

Спільне використання теплового насоса й сонячних колекторів є ефективнішим, ніж їх окреме використання. Середній коефіцієнт перетворення (COP) теплового насоса становить близько 3,5 при температурі подачі 55°C. У цьому випадку COP теплового насоса становить 3,4.

У літній період з виробництвом теплової енергії геліоколекторами також здійснюється акумулювання тепла в землі, що значно підвищує температуру теплоносія в зимовий період. Сьогодні теплові насоси вважаються екологічно чистішими від найсучасніших газових котлів.

Колектор теплового насоса продуктивністю 35 кВт на підприємстві “Укрінтерм” встановлений за такими параметрами:

- довжина ґрунтового колектора 900 метрів (три гілки по 300 м);
- відстань між сусідніми колекторами 1 м;
- глибина залягання колектора – 1 м;
- система заповнена пропіленгліколем.

1. Мороз П.П. Система опалення та гарячого водопостачання будинків з використанням теплового насоса та сонячного колектора / Нова тема. – № 4/2009 (23). – С. 7–10. 2. Рабінович М.Д., Степанов М.В. Перспективи використання сонячної енергії в Україні для теплопостачання / Нова тема. – № 2/2006. – С. 7–10.

УДК 624.012

О.В. Войцехівський, Т.І. Приндюк

Вінницький національний технічний університет,
кафедра промислового та цивільного будівництва

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ ЗРУЙНОВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ВІДНОВЛЕНИХ СУЧАСНИМИ РЕМОНТНИМИ СУМІШАМИ

© Войцехівський О.В., Приндюк Т.І., 2010

Наведено результати експериментальних випробувань відновлених у стиснутій зоні залізобетонних балок після їх руйнування. Визначено максимальні показники міцності та деформативності, а також характер руйнування відновлених зразків.

Ключові слова: відновлення залізобетонних конструкцій, спосіб відновлення, сучасні ремонтні суміші.

Results of experimental researches of reinforced construction that were restored in compression region after failure are given. Maximal measures of strength and deformations and characteristic of failure of samples were determined.

Keywords: restoring of reinforced construction, restoring method, modern repair mixes.

Постановка проблеми. Складні економічні умови в Україні в останні десятиріччя зумовили зростання частки фізичного зношення основних виробничих фондів та житлового фонду. На початку нового сторіччя зношеність основних фондів в Україні оцінюється у близько 45 % при загальній вартості приблизно 850 млрд. грн. В зв'язку з цим проблематика реконструкції, модернізації, методів підсилення набуває з кожним роком все більшої актуальності.

Під час капітального ремонту та реконструкції будівель та споруд відзначаються випадки підсилення або відновлення залізобетонних конструкцій, які зазнали значних пошкоджень та перебувають у непридатному та аварійному стані. В елементах таких конструкцій виявляють такі пошкодження, як: випирання стиснутої арматури, критичні значення деформацій та розкриття тріщин, роздроблення бетону, викришування великого заповнювача у стиснутій зоні. Заміна таких

конструкцій не завжди є можливою, а в разі можливості є нераціональною через її високу вартість. Ефективнішим рішенням є відновлення конструкції.

В цій статті під відновленням розумітимемо комплекс ремонтно-будівельних робіт зруйнованих у стиснутій зоні балок, який дає змогу без зміни геометричних параметрів повністю відновити їх несучу здатність до проектного значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженнях А.Я. Барашикова, Б.А. Боярчука, С.В. Бондаренко, О.І. Валового, П.Ф. Вахненко, О.Б. Голишева, Є.В. Горохова, П.І. Кривошеєва, А. Касассбега, Д.Н. Лазовського, Н.М. Онуфрієва, О.Л. Шагіна багато уваги приділяється забезпеченню необхідних експлуатаційних властивостей шляхом підсилення залізобетонних елементів, яке, як правило, виконують завдяки збільшенню геометричних розмірів перерізів. Відомостей щодо розроблення схем відновлення конструкцій без зміни геометричних розмірів перерізів та результатів їх випробувань майже немає.

