

28.Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1977. – 440 с.

29.СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.

30.Черепанов Г.М. Механика разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.

31.Шалимо М.А. Лабораторный практикум по технологии бетонных и железобетонных изделий. – Минск: Выс. шк., 1987. – 196 с.

32.Irwin G.R., Kies I.A. and Smith H.L. Fracture strength relative to onset and arrest of crack propagation. // Proc. Americ. Soc. Test. Mater., 1958/1959, 58. – Pp. 640-657.

33.Orowan E.O. Fundamentals of brittle behavior of metals in "Fatigue and Fracture of Metals", Wiley. N.-Y., 1950. – Pp. 139-167.

Получено 23.02.2007

УДК 624.012 : 539.4

М.О.ОВСІЙ

ПП «Будекспертиза», м.Полтава

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПЕРЕРІЗІВ, ЯКІ НОРМАЛЬНІ ДО ПОЗДОВЖНЬОЇ ОСІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ЗГІНАЮТЬСЯ І ПІДСИЛЕНІ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ ДОДАТКОВОЇ АРМАТУРИ В РОЗТЯГНЕНІЙ ЗОНІ, ЯКА ПРИВАРЕНА ДО ІСНУЮЧОЇ (ОСНОВНОЇ)

Наводиться метод розрахунку міцності перерізів, які нормальні до поздовжньої осі залізобетонних елементів, що згинаються і підсилені шляхом встановлення додаткової арматури в розтягненій зоні, яка приварюється до існуючої. Розрахунок міцності нормальних перерізів виконується з урахуванням передумов навантаження залізобетонного елемента, що підсилюється. Наведено приклад розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонної балки, яка підсилена в розтягненій зоні додатковими арматурними стержнями, які закріплюються до поздовжньої арматури за допомогою електродугового зварення.

На сьогодні підсилення розтягнених зон перерізів, які нормальні до поздовжньої осі залізобетонних елементів, що згинаються, виконуються методами, які наводяться в роботах [1-5] та ін.:

- ◆ шляхом встановлення додаткових елементів з арматурної сталі чи полімерних джутів і склотканини, які приварюються до існуючої переривистими зварними швами чи приклеюються на полімеррозчині до бетону;
- ◆ шляхом встановлення додаткових елементів із прокатного металу (листа, кутика, швелера, двотавра), які приварюються до існуючої поздовжньої арматури переривистими зварними швами чи приклеюються на полімеррозчині до бетону та закріплюються за допомогою додаткових анкерів;
- ◆ шляхом встановлення шпренгельних затяжок із прокатного металу (листа, кутика, швелера, двотавра) та арматурної сталі, які прива-

рюються до існуючої поздовжньої арматури переривистими зварними швами чи приклеюються на полімеррозчині до бетону та закріплюються за допомогою додаткових анкерів;

- ◆ шляхом улаштування монолітних залізобетонних обойми чи додаткового шару, який нарощується знизу елементів.

При підсиленні розтягненої зони перерізів залізобетонних елементів, що згинаються, додатковими арматурними стержнями, що приварюються в прольоті до існуючої поздовжньої арматури, виникають ряд факторів, які безпосередньо впливають на їх міцність та на сьогодні не враховуються при її розрахунку:

- ◆ рівень навантаження залізобетонного елемента, що підсилюється;
- ◆ міцнісні характеристики існуючої поздовжньої арматури елемента та додаткової, якою виконується підсилення його нормальних перерізів;
- ◆ пониження міцності перерізу існуючої поздовжньої арматури залізобетонних елементів, що згинаються, на ділянках приварення додаткової, яке пов'язане з електродуговим зваренням;
- ◆ перепад напруження в перерізі існуючої поздовжньої арматури поблизу місць обриву додаткової, який викликаний дією додаткового згинального моменту $M=N_s \times e$, в результаті якого переріз одночасно працює в пружно-пластичній та пластичній стадіях;
- ◆ нерівномірний розподіл зусиль між існуючою поздовжньою арматурою залізобетонного елемента, що згинається, і додатковою, за допомогою якої підсилюються його нормальні перерізи.

Тому на даному етапі виникла необхідність в розробленні методики розрахунку міцності перерізів, які нормальні до поздовжньої осі залізобетонних елементів, що згинаються і підсилені шляхом встановлення додаткової арматури в розтягненій зоні, яка приварюється до існуючої. Нова методика розрахунку елементів, що підсилюються, повинна враховувати вищезазначені фактори, які впливають на міцність їх нормальних перерізів.

