжным листом, изготовленных из разных классов бетонов.

The results of bearing capacity and deformability of beam structures, reinforced by cut and stretchy sheet, made of various grades of concrete.

Ключові слова: клас бетону, несуча здатність, деформативність, просічно-витяжний лист, балкові конструкції.

Ключевые слова: класс бетона, несущая способность, деформативность, просечно-вытяжной лист, балочные конструкции

Key words: class concrete, load-bearing capacity, deformation, cut and stretchy sheet, beam construction.

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.

Монолітність сталобетонного перерізу забезпечується за рахунок використання однобічного рифлення гладкої поверхні листової сталі, різноманітних об'єднувальних з'єднань (гнучких і жорстких анкерів, суцільних торцевих чи просторових стрижневих упорів).

Проте дослідники залишили поза увагою один досить цікавий, на нашу думку, вид стрічкової арматури – сталевий просічно-витяжний лист (СПВЛ). За рахунок оригінальної геометричної форми бічної поверхні та добрих міцнісних характеристик СПВЛ також можна використати як робочу зовнішню арматуру у залізобетонних конструкціях.

Такий вид армування забезпечує монолітність армування та бетонної частини елемента без застосування додаткових об'єднувальних елементів, несучу здатність конструкції, зменшує деформативність розтягнутої зони [4-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З 1967 року на кафедрі будівельних конструкцій та мостів Національного університету «Львівська політехніка» та згодом і на кафедрі будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету було розпочато дослідження залізобетонних конструкцій, які армуються зовнішнім стрічковим армуванням. Засновником Львівської наукової школи залізобетонних конструкцій із зовнішнім стрічковим армуванням став д.т.н. професор Ф.С.Клименко [2-3]. Крім того розробкою і дослідженням таких конструкцій займаються провідні науковці України: О.В. Семко, Л. І. Стороженко, С.Ф. Пичугін, Е. Д. Чихладзе, О.Б. Голишев та інші.

Постановка завдання. Мета нашого дослідження – дослідити, як впливає клас бетону на несучу здатність та деформативність балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом.

Виклад основного матеріалу. Для вивчення роботи балок, виготовлених з бетонів різних класів армованих сталевим просічно-витяжним листом, було виготовлено: дослідні зразки з бетону класу С35/45 та С40/50, робоче армування яких виконано з просічно-витяжного листа розміщеного із захисним шаром бетону та арматури 2Ø6 мм класу А240С Б-II-1, Б-II-1*, Б-III-1 (рис 1, а); та без захисного шару Б-II-2, Б-II-2*; Б-III-2 (рис. 1,б), перерізом 135×270 мм, загальною довжиною 2300 мм і розрахунковим прольотом – 2000 мм, (балки зі знаком * – балки-аналоги), детально див. [1].

Усі досліджувані балкові зразки бетонувалися серіями в заводських умовах. Перед початком проведення експериментальних досліджень визначали основні фізико-механічні характеристики бетонів, стрижневої арматури та СПВЛ. Результати випробувань та обчислень зведені в таблиці 1 - 2.

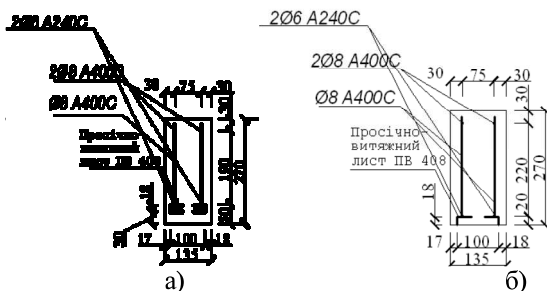


Рис. 1. Поперечний переріз дослідних зразків: а) Б-П-1, Б-П-1* Б-П-1-1;
б) Б-П-2, Б-П-2*, Б-П-2-2.

Таблиця 1

Основні фізико-механічні властивості бетону у віці 28 діб

Шифр балки	Кубова міцність $f_{cd,cube}$	Розрахункове значення міцності бетону на стиск у віці 28 діб (призмova міцність) $f_{cd,prism}$ МПа	Розрахункове значення міцності бетону на осьовий розтяг, f_{ctm} МПа	Модуль пружності E_{cd} МПа
			за згином бетонних балок	за результатами руйнування призм 150×150×600мм
Б-П-1	39,3	32,6	2,5	33840
Б-П-1*				
Б-П-2				
Б-П-2*				
Б-П-1-1	42,4	36	2,76	36499
Б-П-1-1*				
Б-П-1-2				
Б-П-1-2*				

Дослідження балкових зразків на згин проводилось на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 2). Балки спирались на дві опори: рухому і нерухому. Навантаження створювали гідравлічним домкратом потужністю 50 тс і прикладали ступенями $F = 0,05 \dots 0,1 F_{max}$ з перервою між ними 25-30 хв. Величину прикладених навантажень контролювали манометром насосної станції та кільцевими динамометрами, встановленими на опорах [1].