Тому доцільно було б дослідити можливість відновлення зруйнованих конструкцій, що дало би змогу на практиці реалізувати економічно ефективніші рішення із санації залізобетонних конструкцій. Для практичного обґрунтування можливості відновлення сучасними матеріалами зруйнованих залізобетонних балок були заплановані та виконані достатньо широкі експериментальні дослідження.

Метою цієї роботи є дослідження параметрів міцності та деформативності залізобетонних балок, що зазнали в процесі експлуатації значних пошкоджень в стиснутій зоні бетону та були відновлені бетоном без збільшення геометричних розмірів перерізу.

Для досліджень було виготовлено 9 серій балок, з різними характеристиками класу бетону та армування (табл. 1). Схема армування та схема при випробуванні балок наведена на рис. 1

Таблиця 1

Характеристики дослідних балок

№ серії	Марка серії	Клас бетону	Процент армування, %
1	Б 1-1	В20	1,14
2	Б 1-2		2,33
3	Б 2-1		1,14
4	Б 2-3	В35	3,47
5	БТ 2-3-1		3,47
6	БТ 2-3-2		3,47
7	Б 3-1	В55	1,14
8	Б 3-2		2,33
9	Б 3-3		3,47

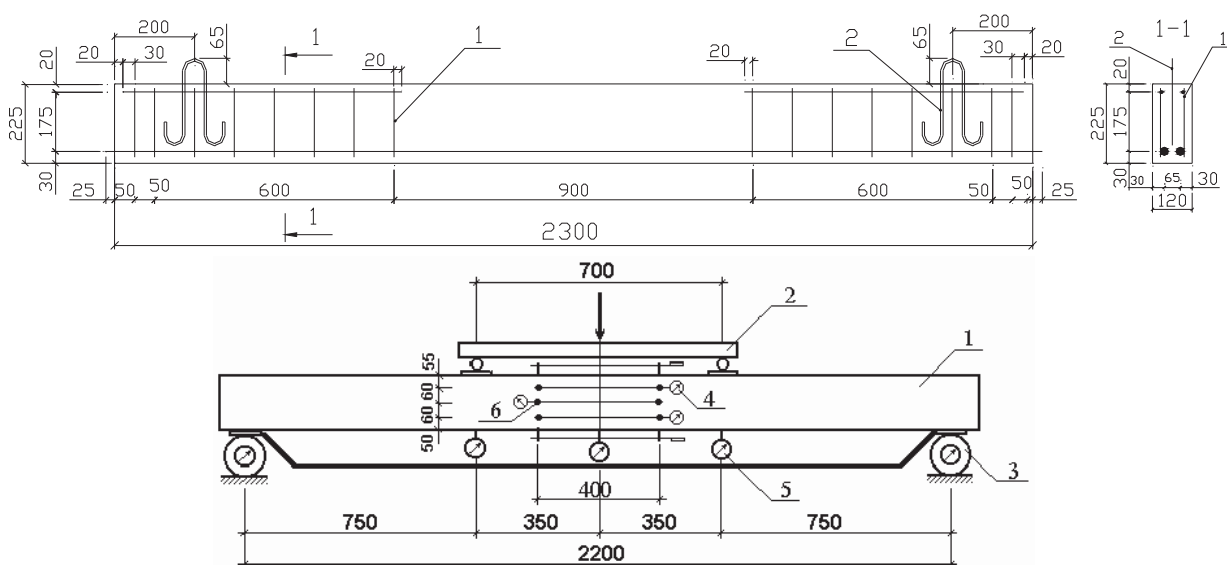


Рис. 1. Схема армування балки (а), схема випробування залізобетонних балок (б):
 1 – досліджуванний зразок; 2 – розподільча траверса; 3 – динамометр;
 4 – індикатор деформацій; 5 – прогиномір; 6 – репер

Експериментальні дослідження виконували в два етапи. На першому етапі дослідні балки випробовували до руйнування (утворення системи тріщин в стиснутій зоні бетону, яку називають ліщадкою (рис. 2, а)) за методикою [1]. З тих міркувань, що зруйновані на першому етапі балки можуть бути відновлені, було поставлене завдання запропонувати спосіб усунення пошкоджень стиснутої зони, який би дав змогу повністю відновити несучу здатність балок.