Проблема, якій присвячена дана робота, нерозривно пов'язана з науковою темою "Розробка інженерних методів розрахунку міцності бетонних і залізобетонних елементів при складних неоднорідних напружено-деформованих станах на основі непружних ділатансійних моделей деформування бетону" (№ держреєстрації 0193 U 009184).

Дослідженню впливу пониження міцності, яке виникає при електродуговому зваренні арматурних стержнів, величини концентрації напруження поблизу перепаду перерізів та розподілу зусиль між довшим і коротким стержнями, які зварені між собою, присвячені роботи [6- 9].

У результаті експериментальних досліджень були отримані дані, які дозволили зробити наступні висновки про роботу складених (зварених по довжині між собою) арматурних стержнів [6, 7]:

- руйнування більшості зразків відбулося в перерізі біля краю обриву на відрізку довжиною $l=0\div 3d$ (де d – діаметр довшого арматурного стержня, який руйнується), де відбувається зміна структури металу довшого арматурного стержня під час електродугового зварення. Максимальне експериментальне значення коефіцієнта пониження міцності перерізів довшого арматурного стержня поблизу місць приварення додаткового при порівнянні з окремим, який не зазнав впливу електродугового зварення, склало на границі пластичності $\gamma_u=0,785\div 0,961$, на границі міцності – $\gamma_u=0,874\div 0,955$;
- у крайніх волокнах перерізу довшого арматурного стержня поблизу місця обриву коротшого при рівні навантаження $N/N_u=0,6\div 0,7$ виникає напруження, яке рівне границі пластичності, при цьому середні напруження становлять $\sigma_{cp}=0,6\times\sigma_T$. При рівнях навантаження $N/N_u\geq 0,6\div 0,7$ переріз складених арматурних стержнів поблизу місць зміни жорсткості працює в пружно-пластичній та пластичній стадіях. Максимальне експериментальне значення коефіцієнта концентрації напружень в перерізах складених арматурних стержнів поблизу місць зміни жорсткості склало $k_\sigma=\sigma_{max}/\sigma_{cp}=1,66\div 1,8$;
- розподіл поздовжнього зусилля N між довшим арматурним стержнем і додатковим відповідно склав при випробуванні складених (зварених між собою) стержнів окремо від 3:1 до 5:1 та при випробуванні їх в складі залізобетонних балок – від 1,5:1 до 3:1.

У результаті теоретичних досліджень, які були проведені в роботах [8, 9], був досліджений розподіл поздовжнього зусилля N між довшим арматурним стержнем і додатковим: відношення відповідно склало від 3:1 до 32:1.

Дослідженню міцності, жорсткості та тріщиностійкості залізобетонних елементів, що згинаються і підсилені різними методами нарощування розтягнутої зони, присвячені роботи науковців А.Я.Барашикова, М.Блалі, В.М.Колякової [10, 11], Б.А.Боярчука [12], А.Касассбеа [13], З.Я.Бліхарського, Я.В.Римара [14, 15] та ін. У роботах [14, 15] наводяться результати експериментальних досліджень міцності та характеру руйнування залізобетонних балок, які підсилені при дії навантаження різного рівня шляхом нарощування робочої арматури додатковими стержнями, що з'єднувалися за допомогою руч-

ного електродугового зварювання переривистими швами довжиною 100 мм. Автори роботи [15] відзначають, що теоретичні величини міцності підсиленних під навантаженням залізобетонних балок, які визначені згідно діючих норм, перевищують експериментальні значення на величину до 11,1%, що в свою чергу завищує теоретичну несучу здатність таких конструкцій. З.Я.Бліхарський і Я.В.Римар у роботах [14, 15] також зазначають, що методика розрахунку залізобетонних балок, які підсилені при дії навантаження різного рівня шляхом нарощування робочої арматури додатковою, потребує уточнення.

Метою даної статті є розробка методики розрахунку міцності перерізів, які нормальні до поздовжньої осі залізобетонних елементів, що згинаються і підсилені шляхом встановлення додаткової арматури в розтягненій зоні, яка приварюється до існуючої. Розроблена методика повинна враховувати передумови навантаження залізобетонних елементів, що підсилюються, а також усі вищезазначені фактори, які впливають на міцність їх нормальних перерізів.

