



УДК 624.016

Національний університет
господарства
та природокористування

ПОРІВНЯННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ ЛЕГКОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПОСИЛЕНИХ ТА НЕПОСИЛЕНИХ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

THE COMPARISON OF BEARING CAPACITY AND STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF COMPLEX LIGHTWEIGHT CONCRETE ELEMENTS, STRENGTHENED AND UNSUPPORTED BY COMPOSITE REINFORCEMENT

Бурчення С. П. к.т.н., доцента, orcid.org/0000-0002-6903-1134, **Фамуляк Ю.Є.** к.т.н., доцент, orcid.org/0000-0003-3044-5513, (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни)

Burchenya S. P. candidate of technical sciences, acting associate professor, orcid.org/0000-0002-6903-1134, **Famulyak Yu. Ye.** candidate of technical sciences, associate professor, orcid.org/0000-0003-3044-5513, (Lviv National Agrarian University, town of Dubliany)

У статті наведено порівняння результатів несучої здатності та деформативності комплексних легкобетонних згинаних елементів посиленних та непосилених композитною арматурою.

The comparison of the results of bearing capacity and stress-strain behavior of complex lightweight concrete bending elements, strengthened and unsupported by composite reinforcement is provided in the article.

The use of CFK Lamellen and SIKA CarboDur composite reinforcements to improve the bearing capacity and reduce the stress-strain behavior in lightweight concrete structures is little studied today. Such reinforcement is mostly used for strengthening and repairing of reinforced concrete constructions and structures [1-5]. Many countries of the world carry out experimental researches and widely apply non-metal reinforcement not only for strengthening structures but also in new construction. The main advantages of composite reinforcement are light weight, corrosion resistance, high strength, low thermal conductivity, environmentally friendly material, easiness in use, and so on.

The comparison of the results of bearing capacity and stress-strain behavior of complex lightweight concrete bending elements strengthened and unsupported by composite reinforcement is presented in this article. As a result of experimental research, the following was discovered: strengthening of composite carbon reinforcement of complex lightweight concrete elements,

which were cut out from aerated concrete blocks and was deposited with slag concrete, changed the nature of the destruction of experimental samples.

If the unsupported sample was broken in a brittle way, then such destruction was not observed in the strengthened one;

- bearing capacity in reinforced samples B-1p and B-2p is higher in 1.2-2.2 times compared with the unsupported model B-1 and B-2, respectively;

- deflections of strengthened samples are lower than in unsupported ones in 1.12-2.2 times at operating loading levels.

Ключові слова: несуча здатність, деформативність, арматура, композити, газобетон, шлакобетон, елемент.

bearing capacity, stress-strain behavior, reinforcement, composites, aerated concrete, slag concrete, element.

Вступ. Сьогодні у будівництві ефективним є застосування легкобетонних конструкцій які виготовлені з газобетону, шлакобетону, керамзитобетону, тощо. Для того, щоб підвищити їх несучу здатність здебільшого використовують фібру, склопластикову арматуру та стрижневу арматуру. Використання композитної арматури CFK Lamellen та SIKА CarboDug для підвищення несучої здатності та зменшення деформативності у легкобетонних конструкціях є мало вивченим на сьогоднішній день. Здебільшого, така арматура використовується для підсилення і ремонту залізобетонних конструкцій і споруд [1-5]. Завдяки своїм позитивним характеристикам композитна арматура займає важливе місце у будівництві. Багато країн світу проводять експериментальні дослідження і широко застосовують неметалеву арматуру не лише для підсилення конструкцій, але і у новому будівництві. Основними перевагами композитної арматури є: невелика вага, корозійна стійкість, висока міцність, низька теплопровідність, екологічно чистий матеріал, легкість у застосуванні, тощо. Тому проведення досліджень, щодо використання композитної арматури у легкобетонних елементах, мають важливе практичне та теоретичне значення у сучасному будівництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні способи підсилення та методи розрахунку сучасних залізобетонних конструкцій відображено у працях А. Я. Барашикова, С.М. Бабича, С. В. Бондаренко, Б.А. Боярчука, О. Б. Голишева, П. І. Кривошеєва, Л.А. Мурашко, Н.Н. Онуфрієва, А. А. Шагіна, З.Я. Бліхарського, В.Г. Кваші, А. Я. Мурина, Б. М. Ільницького, А.П. Крамарчука та ін. [1-5].