Для визначення найефективнішого способу відновлення зруйнованих у стиснутій зоні балок виконано дослідження, які допомогли відпрацювати найефективнішу схему відновлення та підтвердити можливість повного відновлення, а в окремих випадках і збільшення несучої здатності зруйнованих балок за допомогою сучасних ремонтних матеріалів [2]. Зокрема, як ремонтний матеріал було використано систему ремонтних сумішей Sika Monotop, які широко застосовують в практиці ремонту мостових, електротехнічних та гідротехнічних споруд. Система ремонтних сумішей Sika Monotop містить шар адгезійного матеріалу Sika Monotop 610 та безпосередньо бетон відновлення – Sika Monotop 614. Бетон із ремонтної суміші Sika Monotop 614 має такі механічні характеристики $R^{(10)} = 57,45$ МПа, $E_b = 28,6 \cdot 10^3$ МПа, $R_b = 43,9$ МПа, $\varepsilon_{bR} = 382 \cdot 10^{-5}$, $\varepsilon_{bu} = 480 \cdot 10^{-5}$ [3].

Отже, на другому етапі досліджень частково зруйновані балки відновлювали ремонтними сумішами системи Sika Monotop. Маркування таких балок змінювали додаванням літери “(в)”. Відновлення балок виконували у такій технологічній послідовності: в місці часткового руйнування стиснутої зони бетону за допомогою алмазного диска видаляли зруйнований бетон, утворюючи порожнину з вертикальними торцевими стінками. Цю порожнину заповнювали ремонтним матеріалом, утворюючи таким способом бетонну вставку – шпонку. При цьому форма шпонки та висота уступів залежали від форми пошкодження. Мінімальна висота уступу приймалася не меншою від діаметра крупного заповнювача бетону балки (рис. 2, б). Такий спосіб дає змогу забезпечити сумісну роботу старого та нового бетону на всіх етапах роботи конструкції [2].

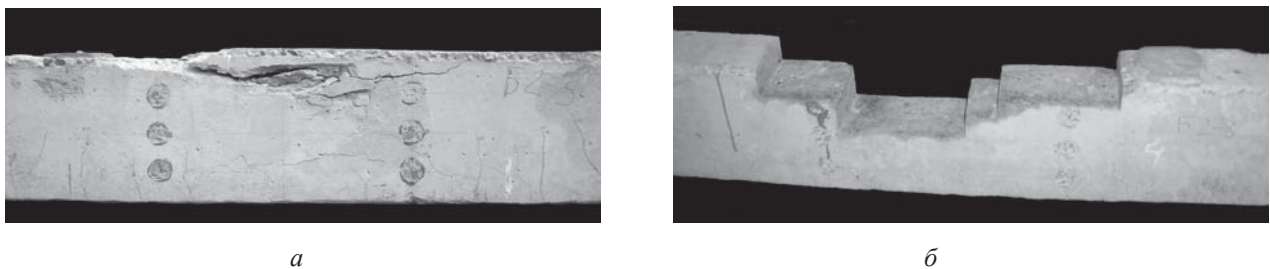


Рис. 2. Вид балки після попереднього руйнування (а) та перед відновленням (б)

Перед відновленням балки, які були зруйновані по стиснутій зоні внаслідок текучості арматури (Б1-1, Б2-1, Б3-1) через наявність значних залишкових прогинів, вирівнювали зворотним навантаженням за схемою, за якою виконували випробування.

