

В.М. Барабаш, М.Е. Волинець, А.П. Крамарчук
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ЗАЛИШКОВИЙ НАПРУЖЕНИЙ СТАН СТАЛЕБЕТОННИХ ЗГИНАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ

© Барабаш В.М., Волинець М.Е., Крамарчук А.П., 2005

Наведені результати досліджень залишкового напруженого стану сталобетонних згинаних елементів, які після дії короткочасних і тривалих навантажень різних рівнів повністю і частково розвантажувались.

Presented results of research on short-termed loading of firmness of bent elements in which under the conditions of various levels of starting loading and reinforcement, the additional reinforcing bars and beams were applied and subsequently ruined

Актуальність і мета досліджень. У чинній нормативній літературі (СНиП 2.03.01-84* розділ 6 та нормах на підсилення конструкцій ДБН В.3.1-1-2002) вказується на необхідність враховувати напруження, наявні на час підсилення конструкцій. [6]. Під час розрахунку підсилення згинаних елементів, які перебувають під навантаженням, необхідно виконувати максимальне їх розвантаження до підсилення і враховувати напружений стан на момент підсилення. Оцінка залишкового напруженого стану після розвантаження сприятиме ефективності використання додаткової арматури підсилення згинаних елементів із врахуванням існуючих залишкових напружень на час підсилення конструкцій. Метою експериментальних досліджень є визначити залишкові деформації, напруження стиснутої зони бетону, розтягнутої арматури та прогинів після розвантаження сталобетонних згинаних елементів, які перебували під різними рівнями тривалого і короткочасного навантаження.

Предмет і мета дослідження. Завдання експерименту полягає у неперервних замірюваннях деформацій стиснутої зони бетону, розтягнутої арматури та прогинів під час завантаження, витримці під навантаженням протягом 230 діб та після розвантаження і витримці протягом однієї години. Під час дослідження змінювались параметри: величина армування, рівень завантаження та рівень розвантаження.

Сталобетонні ненапружені балки пролітом 2 м, перерізом 0,12*0,24 м із листовою арматурою товщиною $\delta = 2$ і $\delta = 4$ мм завантажувались у віці бетону 140 діб із призмовою міцністю $R_{bn} = 19 \text{ МПа}$ та початковим модулем пружності $E_b = 29.1 \times 10^3 \text{ МПа}$. Початковий рівень завантаження приймали 0,56 і 0,76 від руйнуючого моменту, рівень розвантаження 0,31 від руйнуючого моменту та повне розвантаження (див. табл. 1,2). Контроль сил виконувався по двох опорних динамометрах. Деформації стиснутої зони бетону і розтягнутої арматури, а також прогинів, вимірювали за допомогою стаціонарно встановлених індикаторів із ціною поділки 0,01 та 0,001 мм та міток для замірювань деформацій компаратором. Детальніше програма і методика досліджень на тривалі і короткочасні навантаження описані в [2].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень. До розвантаження напружений стан сталобетонного згинаного елемента визначали в перерізі із тріщиною за методикою зміни № 1 до СНиП 2.03.01-84* [4].

Висота стиснутої зони

$$x = \varphi_{\xi} (\varphi_s + \varphi_n) h_0 \quad (1)$$

Плече пари сил при трикутній формі напружень в бетоні стиснутої зони (рис. 1)

$$z = \left(h_0 - \frac{x}{3} \right) \quad (2)$$

Напруження та деформації в тріщині та їх середні значення визначали

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s z}; \quad \varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s}; \quad \sigma_{sm} = \frac{M \psi_s}{A_s z}; \quad \varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_{sm}}{E_s} \quad (3)$$

Відповідно при тривалій дії навантаження

$$\sigma_{sm}(t) = \frac{M(t) \psi_s(t)}{A_s z(t)}; \quad \varepsilon_{sm}(t) = \frac{\sigma_{sm}(t)}{E_s} \quad (4)$$

Під час розвантажень згинаний елемент знаходиться під впливом внутрішніх зусиль у бетони і арматурі в складному напруженому стані. Після повного розвантаження в розтягнутій арматурі залишаються розтягуючі напруження через неможливе повне закриття тріщин, депланаций зон бетону біля країв тріщин та пластичних деформацій розтягнутого бетону між тріщинами. Поверненню розтягнутої арматури в початкове положення перешкоджають також непружні деформації бетону стиснутої зони, внаслідок чого виникає залишковий напружений стан. Розтяг в арматурі повинен врівноважитись стиском зони бетону в зоні середини висоти балки, що своєю чергою спричиняє розтяг в крайових волокнах бетону стиснутої зони. Ефект появи стискуючих напружень в зоні середини висоти балки і розтягуючих напружень у верхніх волокнах стиснутої зони бетону отриманий в наших експериментах, а також в дослідях авторів [1, 5].