Розрахунок площі перерізу додаткової арматури ($A_{s,d}$) визначаємо за формулою

$$A_{s,d} = (A_{s,red} - A_s) \times R_s / R_{s,d}. \quad (1)$$

Тут A_s – площа перерізу арматури розтягнутої зони елемента, що підсилюється; $R_s, R_{s,d}$ – розрахункові опори на розтяг відповідно існуючої поздовжньої арматури елемента, що підсилюється, та додаткової; $A_{s,red}$ – загальна приведена площа перерізу арматури розтягнутої зони, яка визначається за формулою

$$A_{s,red} = [B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}] / 2A. \quad (2)$$

Тут $A = R_s^2 / (2bR_b)$; $B = R_s[h_{0,red} + R_{sc}A_s' / (R_b b)]$;

$C = M_{red} + R_{sc}A_s' [R_{sc}A_s' / (2R_b b) - a_s' + 2h_{0,red}]$;

при $A_s' = 0$ $A = R_s^2 / (2bR_b)$; $B = R_s h_{0,red}$; $C = M_{red}$,

де M_{red} – максимальний розрахунковий момент, який діє в нормальному перерізі залізобетонного елемента, що підсилюється; R_b – розрахунковий опір бетону на стиск, з якого виготовлений залізобетонний елемент; b – ширина прямокутного перерізу елемента, що підсилюється; A_s' – поперечний переріз арматури, яка розташована в стисненій зоні залізобетонного елемента, що підсилюється; R_{sc} – розрахунковий опір на розтяг арматури елемента, яка розташована в стисненій зоні елемента, що підсилюється; a_s' – відстань від центра ваги поздовжньої арматури, яка розташована в стисненій зоні перерізу залізобетонного елемента, до верхньої його грані; $h_{0,red}$ – приведена

робоча висота прямокутного перерізу залізобетонного елемента, яка приймається при попередньому розрахунку $A_{s,red}$ значенню $h_{0,red}=h_{0d}$, а при розрахунку несучої здатності підсиленого елемента визначається за формулою

$$h_{0,red}=h_0 \times R_{sd} A_{sd} / (R_s A_{s,red}) \times (h_{0d} - h_0) = h_0 \times (A_{s,red} - A_s) / A_{s,red} \times (h_{0d} - h_0). \quad (3)$$

Тут h_0 , h_{0d} – робоча висота перерізу елемента відповідно від центра ваги перерізу існуючої поздовжньої розтягнутої арматури і додаткової до найбільш віддаленої стисненої грані.

Перевірку міцності нормальних до поздовжньої осі перерізів залізобетонного елемента на ділянках, що підсилюються шляхом встановлення додаткової арматури в розтягненій зоні, з урахуванням передумов завантаження виконуємо за формулою

$$M_{red} \leq R b b x_{red} \times (h_0 - x_{red} / 2) + R_{sc} A_s' (h_0 - a_s') + \sigma_{sd} A_{sd} \times (h_{0d} - h_0), \quad (4)$$

де x_{red} – висота стисненої зони перерізу залізобетонного елемента, що підсилюється, яка визначається за формулою

$$x_{red} = [\sigma_{su} A_s + \sigma_{sd} A_{sd} - R_{sc} A_s'] / (R_b b), \quad (5)$$

де σ_{su} , σ_{sd} – відповідно напруження в основній (існуючій) та додатковій поздовжній арматурі залізобетонного елемента, яка розташована в розтягненій зоні перерізу, визначаються за формулами:

$$\text{при } \sigma_s + R_{sd} < \gamma_u \sigma_u; \quad \sigma_{su} = \sigma_s + R_{sd}; \quad \sigma_{sd} = R_{sd}; \quad (6)$$

$$\text{при } \sigma_s + R_{sd} \geq \gamma_u \sigma_u; \quad \sigma_{su} = \gamma_u \sigma_u; \quad \sigma_{sd} = \gamma_u \sigma_u - \sigma_s; \quad (7)$$

γ_u – коефіцієнт пониження межі міцності металу, який враховує умови роботи перерізу арматури після впливу на нього електродугового зварення, приймаємо $\gamma_u = 0,9$. На ділянках арматури, перерізи яких не зазнали впливу електродугового зварення приймаємо $\gamma_u = 1,0$; σ_u – напруження в основній (існуючій) поздовжній арматурі елемента на межі міцності; σ_s – напруження в основній (існуючій) поздовжній арматурі елемента на момент його підсилення при дії вигинального моменту від експлуатаційного навантаження ($M_{експл}$), визначається за формулами:

$$\text{при } M_{експл} \leq M_{крс}; \quad \sigma_s = \alpha_s M_{експл} / W_{pl}; \quad (8)$$

$$\text{при } M_{експл} > M_{крс}; \quad \sigma_s = \psi_s M_{експл} / (A_s z), \quad (9)$$