Після відновлювальних робіт балки випробували короткочасним навантаженням за методикою [1] аналогічно першому етапу експериментальних досліджень. Результати випробувань відновлених балок дали змогу отримати експериментальні залежності деформування цих балок та зробити певні висновки про їх міцність та жорсткість. Зокрема, за характером їх роботи та руйнування всі відновлені балки можна умовно поділити на три групи.

До першої увійшли балки серії, які виготовлені з бетону В20 та В35 (Б1-1 (в), Б1-2(в), Б2-1а(в), Б 2-3(в)). У цих балках міцність бетону менша від міцності бетону відновлення. Такі балки мали пошкодження не по всій довжині зони чистого згину. Після відновлення в зоні чистого згину таких балок спостерігались перерізи з повністю старим бетоном та перерізи з відновленою частиною (з новим бетоном). Руйнування таких балок відбулося в зоні чистого згину по перерізу з повністю старого бетону. Зразок з такого роду руйнуванням наведено на рис. 3. На рис. 4, а подано діаграми деформування балок при попередньому випробуванні та після відновлення. За цими діаграмами, а також за табл. 2 можна зробити висновок, що міцність цих балок відновлюється повністю. Розрахунок міцності нормального перерізу за першою групою граничних станів можна виконувати по перерізу старого бетону.

