

УДК 624.012.25

ВПЛИВ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ТА ПІСЛЯ ЇХ ПІДСИЛЕННЯ

асистент Конончук О.П.

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

На сьогодні велика кількість залізобетонних конструкцій при реконструкції будівель та споруд підлягають підсиленню або відновленню після пошкоджень. Одним із ефективних методів підсилення є використання композитних матеріалів на основі вуглепластиків у вигляді стрічок та полотен. Досліджень такого підсилення, зокрема при дії повторних навантажень, проведено дуже мало.

Вплив малоциклових навантажень на роботу залізобетонних конструкцій вивчали С.М. Бабич, Р.М. Багаутдінов, А.Я. Барашиков, О.Я. Берг, О.П. Борисюк, М.О. Валовой, В.С. Дорофєєв, О.С. Залесов, Н.І. Ільчук, Ю.О. Крусь та ін. Здебільшого ці дослідження стосувались непідсилених конструкцій, і не досліджували роботу таких конструкцій після підсилення.

Проаналізувавши стан питання підсилення згинальних залізобетонних елементів в розтягнутій зоні перерізу, можна зробити висновок, що на сьогодні існує велика кількість різних методів розроблених та досліджених науковцями зі всього світу. Кожний із цих способів відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій є особливим і має як свої переваги так і недоліки. Композитні матеріали на основі вуглецевих волокон, незважаючи на значну вартість, викликають великий інтерес серед науковців та будівельників, це насамперед пов'язано із практично повною відсутністю витрат в ході експлуатації таких конструкцій.

В Україні питанням підсилення нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів композитними матеріалами, у вигляді стрічок за дії одноразових навантажень займалися В.Г. Кваша, І.В. Мельник, А.Я. Мурин, М.Д. Климпуш [2, 3, 4] та ін. Проте їх дослідження не змогли охопити всю область застосування даного матеріалу та вивчити всі фактори, що на нього впливають.

З метою встановлення дійсного напружено-деформованого стану нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиковими матеріалами в розтягнутій зоні, та удосконалення методики їх розрахунку за дії на них одноразових та малоциклових навантажень, із урахуванням історії роботи конструкції до підсилення, в лабораторії кафедри інженерних конструкцій Національного університету водного господарства та природокористування виконані експериментальні дослідження [5, 6, 7].

В рамках даних досліджень виготовлено та випробувано 12 дослідних балок. Зразки армували таким чином, щоб запобігти виникненню похилих

тріщин і забезпечити мінімальне армування нормальних перерізів. Після попереднього випробування восьми дослідних зразків вони були підсилені за двома схемами (рис. 1). Ще чотири балки підсилювали без попереднього випробування (П1, П2, П1-Ц4, П2-Ц4). Вони є моделями конструкцій, що потребують підсилення ще до їх експлуатації.

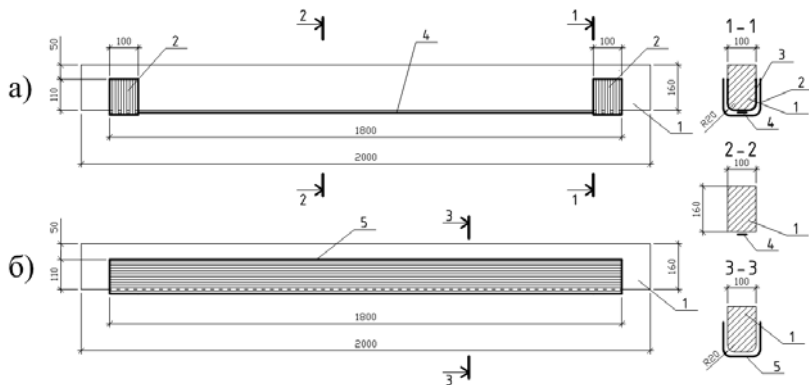


Рис. 1. Конструкція підсилення дослідних балок:

а) – підсилення стрічкою Sika CarboDur S-512; б) – підсилення полотном Sika Wrap; 1 – дослідна балка; 2 – верхній шар анкерування з полотна Sika Wrap; 3 – нижній шар анкерування з полотна Sika Wrap; 4 – стрічка Sika CarboDur S-512; 5 – II-подібна обійма з полотна Sika Wrap

Балки без підсилення, що випробувались малоцикловим навантаженням, як і ті, що випробувались одноразовим навантаженням, не руйнувались в ході експерименту. Вони доводились до граничного навантаження, за якого їх подальша нормальна експлуатація була б неможливою. Ознакою такого стану є розкриття нормальних тріщин в нижній розтягнутій зоні бетону на рівні робочої арматури шириною більшою за 0,4 мм або перевищення значення відносного прогину 1/150.