де $M_{крс}$ – момент, що сприймає переріз, який нормальний до поздовжньої осі елемента, при утворенні тріщин, визначається за формулою (125) [16]; W_{pl} – момент опору приведеного перерізу, нормального до поздовжньої осі елемента, визначаємо за формулою (138) [16]; z – відстань від центра ваги площі перерізу основної (існуючої) поздовжньої арматури до точки прикладення рівнодіючої зусиль в стисненій

зоні перерізу елемента над тріщиною визначається за формулою (166) [16]; Ψ_s – коефіцієнт, що враховує роботу розтягнутого бетону на ділянці з тріщинами і визначається за формулою (167) [16]; $\alpha_s = E_s/E_b$ – коефіцієнт приведення напруження в арматурі S елемента до напруження в бетоні.

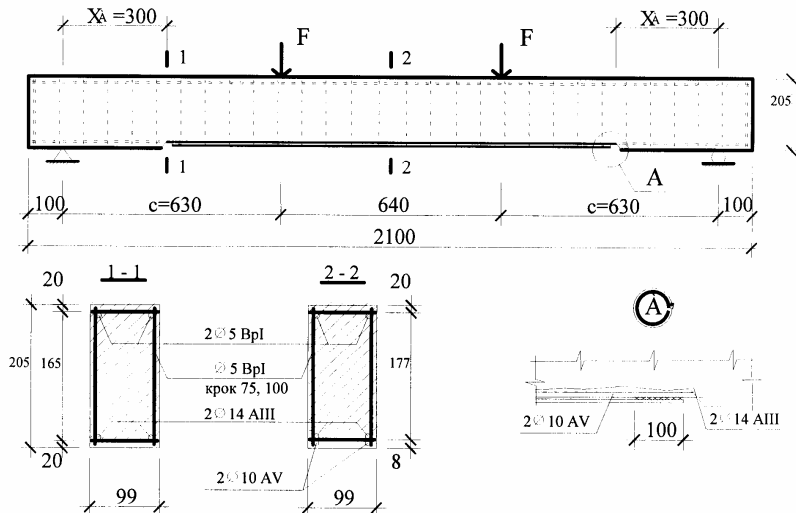
Перевірку міцності нормальних до поздовжньої осі перерізів залізобетонного елемента поблизу місць обриву додаткової арматури, за допомогою якої здійснюється його підсилення, виконуємо за формулою

$$M_{red(1-1)} \leq \gamma_u \sigma_u A_s z / k_{\sigma}, \quad (10)$$

де $M_{red(1-1)}$ – момент, який сприймає нормальний переріз (1-1) залізобетонного елемента поблизу місця обриву (приварення до основної) додаткової арматури, за допомогою якої виконується підсилення, який визначається залежно від схеми навантаження елемента на момент дії на нього вигинального моменту M_{red} ; k_{σ} – коефіцієнт концентрації напруження, який враховує роботу перерізу поздовжньої арматури на ділянках зміни її жорсткості (перерізу), приймаємо для перерізів поблизу місць нарощування поздовжньої арматури, яка безпосередньо приварюється до основної за допомогою переривистих зварних швів, рівним $k_{\sigma}=1,6$, а для перерізів поблизу місць включення в роботу додаткової арматури за допомогою арматурних “коротишів” – $k_{\sigma}=1,8$.

Приклад. Дано: залізобетонна балка довжиною $L=2,1$ м, з розмірами поперечного перерізу $h \times b=205 \times 99$ мм, яка виготовлена з важкого бетону класу В40 ($R_{b,ser}=45,1$ МПа, $R_{bt,ser}=2,1$ МПа, $E_b=36 \times 10^3$ МПа) і армована в стисненій зоні арматурою $2\varnothing 5$ мм, класу Вр-I ($A_s'=0,393$ см²; $R_{sc}=410$ МПа; $E_{sc}=1,7 \times 10^5$ МПа), в розтягненій зоні перерізу арматурою $2\varnothing 14$ мм, класу А-III ($A_s=3,08$ см²; $R_s=460$ МПа; $\sigma_u=602$ МПа; $E_s=2 \times 10^5$ МПа). Підсилення розтягнутої зони перерізу балки виконано арматурою $2\varnothing 10$ мм, класу А600 (А-IV) ($A_{sd}=1,57$ см²; $R_{sd}=659$ МПа, $E_{sd}=1,9 \times 10^5$ МПа), яка приварюється переривистими зварними швами до основної арматури $\varnothing 14$ мм. Місце обриву додаткової арматури розташоване на відстані $x_A=300$ мм від опор балки. Балка навантажена симетрично в середині прогону двома зосередженими зусиллями, які розташовані на відстані $c=630$ мм від опор, розрахункова довжина прогону балки становить $L_0=1,9$ м. Значення експлуатаційного моменту, при якому проводиться підсилення балки, становить $M_{екпл}=21,18$ кН×м. Значення величин a_s , a_s' , a_{sd} становить $a_s=a_s'=20$ мм, $a_{sd}=8$ мм.