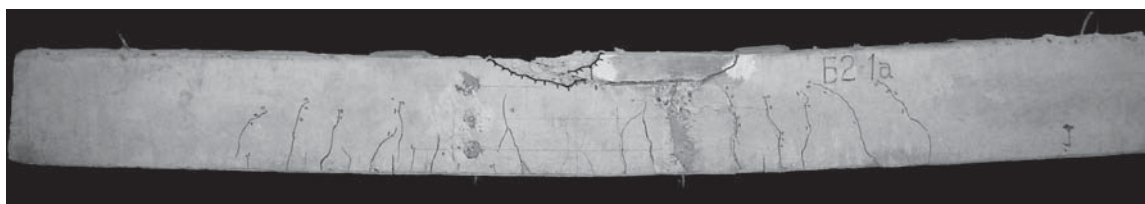


Рис. 3. Характер руйнування відновленої балки Б2-1(в) після випробування

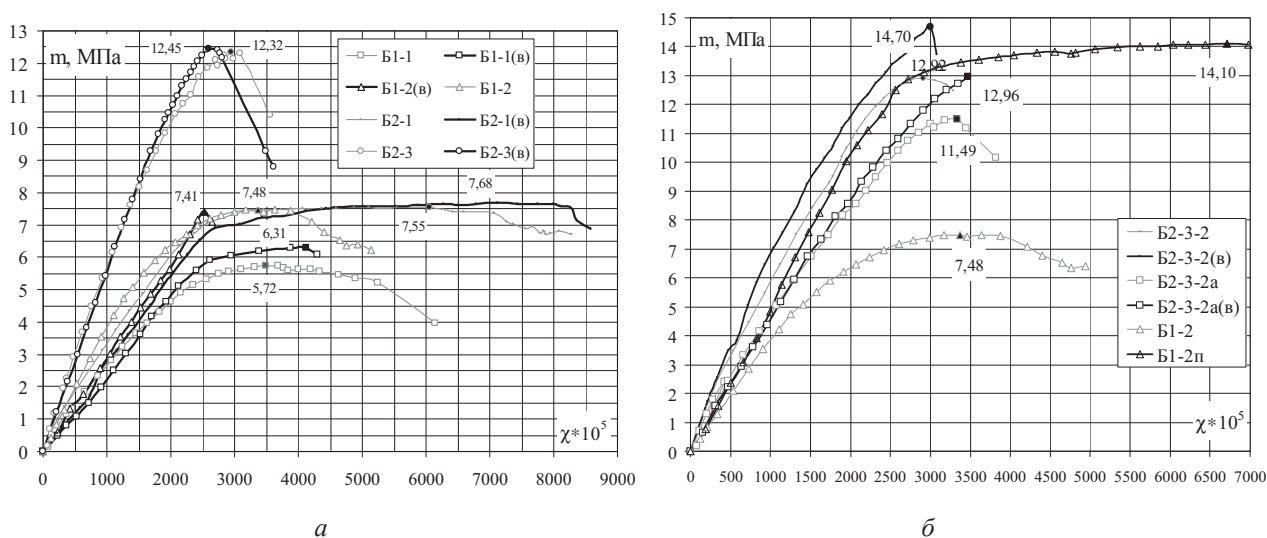


Рис. 4. Діаграми “ $m - \chi$ ” балок першої (а) та другої (б) групи

Таблиця 2

Результати експериментальних випробувань балок

№ з/п	Марка балки	m_{max} , МПа	f , мм	$m^{(e)}_{max}$, МПа	$f^{(e)}$, мм	$\frac{m^{(e)}_{ma}}{m_{max}}$	$\frac{f^{(e)}}{f}$
1	Б 1-1	5,72	17,45	6,31	24,79	1,103	1,421
2	Б 1-2	7,48	14,72	7,41	12,66	0,991	0,860
3	Б 1-1п	5,72	17,45	7,76	56,41	1,357	3,233
4	Б 1-2п	7,48	14,72	14,10	32,90	1,885	2,235
5	Б 2-1	7,55	26,69	7,68	29,55	1,017	1,107
6	Б 2-3	12,14	18,20	12,32	17,17	1,015	0,943
7	Б 2-3у	12,32	15,17	12,45	13,18	1,011	0,869
8	БТ 2-3-1	13,92	15,78	13,42	19,05	1,039	1,207
9	БТ 2-3-2	12,92	15,94	14,70	18,64	1,138	1,169
10	БТ 2-3-2а	11,49	14,43	12,96	16,90	1,128	1,172
11	Б 3-1	9,0	28,19	7,94	23,69	0,882	0,840
12	Б 3-2	14,11	21,56	14,07	27,35	0,997	1,269
13	Б 3-3	15,92	20,33	15,21	17,87	0,955	0,879

Умовні позначення:

$m_{max} = M_{max}/(bh_0^2)$ – несуча здатність (максимальний приведений момент) балок, що випробовувались на першому етапі;

f – прогин, що відповідає максимальному значенню моменту балок, що випробовувались на першому етапі;

$m^{(e)}_{max} = M_{max}/(bh_0^2)$ – несуча здатність (максимальний приведений момент) балок, що випробовувались після відновлення;

$f^{(e)}$ – прогин, що відповідає максимальному значенню моменту балок, що випробовувались після відновлення.

У другій групі балок при попередньому випробуванні часткове руйнування стиснутої зони бетону відбувалось майже по всій довжині зони чистого згину, а тому відновлення у верхніх шарах перерізу виконувалось по всій довжині зони чистого згину (БТ2-3-1, БТ2-3-2, БТ2-3-2а).

Руйнування відновлених балок відбувалось по бетону відновлення стиснутої зони (рис. 5). Відзначено загальне збільшення міцності балки (табл. 2) за рахунок того, що міцність бетону відновлення вища від міцності старого бетону. На рис. 4 наведено діаграми “приведений момент – кривина” балок при попередньому випробуванні та після відновлення.

Також до цієї групи можна зарахувати серію балок, на яких досліджувалась можливість збільшення несучої здатності елементів без попереднього зруйнування за допомогою заміщення бетону стиснутої зони бетоном відновлення на розрахованій довжині (Б1-1п та Б1-2п). Міцність бетону цих балок нижча за міцність бетону відновлення. Руйнування таких балок відбувалось по бетону відновлення. З табл. 2 видно, що відбувається загальне збільшення міцності балки, що доводить можливість підсилення як балок без попереднього руйнування, так і попередньо зруйнованих, що були зараховані до першої групи. Характер руйнування таких балок наведений на рис. 6.