На відміну від балок випробуваних одноразовим навантаженням всі дослідні зразки, що піддавались дії малоциклових навантажень досягали граничного експлуатаційного стану по ширині розкриття тріщин, яка сягала 0,42 – 0,44 мм, при цьому прогин знаходився у допустимих межах. Навіть при подальшому навантаженні деяких балок прогин перевищував допустиму величину лише в одній балці БЦ1-2, де він склав 1,24 см (1/145). В дослідній балці БЦ3-1 при граничному експлуатаційному моменті 9,32 кН×м, коли ширина розкриття тріщин становила 0,44 мм, прогин становив всього лиш 0,909 см. Така ж ситуація і в балці БЦ3-2: при моменті 9,07 кН×м – тріщина була 0,44 мм, а прогин 0,86 см. Це свідчить про вплив малоциклових навантажень, зокрема високих рівнів, на роботу згинальних залізобетонних елементів. В результаті дії повторних навантажень збільшується жорсткість

експериментальних балок. Спостерігаються зменшення граничного експлуатаційного навантаження, що витримали дослідні зразки (табл. 1). Балки, що зазнали дії повторних навантажень, вийшли із експлуатаційного стану раніше. Величина прикладеного до них зовнішнього моменту на 4 – 11 % менша.

Таблиця 1

Порівняння граничного експлуатаційного навантаження невідсилених балок випробуваних одноразовим та малоцикловим навантаженням

Вид навантаження	Назва балки	Відсоток армування внутрішньою сталевую арматурою	Експериментальний згинальний момент	Зміна граничного експлуатаційного навантаження
		$\mu_s, \%$	$M_{SLS}^{exp}, \text{кН}\times\text{м}$	$\delta_{SLS}^{exp}, \%$
Одноразове	БО-1	1,16	10,24	-
	БО-2		10,24	-
Малоциклове	БЦ1-1		9,57	- 6,5
	БЦ1-2		9,82	- 4,1
	БЦ2-1		9,57	- 6,5
	БЦ2-2		9,07	- 11,4
	БЦ3-1		9,32	- 9
	БЦ3-2		9,07	- 11,4

Руйнування підсилених дослідних зразків, що піддавались повторним навантаженням відбувалося так само, як і тих, що випробувані одноразовим навантаженням. Їх зовнішній вигляд та характер руйнування показано на рис. 2. Несуча здатність M_{ULS}^{exp} та граничне експлуатаційне навантаження M_{SLS}^{exp} , що зафіксовані в результаті випробування підсилених дослідних зразків на дію малоциклового навантаження наведені в таблиці 2.

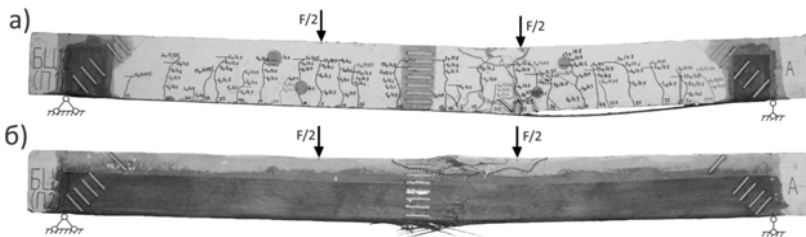


Рис. 2. Загальний вигляд підсилених балок після випробування малоцикловим навантаженням: а) – балка БЦ1-2(П1) підсилена стрічкою Sika CarboDur S-512; б) – балка БЦ1-1(П2) підсилена полотном Sika Wrap

Таблиця 2

Порівняння граничних навантажень підсиленних балок випробуваних одноразовим та малоцикловим навантаженням