Рис. 2. Схема та розміщення вимірювальних приладів на дослідних балкових зразках.

Таблиця 2

Результати визначення характеристик сталі

Вид арматури	Розмір поперечного перерізу, діаметр, мм	Площа поперечного перерізу A , см ²	Розрахункове значення опору арматури f_{yk} , МПа	Модуль пружності арматури $E_s \cdot 10^3$, МПа	Граничні відносні деформації видовження ϵ_{ud}
СПВЛ	50x4	1,12	271	2,05	0,025
стрижнева класу А240С	Ø6	0,283	316	2,01	0,023
стрижнева класу А400С	Ø8	0,503	600	1,96	-

Несуча здатність та руйнування дослідних зразків. Визначення граничного стану за несучою здатністю дослідних зразків проводили на підставі діаграм деформування СПВЛ і стрижневої арматури та отриманих дослідних значень діаграм їх деформування. Експериментальні значення навантажень, що відповідають згинальному моменту, при якому відбулась текучість робочої арматури та руйнування дослідних зразків, наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Експериментальні значення граничних та руйнівних згинальних моментів

Шифр балки	Експериментальний граничний згинальний момент, M , кН×см	Висота стиснутої зони бетону, см	% викор. призм. міцності бетону, на час початку текучості арматури	Експериментальний руйнівний момент, $M_{руїн}^{експ}$, кН×см
Б-II-1*	1202,5	6,43	35	1527,50
Б-II-1	1202,5	6,43	35	1540,50
Б-II-2	1365,0	7,40	39,4	1690,00
Б-II-2*	1365,0	7,40	39,4	1678,62
Б-III-1	1365,0	5,52	31,5	1717,5
Б-III-2	1657,5	7,71	33,3	1931,25

У процесі експериментальних досліджень руйнування сталобетонних балкових зразків, армованих СПВЛ, відбулося внаслідок досягнення текучості арматури, з подальшим руйнуванням стиснутої зони бетону. При цьому призма міцність бетону для дослідних зразків виготовлених з бетону С35/45 була використана на 35-40%; для дослідних зразків виготовлених з бетону С40/50 на 31,5-33%.

При досягненні робочою розтягнутою арматурою границі текучості, зразу відбувається приріст деформацій та прогинів і, як видно з табл. 3. текучість робочої арматури та руйнування дослідних зразків відбулися при різних навантаженнях, тому, щоб краще оцінити деформації бетону в стиснутій та розтягненій зонах, деформації на рівні робочої арматури, прогини, умовно приймемо значення, яке дорівнюватиме $0,83-0,85 M_t$ СПВЛ, та зведемо ці значення в табл. 4.

Як видно з табл. 4. у дослідних зразках Б-П-2 (армування СПВЛ без захисного шару) деформації крайніх розтягнутих фібр бетону є менші у 1,4 раза порівняно із Б-П-1 Деформації крайніх стиснутих фібр у Б-П-2 є в 1,36 раза менші порівняно з дослідними зразками Б-П-1.

Деформації крайніх розтягнутих фібр бетону є менші в дослідних зразках Б-П-2 у 1,79 раза порівняно із Б-П-1 Деформації крайніх стиснутих фібр у Б-П-2 є в 1,2 раза менші порівняно з дослідними зразками Б-П-1.

Деформації крайніх розтягнутих та стиснутих фібр бетону за рівних рівнів завантаження є менші у дослідному зразку Б-П-1 порівняно із Б-П-1, Б-П-1* в 1,36-1,76 раза; а в дослідному зразку Б-П-2 деформації крайніх розтягнутих та стиснутих фібр бетону за рівних рівнів завантаження є менші у 1,49-1,79 раза порівняно із Б-П-2, Б-П-2*.

Таблиця 4

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

Шифр балки	Згинальний момент, що відповідає $0,83-0,85 M_t$ СПВЛ кН*см.	$f_{експ}$, мм	$\mathcal{E}^{exp}_{\alpha(2)} \times 10^7$	$\mathcal{E}^{exp}_{\alpha(1)} \times 10^{-5}$	$\mathcal{E}^{exp}_{s^{**}} \times 10^{-5}$
Б-П-1*	1140,75	1,87	-139,6	46,5	-108,1
Б-П-1	1140,75	1,89	-135,2	45,5	-106,3
Б-П-2	1140,8	1,93	-100,2	32,5	-78,6
Б-П-2*	1140,8	1,90	-99,0	33,4	-79,0
Б-П-1	1137,5	1,56	-99,3	26,3	-78,0
Б-П-2	1137,5	0,85	-55,3	21,8	-22,0

$\mathcal{E}_s^{exp **}$ – деформації на рівні робочої розтягнутої арматури.

Щоб краще оцінити роботу балкових конструкцій, армованих сталевим просічно-витяжним листом та виготовлених з бетонів різних класів, побудуємо залежність прогинів від навантаження (рис.3-4).