Постановка завдання. Мета нашого дослідження – експериментальним шляхом дослідити та порівняти несучу здатність та деформативність комплексних легкобетонних елементів посиленних та непосиленних композитною арматурою.

Методика досліджень. Для дослідження несучої здатності та деформативності комплексних легкобетонних елементів посилених та не посилених композитною арматурою було виготовлено чотири дослідних зразки. Два дослідних зразки виготовлялися поперечним перерізом 160x160 мм один з яких був посилений композитною арматурою (Б-1п) та один не посилений (Б-1), та ще два поперечним перерізом 180x180 мм, один з яких був посилений композитною арматурою (Б-2п) та один не посилений (Б-2) рис. 1. Загальна довжина зразків становила 660 мм.

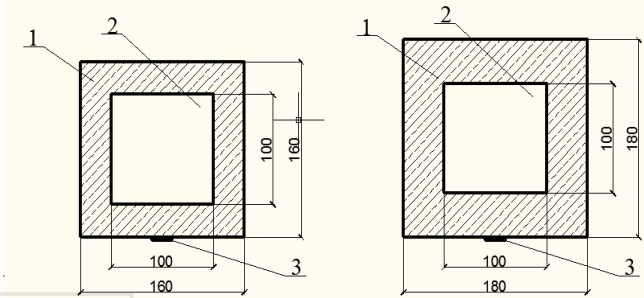


Рис.1. Перерізи дослідних зразків:

1- шлакобетон, 2- газобетон, 3- композитна арматура

Виготовлення дослідних зразків складалося з наступних технологічних операцій: спершу було виготовлено опалубку, наступним кроком було вирізання із газоблоку балочного елемента поперечним перерізом 100x100 мм, довжиною 600 мм. Пізніше на низ опалубки вкладався потрібний шар шлакобетону – 30 і 40 мм, і по середині вложеного в опалубку шлакобетону, вкладалися балочні елементи та обетонувалися шлакобетоном з подальшим ущільненням (див. рис.2).

Через 28 днів на два комплексних легкобетонних зразки (Б-1п, Б2п), за допомогою клею Resin 220 приклеювалася композитна арматура Lamellen S50/1,2 шириною 10 мм (рис.3). Перед наклеюванням композитної арматури виготовлені зразки очищалися від пилу та бруду та ґрунтувалися розчинником.



Рис. 2. Укладання шлакобетону



Рис. 3. Приклеювання композитної арматури

Дослідження виготовлених комплексних легкобетонних зразків проводилось на стенді, який знаходиться у лабораторії будівельних конструкцій ЛНАУ. Дослідні зразки спиралась на дві опори: рухому і нерухому. У тих місцях де було прикладено навантаження підставлялися металеві деталі, поверх яких розміщувалась траверса, кільцевий динамометр для замірів прикладених навантажень, гідравлічний домкрат для створення навантажень та по середині дослідного зразка кріпився індикатор годинникового типу для замірів прогинів рис. 4.



Рис. 4. Загальний вигляд стенду

Результати досліджень. У результаті проведених експериментальних досліджень було отримано наступні результати дослідних зразків: Б-1п зруйнувалася за навантаження $F = 21,41$ кН, при цьому навантаженні максимальний прогин становив $f = 1,82$ мм. У місці прикладання сили з'явилась вертикальна тріщина, яка стала причиною руйнування, композитна арматура при цьому не була зруйнована і не відклеїлася; Б-1 зруйнувалася за навантаження $F = 17,40$ кН, вертикальна тріщина зруйнувала балку розділивши її на дві частини; Б-2п зруйнувалася за навантаження $F = 74,92$ кН, композитна арматура при цьому не була зруйнована і не відклеїлася; Б-2 зруйнувалася за навантаження $F = 33,46$ кН, вертикальна тріщина зруйнувала зразок розділивши його на дві частини рис. 5-6.