Розрахункова схема згнутого елемента перед розвантаженням та після повного розвантаження показана на рис. 1. Схема під час повного розвантаження базується на таких умовах:

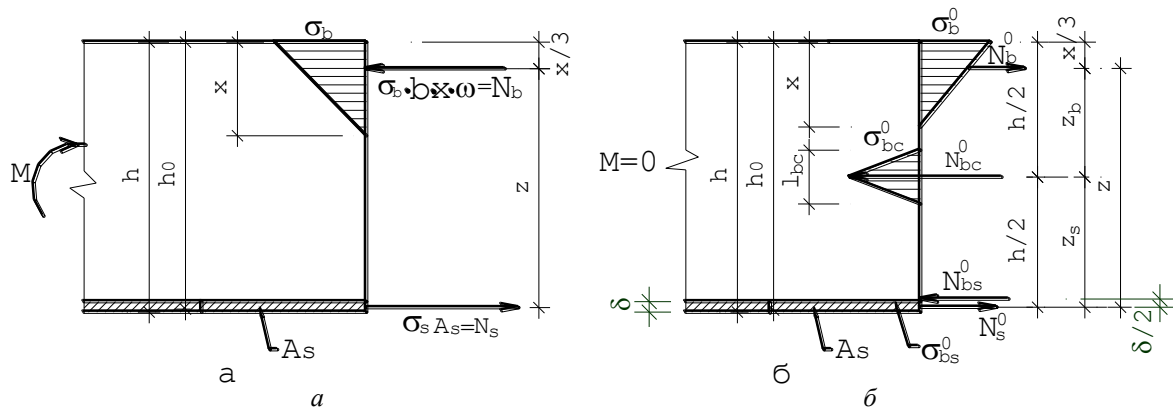


Рис. 1. Схема зусиль і напружень в тріщині для визначення залишкових напружень при розвантаженні:

$$a - \text{до розвантаження} \quad \kappa = \frac{M}{M_p} = 0.56; \quad 0.76;$$

$$b - \text{після розвантаження} \quad \kappa = \frac{M}{M_p} = 0$$

1. Розглядаються два крайні стани перерізу по тріщині: перед розвантаженням, коли схема зусиль (рис 1 а) і напружень відповідає зміні №1 до СНиП 2.03.01-84* і після розвантаження (рис 1 б).

2. Зважаючи на те, що розвантаження відбувається із рівня експлуатаційних навантажень і більших, роботу розтягнутого бетону над тріщиною не враховуємо.

3. У перерізі із тріщиною під час повного розвантаження фактична криволінійна знаковмінна еюра напружень по висоті перерізу (рис. 1 б) замінюється на такі напруження і їх рівнодійні: висота стиснутої зони бетону x до розвантаження із розтягуючими напруженнями σ_b^0 і їх рівнодійною N_b^0 , ділянка стискуючих напружень σ_{bc}^0 розмішених симетрично щодо середини висоти балки на довжині l_{bc} і їх рівнодійна N_{bc}^0 , стиснутих напружень в бетони σ_{bs}^0 по зоні

контакту розтягнутої листової арматури і бетону та залишкові розтягуючі напруження в арматурі σ_s^0 та їх рівнодійна N_s^0 .

4. Висота стиснутої зони бетону x до розвантаження і при знятті навантаження залишається не змінною, тобто віддаль z між рівнодійною стиснутої зони бетону N_b^0 і рівнодійною розтягнутої арматури N_s^0 залишається незмінною.