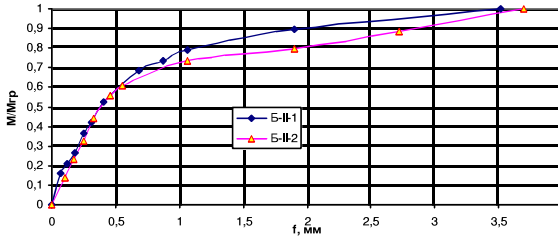


Рис. 3. Залежність експериментальних прогинів дослідних балок Б-II-1 та Б-II-2 від рівня навантаження

Для дослідних виготовлених з бетону С35/45, як видно з рис. 3. значення експериментальних прогинів для дослідного зразка Б-II-1 (армування СПВЛ із захисним шаром) та Б-II-2 (армування СПВЛ без захисного шару) практично однакові до рівня навантаження, близького $0,6M_{гр}$, надалі, вони різняться, значення прогинів є менші в дослідного зразка Б-II-1 в 1,55 раза порівняно зі зразком Б-II-2. При навантаженні, яке близьке до граничного руйнування, значення прогинів є практично однакові і для зразка Б-II-2 $f^{exp} = 3,7$ мм, для зразка Б-II-1 $f^{exp} = 3,52$ мм.

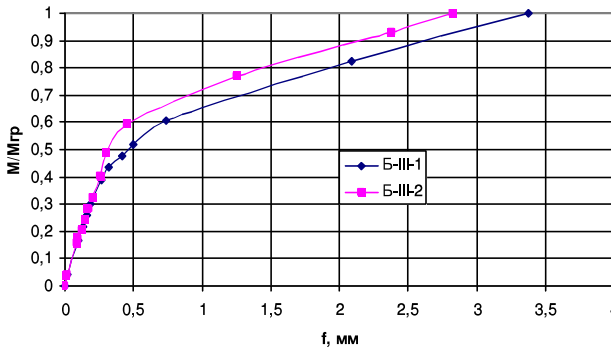


Рис. 4. Залежність експериментальних прогинів дослідних зразків Б-III-1 та Б-III-2 від рівня навантаження

Щодо дослідних зразків, виготовлених з бетону С40/50 то на початкових етапах навантаження, рис. 4., експериментальні значення прогинів є однакові до $0,4M_{гр}$; при $0,7M_{гр}$, експериментальні значення прогину є менші у дослідних зразках, де СПВЛ розміщений без захисного шару, у 1,22 раза порівняно з аналогічними, де СПВЛ розміщений із захисним шаром, і при навантаженні близькому до граничного руйнування, значення максимальних

експериментальних прогинів для зразка Б-III-1 дорівнює $f^{exp} = 3,33$ мм, а для зразка Б-III-2 $f^{exp} = 2,83$ мм.

Як видно з графіків (див. рис. 3-4) із збільшенням класу бетону зменшуються прогини в 1,21-2,27 раза та зростає несуча здатність (див. табл. 3.) дослідних зразків в 1,13 раза для Б-III-1 порівняно з Б-II-1, Б-II-1* та в 1,21 раза для Б-III-2 порівняно із Б-II-2, Б-II-2* відповідно за однакових вихідних умов (відсотка армування та розміщення СПВЛ у перерізі).

Висновки. 1. Несуча здатність балкових зразків, армованих СПВЛ та виготовлених з бетону класу С40/50 є більша в 1,13-1,21 раза порівняно з аналогічними балками, виготовленими з бетону С35/45 відповідно за однакових вихідних умов (відсотка армування та розміщення СПВЛ у перерізі).

2. Експериментом встановлено: руйнування сталобетонних балкових зразків, армованих СПВЛ, відбулося внаслідок досягнення текучості арматури. При цьому призма міцність бетону для дослідних зразків виготовлених з бетону С35/45 була використана на 35-40%; для дослідних зразків III серії, виготовлених з бетону С40/50 на 31,5-33%.

4. Експериментально підтверджено, що за рівних рівнів завантаження, деформативність дослідних зразків із збільшенням класу бетону зменшуються в 1,19-2,27 раза за однакових вихідних умов (відсотка армування та розміщення СПВЛ у перерізі).

1. Добрянський І. Сталобетонні балкові елементи з робочим армуванням у вигляді просічно-витяжного листа: методика випробування та дослідження / І. Добрянський, С. Бурчєня, І. Шмиг // Теоретичні і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій : матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 21-24 вересня 2011 р. – Львів, 2011. – С. 438-444. 2. Клименко Ф. Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с. 3. Клименко Ф. Е. Эффективность сталобетонных балок с двойным внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко, Н. Л. Гайдаш, О. В. Крочак // Вестник Львовського політехнічного інститута: Резерви прогресса в архитектуре и строительстве. – 1984– № 183. – С. 37-39. 4. Патент на корисну модель, u2011 08765 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69032, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8. 5. Патент на корисну модель, u2011 08771 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69035, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8.