Розрахунок міцності балок другої групи варто вести з урахуванням наявності двох шарів бетону у стиснутій зоні.

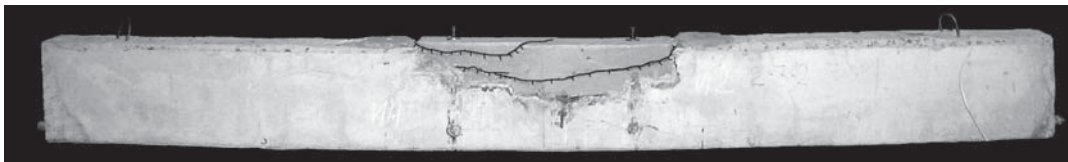


Рис. 5. Характер руйнування балки БТ2-3-2(в) після випробування

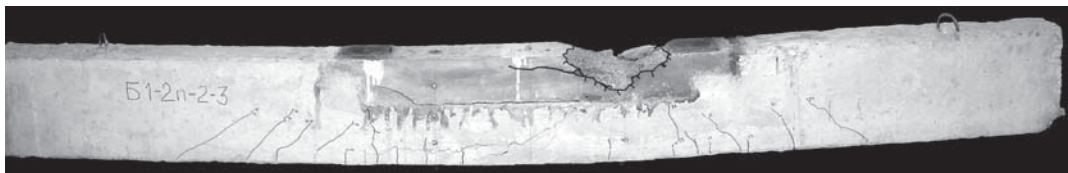


Рис. 6. Характер руйнування балки Б1-2(п) після випробування

Третя група – балки з високоміцного бетону (В55), міцність якого вища за міцність бетону відновлення (Б3-1, Б3-2, Б3-3). Процес руйнування проходив по бетону відновлення (рис. 8, а, б). На рис. 7 наведено діаграми “приведений момент – кривина” балок при попередньому випробуванні та після відновлення. Міцність та жорсткість таких балок зменшується і при їх відновленні варто розрахунок вести на підставі характеристик бетону відновлення у стиснутій зоні.

Зауважимо, що візуально контролювали балки на наявність розшарувань між шарами старого та нового бетону. Спостереження підтвердили сумісну роботу бетонів на всіх етапах навантаження до руйнування. У всіх випробуваних балках деформації перерізу відбуваються рівномірно – зберігається гіпотеза плоских перерізів, що дає можливість виконувати розрахунки поперечного перерізу за деформаційною моделлю (рис. 8).