5. Допускаємо, що стискуючі зусилля в бетоні на рівні арматури σ_{bs}^0 виникають насамперед внаслідок нерівного та неможливого повного закриття тріщин і стиснутих залишкових ділянок на краю тріщин. Аналіз експериментальних досліджень [1, 2, 5] показав, що моменти зусиль рівнодійних N_{bs}^0 і N_{bc}^0 щодо центра ваги стиснутої зони можна прийняти такими, що дорівнюють

$$\frac{N_{bc}^0}{N_{bs}^0} = \frac{z}{z_b}, \quad (5)$$

Це дає можливість отримати додаткові відомі співвідношення $z = z_s + z_b$, $z_b = h/2 - x/3$, $z_s = h/2 - a$ (див. рис. 1 б). При повному розвантаженні, напруження в тріщині (рис. 1 б) створюють самоврівноважену систему сил, тобто рівняння моментів щодо центра сил у розтягнутій арматурі і бетоні стиснутої зони запишемо

$$\sigma_b^0 0.5bxz - N_{bc}^0 z_s = 0. \quad (6)$$

$$\sigma_s^0 A_s z - N_{bs}^0 z - N_{bc}^0 z_b = 0. \quad (7)$$

Віддаль між рівнодійними N_{bs}^0 і N_s^0 дорівнює половині товщини листа, тобто дуже мала порівняно із плечами пари сил z_s і z_b , тому приймаємо, що лінія дії рівнодійних N_{bs}^0 і N_s^0 збігаються і спрямовані по осі листової арматури.

Заміняючи із виразу (5) $N_{bs}^0 = \frac{N_{bc} z_b}{z}$, одержимо після повного розвантаження залишкові напруження в арматурі і бетоні

$$\sigma_s^0 = \frac{2N_{bc}^0 z_b}{A_s z}, \quad (8)$$

$$\sigma_b^0 = \frac{N_{bc}^0 z_s}{0.5bxz}. \quad (9)$$

Дослідженнями проведених в НДІБЗ м. Москва, а також нашими встановлено емпіричне значення стискуючих зусиль посередині висоти балки при повному розвантаженні

$$N_{bc}^0 = \frac{M}{4.5z}, \quad (10)$$

де M – момент зовнішніх сил, за якого виконуємо повне розвантаження елемента.

Як видно із рівнянь (6) і (7) та рис. 1 напруження в арматурі під час розвантаження зберігають свій знак, а напруження в бетоні переходять через нуль і при повному розвантаженні стають напруженнями розтягу. Підставимо в рівняння (8) та (9) значення N_{bc}^0 та $z_b = h/2 - x/3$ і $z_s = h/2 - a$ та одержимо залишкові напруження в арматурі і бетоні під час повних розвантажень

$$\sigma_s^0 = \frac{M(h - \frac{2}{3}x)}{4.5A_s z^2}, \quad (11)$$

$$\sigma_b^0 = \frac{M(h/2 - a)}{4.5 \times 0.5bxz^2}. \quad (12)$$

Під час повних розвантажень після тривалої дії навантаження залишкові напруження в арматурі та бетону у тріщині отримаємо

$$\sigma_{s(t)}^0 = \frac{M(t) \left[h - \frac{2}{3} x(t) \right]}{4.5 A_s z^2(t)}, \quad (13)$$

$$\sigma_b^0(t) = \frac{M(t)(h/2 - a)}{4.5 \times 0.5 b x(t) z^2(t)}. \quad (14)$$

Значення x, z та $x(t)$ і $z(t)$ визначають за виразами (1) і (2) при $\psi_s(t), \varphi_{b2}$. Для визначення залишкових напружень після неповного розвантаження запропонована розрахункова схема на рис. 2.