Рис. 5. Руйнування дослідних зразків Б-1п та Б-2п



Рис. 6. Руйнування дослідних зразків Б-1 та Б-2

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень дослідних зразків Б-1п та Б-1

Навантаження, кН	Дослідний зразок	Прогини, мм	Дослідний зразок	Прогини, мм
1,3386	Б-1п	0,13	Б-1	0,11
2,6772		0,31		0,32
4,0158		0,45		0,46
6,693		0,7		0,79
9,3703		0,91		1,02
12,0475		1,12		1,31
14,7247		1,29		1,74
16,0633		1,39		2,06
17,4019		1,48		2,3
18,7405		1,58		-
20,3439		1,69		-
21,4177		1,82		-

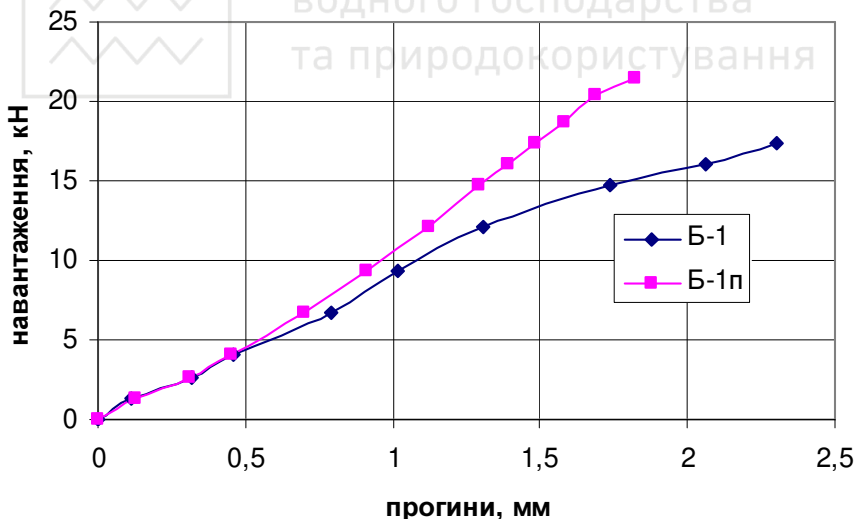


Рис 7. Експериментальні результати прогинів залежно від навантаження дослідних зразків: Б-1 та Б-1п

Результати експериментальних досліджень дослідних зразків Б-2п та Б-2

Навантаження, кН	Дослідний зразок	Прогини, мм	Дослідний зразок	Прогини, мм
1,3386	Б-2п	0,12	Б-2	0,15
2,6772		0,31		0,33
4,0158		0,42		0,45
6,693		0,68		0,7
9,3703		0,84		0,94
12,0475		1,03		1,1
14,7247		1,2		1,26
16,0633		1,28		1,36
17,4019		1,36		1,44
18,7405		1,44		1,55
20,3439		1,52		1,67
21,4177		1,61		1,77
22,7563		1,71		1,9
25,4336		1,9		2,3
26,7722		2,03		2,5
28,1108		2,15		2,74
29,4494		2,33		3,08
30,788		2,53		3,56
32,1266		2,74		3,99
33,4652		2,94		4,4
34,8036	3,27			
37,481	4,32			

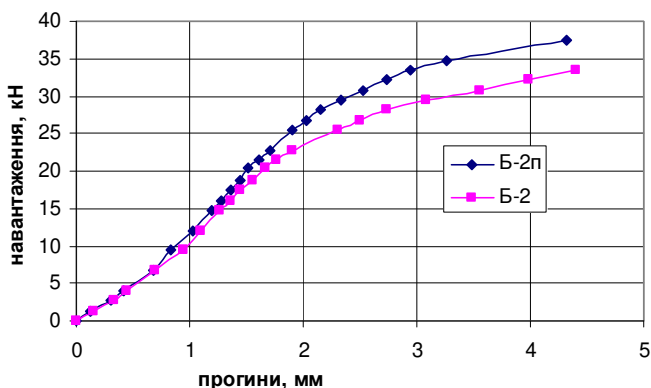


Рис 8. Експериментальні результати прогинів дослідних зразків залежно від навантаження: Б-2 та Б-2п