Назва балки	Площа поперечного перерізу елемента підсилення	Відсоток армування приведеною арматурою	Експериментальний згинальний момент		Зміна граничних навантажень	
			M_{ULS}^{exp} , кН×м	M_{SLS}^{exp} , кН×м	δ_{ULS}^{exp} , %	δ_{SLS}^{exp} , %
БО-2(П1)	0,6 (стрічка)	1,872	18,53	12,09	-	-
БЦ1-2(П1)			18,81	16,93	1,5	40
БЦ2-2(П1)			18,81	16,12	1,5	33,3
БЦ3-1(П1)			19,87	15,31	7,2	26,6
П1			19,87	16,12	-	-
П1-Ц4			19,75	16,12	-0,7	0,0
БО-1(П2)	3,0 (полотно)	1,537	15,63	14,07	-	-
БЦ1-1(П2)			16,16	14,35	3,4	2
БЦ2-1(П2)			15,37	14,42	-1,7	2,5
БЦ3-2(П2)			16,16	15,13	3,4	7,5
П2			14,85	13,78	-	-
П2-Ц4			15,6	13,72	5,1	-0,4

Варто зазначити, що при досягненні підсиленними дослідними зразками II гр. гр. ст. відбувалося перевищення граничної ширини розкриття тріщин та допустимого прогину. Непридатність до подальшої експлуатації балок підсиленних полотном визначалась лише за величиною прогину, оскільки тріщин на тілі даних дослідних зразків не виявлено.

У порівнянні із підсиленними зразками випробуваними одноразовим навантаженням несуча здатність та граничне експлуатаційне навантаження підсиленних балок, що зазнали циклових впливів, практично у всіх випадках зросли на 1,5 – 7,5 % (табл. 2). Виключенням є балки БЦ1-2(П1), БЦ2-2(П1) та БЦ3-1(П1), в яких момент M_{SLS}^{exp} зріс у порівнянні із балкою БО-2(П1) на 27 – 40 %. Це пояснюється тим, що на час підсилення балки БО-2(П1) ширина її залишкової тріщини складала 0,2 мм, коли в інших балках ці тріщини були шириною 0,08 – 0,12 мм. Це і призвело до швидкого її виходу із стану придатності до експлуатації. При цьому несуча здатність даної балка практично не відрізняється від всіх інших.

Зменшення несучої здатності зафіксовано лише у двох зразках: П1-Ц4 на 0,7 %, та у БЦ2-1(П2) на 1,7 %, що є незначним. А також зниження граничного експлуатаційного навантаження в балці П2-Ц4 на 0,4 %.

Висновки. Малоциклові навантаження з верхнім рівнем 0,85 сприяють збільшенню несучої здатності згинальних залізобетонних елементів, підсилених в розтягнутій зоні у порівнянні з одноразовим навантаженням. В окремих дослідних зразках цей приріст досягав 7,5 %.

Підсилення дослідних зразків дозволило повністю використати ресурс стиснутої зони бетону балок, про що свідчить їх одночасне руйнування по стиснутій та розтягнутій зонах перерізу.

Характер зміни деформацій, прогинів та ширини розкриття тріщин підсилених зразків при дії малоциклових навантажень аналогічний балкам, які випробували без підсилення. Передісторія навантаження підсилених зразків не впливає на їх напружено-деформований стан і жорсткість. При цьому ширина розкриття тріщин у балках, що підсилювались без попереднього навантаження, зменшується до 50 % при збільшенні їх кількості.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич Є.М. Міцність і деформативність важкого бетону при малоцикловому стисненні / Є.М. Бабич, Н.І. Ільчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: УДУВГП, 2003. – Вип. 9. – С. 116 – 123.
2. Кваша В.Г. Експериментальні дослідження і розрахунок витривалості, жорсткості і тріщиностійкості згинальних залізобетонних елементів при багаторазових навантаженнях / В.Г. Кваша, В.В. Левчич, І.В. Мельник // Проблеми теорії і практики будівництва: Збірник матеріалів конференції. – Львів: 1994. – Том 1. – С. 131 – 141.
3. Мурин А.Я. Міцність, жорсткість і тріщиностійкість залізобетонних балок, підсилених зовнішньою композитною арматурою: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / А.Я. Мурин. – Львів, 2011. – 163 с.
4. Климуш М.Д. Міцність, витривалість та деформативність залізобетонних згинальних елементів, підсилених наклеєними композитними стрічками: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / М.Д. Климуш. – Київ, 2010. – 259 с.
5. Борисюк О.П. Методика випробовування підсилених згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Київ: ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74. – Книга 2. – С. 709 – 717.
6. Борисюк О.П. Міцність, жорсткість та тріщиностійкість нормальних перерізів залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: НТУ, 2012. – Випуск 2 (32). – Т.2. – С. 3 – 10.
7. Конончук О.П. Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2012. – Вип. 23. – С. 479 – 486.