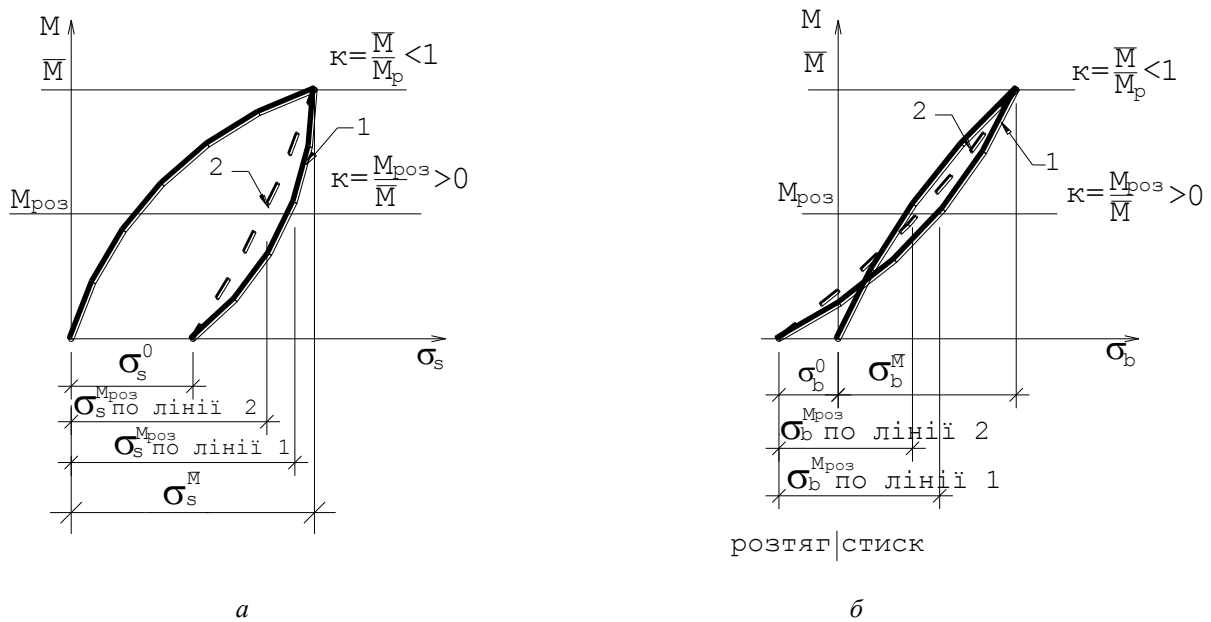


Рис. 2. Схеми для визначення напружень в арматурі (а) і бетони стиснутої зони (б) в тріщині під час неповних розвантажень:
 1 – фактична крива зміни напружень під час розвантаження;
 2 – лінійна залежність σ_s, σ_b від \bar{M} до $M_{роз} = 0$

Залишкові напруження в арматурі і бетону під час неповних розвантажень дорівнюють

$$\sigma_s^{M_{роз}} = (\sigma_s^{\bar{M}} - \sigma_s^0) \times \frac{M_{роз}}{\bar{M}} + \sigma_s^0, \quad (15)$$

$$\sigma_b^{M_{роз}} = (\sigma_b^{\bar{M}} + \sigma_b^0) \times \frac{M_{роз}}{\bar{M}} - \sigma_b^0, \quad (16)$$

де $\sigma_s^{M_{роз}}$ і $\sigma_b^{M_{роз}}$ – напруження в арматурі, бетону під час розвантаження із моменту \bar{M} до моменту зовнішніх сил “ $M_{роз}$ ”; $\sigma_s^{\bar{M}}$ і $\sigma_b^{\bar{M}}$ – напруження в арматурі, бетону при моменті \bar{M} , з якого здійснюється розвантаження, визначають за (3), (4). σ_s^0 і σ_b^0 – залишкові напруження в арматурі, бетону під час повного розвантаження, із моменту \bar{M} , визначають за формулами (11) і (12).

**Експериментальні і теоретичні значення
деформацій арматури і бетону стиснутої зони**

Група балок, коefficient армування	Номер балки	Рівень заванта- ження $\kappa = \frac{M}{M_p}$ Рівень розванта- ження $\kappa = \frac{M_{роз}}{M_p}$	Момент завантаження Момент розванта- ження	Середні деформації арматури $\varepsilon_{sm} 1 \times 10^{-5}$		Середні деформації бетону $\varepsilon_{bm} 1 \times 10^{-5}$	
				<i>Експериментальні Розрахункові</i>			
				При наван- таженні, витримці 230 діб $\varepsilon_{sm}, \varepsilon_{sm}(t)$	Залишкові при розвантаженні $\varepsilon_{sm}^0, \varepsilon_{sm}^{M_{роз}}$	При наван- таженні, витримці 230 діб $\varepsilon_{bm}, \varepsilon_{bm}(t)$	Залишкові при розвантаженні $\varepsilon_{bm}^0, \varepsilon_{bm}^{M_{роз}}$
I $\mu = 0.0084$ лист $\delta=2$ мм	Бк-1	$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{8820}{4900}$	$\frac{52.0}{67.0}$	$\frac{44.7}{43.4}$	$\frac{22.4}{35.0}$	$\frac{13.7}{12.9}$
		$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{8820}{4900}$	$\frac{65.0}{75.5}$	$\frac{50.0}{48.3}$	$\frac{57.5}{60.6}$	$\frac{45.0}{51.3}$
	Б-2	$\frac{0.56}{0}$	$\frac{8820}{0}$	$\frac{67.0}{75.5}$	$\frac{19.0}{14.5}$	$\frac{61.0}{60.6}$	$\frac{42.0}{41.9}$
II $\mu = 0.0169$ лист $\delta=4$ мм	Бк-3	$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{130.0}{119.7}$	$\frac{60.0}{62.8}$	$\frac{131.0}{128.5}$	$\frac{77.0}{79.0}$
		$\frac{0.56}{0}$	$\frac{17907}{0}$	$\frac{91.5}{92.0}$	$\frac{13.0}{15.8}$	$\frac{127.0}{129.0}$	$\frac{59.0}{67.0}$
	Б-4	$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{17907}{9800}$	$\frac{94.0}{92.0}$	$\frac{54.0}{56.3}$	$\frac{130.0}{129.0}$	$\frac{87.0}{90.9}$
		$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{131.0}{121.0}$	$\frac{73.0}{63.5}$	$\frac{194.0}{202.0}$	$\frac{142.0}{144.1}$