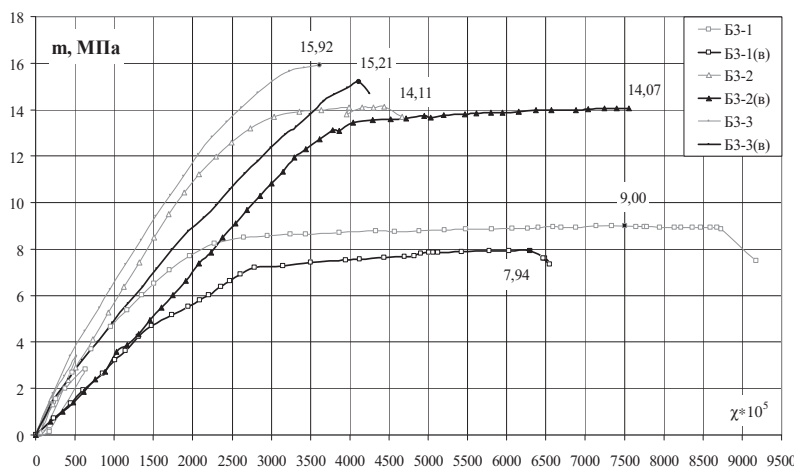


Рис. 7. Діаграми “ $m - \chi$ ” балок третьої групи

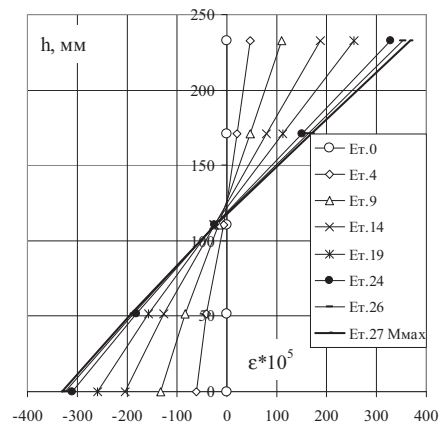


Рис. 8. Діаграми деформацій бетону по висоті перерізу

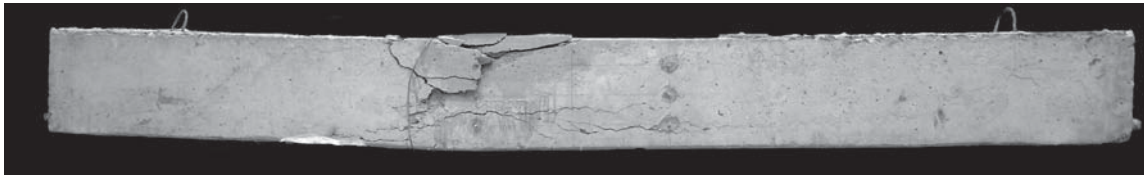


Рис. 9. Характер руйнування балки Б3-3(в) після випробування

Отже, за результатами виконаних досліджень можна зробити висновки:

- при відновленні залізобетонних згинальних елементів, що зазнали часткових руйнування в стиснутій зоні бетону, можливе досягнення відновлення їх повної несучої здатності за умови використання наведеного способу, що забезпечує сумісну роботу старого та нового бетону;
- за допомогою влаштування вставки-шпонки можна досягти збільшення міцності елемента у балках в яких міцність старого бетону менша від міцності бетону відновлення;
- отримані діаграми деформування балок, які будуть використані для порівняння з теоретичними. Методика розрахунку таких балок буде запропонована відповідно до рекомендацій [4].

1. *Методические рекомендации по определению параметров диаграммы “ $\sigma - \varepsilon$ ” бетона при кратковременном сжатии / В.Я. Бачинский, А.Н. Бамбура и др. – К., 1985. – 16 с.* 2. *Войцехівський О.В., Приндюк Т.І. Відпрацювання найбільш ефективної схеми відновлення залізобетонних балок сучасними ремонтними сумішами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2004. – Вип. 11. – С. 357–360.* 3. *Приндюк Т.І. Дослідження діаграми деформування бетону з ремонтної Sika Monotop // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. № 2. – С. 5–11.* 4. *Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1987. – 25 с.*

УДК 624.016:519.24

О.П. Воскобійник

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ТИПОЛОГІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ДЕФЕКТІВ ТА ПОШКОДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ, МЕТАЛЕВИХ ТА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Воскобійник О.П., 2010

Проаналізовано основні види дефектів та пошкоджень сталезалізобетонних балкових конструкцій на основі спільного аналізу (типологічного порівняння) аналогічних дефектів залізобетонних та металевих елементів.

Ключові слова: сталезалізобетонні конструкції, дефекти, пошкодження, підсилення, технічний стан.

In the article the basic types of defects and damages of steel-concrete composite beams are analysed on the basis of global analysis (topologic comparison) of similar defects of the reinforced concretes and metallic members.

Keywords: steel-concrete composite structures, defects, damages, strengthening, technical state.

Постановка проблеми. Разом із різноманітними сталевими та залізобетонними конструкціями сталезалізобетон все ширше застосовують у сучасних умовах будівництва в Україні. Це зумовлено не лише його високими міцнісними, технологічними та економічними показниками, а й зміною пріоритетів сьогодення: зменшення обсягів будівництва збірного залізобетону, обмеження використання