Підсилення композитною вуглецевою арматурою комплексних легкобетонних елементів змінило характер руйнування дослідних зразків. Якщо непосилений зразок руйнувався крихко, то такого руйнування не спостерігалось у посиленого;

- несуча здатність у посилених зразків Б-1п та Б-2п вища 1,2-2,2 раза порівняно із непосиленим зразком Б-1 та Б-2 відповідно.

- прогини посилених зразків, за експлуатаційних рівнів завантаження є менші ніж у непосилених у 1,12-2,2 раза.

1. Мурин А.Я. Міцність, жорсткість і тріщиностійкість залізобетонних балок, підсиленних зовнішньою композитною арматурою: дис... канд. тех. наук. Львів, 2011. – 151 с.

2. Льницький Б. Міцність і деформативність залізобетонних балок, підсиленних композитними матеріалами / Б. Льницький, А. Крамарчук // Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2009. – № 10. – С.63-70.

3. Кваша В. Застосування композитів CFRP для підсилення залізобетонних мостів в Україні / В. Кваша, І. Мельник, Ю. Собко, А. Мурин, Р. Добрянський // International Scientific Conference : Current issues of civil and environmental engineering. - Rzeszow, 3-4 September, 2004. – С. 221-227.

4. Кваша В. Г. Експериментальне дослідження залізобетонної мостової балки за ТП вип. 56, підсиленої композитною стрічкою з вуглецевих волокон CFRP / В. Г. Кваша, І. В. Мельник, М. Д. Климпуш // 36. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Вип.62. – К., 2001. – С. 267-271.

5. Meier U. Strengthening of Structures with CFRP Laminates, Advanced Composite Materials in Civil Engineering Structures / U. Meier, K. Kaiser // Proceedings of the Specialty Conference (ASCE), Las Vegas, Nevada, 1991. – P. 224-232.

1. Muryn A. Ya. Mitsnist, zhorstkist I trishchynostiikist zalizobetonnykh balok, pidsylenykh zovnishnoiio kompozytnoiu armaturoiu: dysertatsiia kandydata tekhnichnykh nauk. Lviv, 2011. – 151 s.

2. Ilnytskyi B. Mitsnist I deformatyvnist zalizobetonnykh balok, pidsylenykh kompozytnymy materialamy / B. Ilnytskyi, A. Kramarchuk // Visnyk Lvivskoho natsionalnogo ahrarnoho univertytetu: arkhitektura I silskohospodarske budivnytstvo. – 2009. – № 10. – S. 63-70.

3. Kvasha V. Zastosuvannia kompozytiv CFRP dlia pidsylennia zalizobetonnykh mostiv v Ukraini / V. Kvasha, I. Melnyk, Yu. Sobko, A. Muryn, R. Dobrianskyi // International Scientific Conference : Current issues of civil and environmental engineering. – Rzeszow, 3-4 September, 2004. – S. 221-227.

4. Kvasha B. H. Eksperymentalne doslidzhennia zalizobetonnoi mostovoi balky za TP vyp. 56, pidsylennoi kompozytnoi strichkoiu z vuhletsevykh volokon CFRP / V. H. Kvasha, I. V. Melnyk, M. D. Klumpush // Zbirnyk Avtomobilni dorohy I dorozhnie budivnytstvo. – Vypusk Vип.62. – Kyiv, 2001. – S. 267-271.

5. Meier U. Strengthening of Structures with CFRP Laminates, Advanced Composite Materials in Civil Engineering Structures / U. Meier, K. Kaiser // Proceedings of the Specialty Conference (ASCE), Las Vegas, Nevada, 1991. – P. 224-232.