Відповідно залишкові напруження в арматурі і бетоні під час неповних розвантажень після тривалого навантаження на основі рівностей (15) і (16) приймуть такий вигляд:

$$\sigma_{s(t)}^{M_{роз}} = (\sigma_{s(t)}^{\bar{M}(t)} - \sigma_{s(t)}^0) \times \frac{M_{роз}}{\bar{M}(t)} + \sigma_{s(t)}^0, \quad (17)$$

$$\sigma_{b(t)}^{M_{роз}} = (\sigma_{b(t)}^{\bar{M}} + \sigma_{b(t)}^0) \times \frac{M_{роз}}{\bar{M}(t)} - \sigma_{b(t)}^0. \quad (18)$$

При $M_{роз}=0$ чи $M_{роз}(t)=0$ $\sigma_s^{M_{роз}} = \sigma_s^0$ буде повне розвантаження, а при $M_{роз} = \bar{M}$ розвантаження немає: $\sigma_s^{M_{роз}} = \sigma_s^{\bar{M}}$. Заміна при розвантаженнях нелінійного графіка зміни напружень в арматурі на лінійний не призводить до суттєвих помилок при розвантаженнях із рівнів, нижчих 0,8 M_p , але значно спрощує розрахунки. Це підкреслюють і досліди різнорежимних навантажень згинаних елементів [1, 5]. Згідно зі зміною № 1 до СНиП 2.03.01-84 для згинаних елементів із тріщинами в розтягнутій зоні розрахункові відносні деформації в напрямку поздовжньої осі визначали за формулою

$$\varepsilon = \frac{M \psi_s}{z A_s E_s} \left(\frac{y}{h_0 - x} - 1 \right) = \frac{\sigma_s}{E_s} \left(\frac{y_s}{h_0 - x} - 1 \right); \quad (19)$$

де y_s – віддаль від волокна, яке розглядається до центра ваги арматури s.

У табл. 1, 2 наведені експериментальні і розрахункові значення деформацій і напружень в розтягнутій арматурі і бетоні стиснутої зони (крайові) при діючих моментах та після розвантаження

через одну годину після розвантаження. При повних розвантаженнях, залишкові розтягуючі напруження в арматурі балок Б-2, Б-3 становлять відповідно 39,9 МПа і 27,3 МПа. У верхніх волокнах бетону стиснутої зони бетону розтягуючі напруження дорівнюють 0,77 МПа в балці Б-2 і 1,14 МПа в балці Б-3. В експерименті отримано більші залишкові напруження в арматурі в балках із меншим відсотком армування, а розтягуючі напруження в крайових волокнах бетону стиснутої зони навпаки.

Поки важко розділити, яка частка залишкових напружень в арматурі пов'язана із незворотними деформаціями стиснутої зони бетону, а яка спричинена тріщиноутворенням і незворотними деформаціями бетону розтягнутої зони. Але при навантаженні і розвантаженнях роль розтягнутого бетону над і між тріщинами на розтягнуту арматуру більша в балках із меншим відсотком армування. Експериментально підтверджено, що залишкові напруження в арматурі при повних розвантаженнях залежать від величини армування та рівня навантаження, з якого проводиться розвантаження. Більший рівень навантаження до розвантаження сприяє розвитку пластичних деформацій в стиснутому і розтягнутому бетоні та розвитку тріщин, які стримують повернення арматури до початкового положення. За однакового відсотка армування залишкові напруження в арматурі більші в балках, в яких рівень завантаження більший до розвантаження.

Експериментальні значення залишкових напружень в розтягнутій арматурі при неповних розвантаженнях більші від розрахункових на 3,9 % в малоармованих балках першої групи, і більші на 4,7 % і 13 % в балках другої групи із більшим армуванням. При повних розвантаженнях експериментальні значення залишкових напружень в розтягнутій арматурі більші від розрахункових на 31 % і менші на 21 %, оскільки порівнюються малі величини.

Таблиця 2

Експериментальні і розрахункові значення напружень в арматурі і бетону стиснутої зони

Група балок, коефіцієнт армування	Номер балки	Рівень завантаження $\kappa = \frac{M}{M_p}$ Рівень розвантаження $\kappa = \frac{M_{роз}}{M_p}$	Момент завантаження Момент розвантаження	Напруження в арматурі $\sigma_{sm} 1 \times 10^{-5}$		Напруження в бетоні стиснутої зони $\sigma_{bm} 1 \times 10^{-5}$	
				<i>Експериментальні</i>			
				<i>Розрахункові</i>			
				При навантаженні σ_{sm} , витримці 230 діб $\sigma_{sm}(t)$	Залишкові після розвантаження $\sigma_{sm}^0, \sigma_{sm}^{M_{роз}}$	При завантаженні σ_{bm} , витримці 230 діб $\sigma_{bm}(t)$	Залишкові після розвантаження $\sigma_{bm}^0, \sigma_{bm}^{M_{роз}}$
I $\mu = 0.0084$ лист $\delta=2$ мм	Бк-1	$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{8820}{4900}$	$\frac{109.2}{140.7}$	$\frac{93.8}{91.1}$	$\frac{3.26}{5.12}$	$\frac{1.98}{2.82}$
		$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{8820}{4900}$	$\frac{136.5}{158.5}$	$\frac{105.0}{101.4}$	$\frac{4.85}{5.11}$	$\frac{2.51}{2.65}$
	Б-1	$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{8820}{4900}$	$\frac{140.7}{158.5}$	$\frac{39.9}{30.4}$	$\frac{5.14}{5.11}$	$\frac{-0.77}{-0.76}$
		$\frac{0.56}{0}$	$\frac{8820}{0}$	$\frac{140.7}{158.5}$	$\frac{39.9}{30.4}$	$\frac{5.14}{5.11}$	$\frac{-0.77}{-0.76}$
	Б-2	$\frac{0.56}{0}$	$\frac{8820}{0}$	$\frac{140.7}{158.5}$	$\frac{39.9}{30.4}$	$\frac{5.14}{5.11}$	$\frac{-0.77}{-0.76}$
		$\frac{0.56}{0}$	$\frac{8820}{0}$	$\frac{140.7}{158.5}$	$\frac{39.9}{30.4}$	$\frac{5.14}{5.11}$	$\frac{-0.77}{-0.76}$
II $\mu = 0.0169$ лист $\delta=4$ мм	Бк-3	$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{273.0}{251.3}$	$\frac{126.0}{131.8}$	$\frac{12.58}{12.36}$	$\frac{3.94}{3.89}$
		$\frac{0.56}{0}$	$\frac{17907}{0}$	$\frac{192.1}{193.2}$	$\frac{27.3}{33.1}$	$\frac{8.73}{8.57}$	$\frac{-1.14}{-1.17}$
	Б-3	$\frac{0.56}{0}$	$\frac{17907}{0}$	$\frac{192.1}{193.2}$	$\frac{27.3}{33.1}$	$\frac{8.73}{8.57}$	$\frac{-1.14}{-1.17}$
		$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{17907}{9800}$	$\frac{197.4}{193.2}$	$\frac{113.4}{118.2}$	$\frac{8.47}{8.60}$	$\frac{3.90}{3.93}$
	Б-4	$\frac{0.56}{0.31}$	$\frac{17907}{9800}$	$\frac{197.4}{193.2}$	$\frac{113.4}{118.2}$	$\frac{8.47}{8.60}$	$\frac{3.90}{3.93}$
		$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{275.1}{254.1}$	$\frac{153.3}{133.3}$	$\frac{11.79}{12.28}$	$\frac{3.63}{3.73}$
	Б-5	$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{275.1}{254.1}$	$\frac{153.3}{133.3}$	$\frac{11.79}{12.28}$	$\frac{3.63}{3.73}$
		$\frac{0.76}{0.31}$	$\frac{24500}{9800}$	$\frac{275.1}{254.1}$	$\frac{153.3}{133.3}$	$\frac{11.79}{12.28}$	$\frac{3.63}{3.73}$

Примітка: розрахункові значення напружень одержані за замірними на базі 400 мм деформаціями і визначені $\sigma_{sm} = \varepsilon_{sm} E_s$, $\sigma_{bm} = \varepsilon_{bm} E_b \nu$

Висновки

1. Вимоги норм максимального розвантаження згинаних елементів перед підсиленням та визначення їх напруженого стану до підсилення можна забезпечити запропонованою методикою визначення залишкового напруженого стану під час розвантажень.

2. Залишкові напруження, деформації в арматурі і бетоні стиснутої зони залежать від відсотка армування та рівня навантаження, з якого проводиться розвантаження.

3. При неповних розвантаженнях, величина залишкових напружень, деформацій складається із незворотних напружень, деформацій, зумовлених тріщиноутворенням та пластичними деформаціями бетону стиснутої і розтягнутої зони, а також пружних, пропорційних рівню розвантаження.

1. Карпенко Н.И., Ерьшев В.А., Исследование деформаций железобетонных балочных плит на ветвях разгрузки. // Сб. Прочностные и деформационные характеристики элементов бетонных и железобетонных конструкций. НИИЖБ, Госстроя СССР. М.; 1981 – с. 106–127. 2. Крамарчук А.П. Влияние залишкового напруженого стану перед постановкою додаткової арматури на міцність сталобетонних згинаних елементів. // Зб. Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Вісник ДонДАБА, 2004(2) 44 – С. 90–98. 3. Клименко Ф.Є. Сталобетонні конструкції із зовнішнім полосовим армуванням. – К.: Будівельник, 1984. – с. 3–20. 4. Климов Ю.А., Гольшев А.Б. Изменение №1 к СНиП 2.03.01–84* “Бетонные и железобетонные конструкции”. // Будівництво України, 1996, № 3, – с. 44–47. 5. Крылов С.М., Чижевский В.В. Особенности деформирования изгибаемых железобетонных элементов при разгрузках и повторных нагружениях. // Сб. исследование железобетонных конструкций при статических повторных и динамических воздействиях М; НИИЖБ, 1984, – С. 71–81. 6. Ремонт і підсилення несучих та огорожуючих будівельних конструкцій і основ промислових будинків і споруд. ДБН В.1.–1–2002. Держкомітет України з будівництва і архітектури. – К, 2003, – с. 1–22.

УДК 624.014.2

М.Р. Більський, М.В. Котів

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельного виробництва

РОБОТА СТАЛЕВИХ КОЛОН, ПОСИЛЕНИХ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

© Більський М.Р., Котів М.В., 2005

Наведені результати досліджень стійкості сталевих колон, посиленіх під навантаженням, і описаний експериментальний метод дослідження.

In this article deals with the results of research of steel columns stability intensified under the loading and describe experimental method of research.

Постановка проблеми і її актуальність. Збереження та реконструкція існуючих будинків та споруд, загальна маса металокопункцій в яких на Україні становить більше тридцяти мільйонів тонн, є однією з актуальних проблем. Це вимагає удосконалення традиційних методів посилення сталевих копункцій, з-поміж яких значною проблемою є посилення під навантаженням колон, стійок рам та інших елементів, що працюють на стиск. Проектування та розрахунок посилення таких елементів з використанням традиційних підходів пов'язане з перевитратами матеріалів і праці. Посилення напружуючими елементами дає можливість значно скоротити собівартість копункції будівель та споруд, що своєю чергою вимагає проведення спеціальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практика реконструкції підтвердила раціональність застосування попереднього напруження (напружуючих елементів) під час посилення металевих копункцій. Були проведені також експериментальні дослідження сталевих рам, посиленіх напружуючими телескопічними трубами, скісними елементами, а також окремих конструктивних елементів [2]. Результати роботи показали, що застосування напружуючих елементів дає можливість виконувати посилення під експлуатаційним навантаженням, і отримувати зниження металомісткості та