Необходимо визначити несучу здатність перерізів, нормальних до поздовжньої осі балки, яка підсилена в розтягненій зоні додатковою арматурою, яка приварена до основної поздовжньої.



Розрахункова схема балки

Рішення: Визначаємо за формулою (9) величину напруження в основній розтягненій поздовжній арматурі S при дії експлуатаційного моменту $M_{\text{експл}}=21,18 \text{ кН}\cdot\text{м}$:

$$\sigma_s = \psi_s M_{\text{експл}} / (A_s z) = 21,18 \times 10^5 \times 1,0 / (3,08 \times 16,13) = 42632,5 \text{ Н/см}^2 = 426,3 \text{ МПа},$$

де $\psi_s = 1,25 - \phi_s$; $\phi_m = 1,25 - 1,1 \times 0,117 = 1,12 > 1,0$; приймаємо $\psi_s = 1,0$; за формулою (168) [16]

$$\phi_m = R_{bt, \text{сер}} W_{pl} / M_{\text{експл}} = 210 \times 1188,7 / (21,18 \times 10^5) = 0,117;$$

за формулою (24) [16] $W_{pl} = bh^2 / 3,5 = 9,9 \times 20,5^2 / 3,5 = 1188,7 \text{ см}^3$;

$z = h_0 \times [1 - (a_s / h_0 \times \phi_r + \xi^2 / 2)] / (\phi_r + \xi) = 18,5 \times [1 - (2 / 18,5 \times 0,01125 + 0,258^2 / 2)] / (0,258 + 0,01125) = 16,13 \text{ см}$, де усі значення коефіцієнтів визначалися:

за формулою (164) [16]

$$\phi_r = [\alpha_s' A_s' / (2v)] / (bh_0) = [4,72 \times 0,393 / (2 \times 0,45)] / (9,9 \times 18,5) = 0,01125;$$

$$v = 0,45 \text{ за табл. 45 [16]; } \alpha_s' = E_{sc} / E_b = 1,7 \times 10^5 / 0,36 \times 10^5 = 4,72;$$

$$h_0 = h - a_s = 20,5 - 2 = 18,5 \text{ см};$$

за формулою (161) [16]

$$\xi = 1 / \{ \beta + [1 + 5(\delta + \lambda)] / (10\mu\alpha_s) \} = 1 / \{ 1,8 + [1 + 5 \times (0,1386 + 0,01)] / (10 \times 0,0151 \times 5,55) \} = 0,258;$$

$$\lambda = \varphi_f (1 - a_s' / h_0) = 0,01125 \times (1 - 2 / 18,5) = 0,01;$$

$$\alpha_s = E_s / E_b = 2 \times 10^5 / (0,36 \times 10^5) = 5,55; \mu = A_s / bh = 3,08 / (9,9 \times 20,5) = 0,0151;$$

$$\beta = 1,8 \text{ відповідно п.4.28 [16];}$$

$$\delta = M_{\text{експл}} / (bh_0^2 R_{b,\text{сер}}) = 21,18 \times 10^5 / (9,9 \times 18,5^2 \times 4510) = 0,1386.$$

Визначаємо за формулами (6), (7) величину напруження в основній розтягненій поздовжній арматурі S та в додатковій S_d при максимальній несучій здатності балки при умові

$$\sigma_s + R_{sd} = 426,3 + 659 = 1085,3 \text{ МПа} > \gamma_u \sigma_u = 1,0 \times 602 = 602 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{su} = \gamma_u \sigma_u = 602 \text{ МПа}; \quad \sigma_{sd} = \gamma_u \sigma_u - \sigma_s = 1,0 \times 602 - 426,3 = 175,7 \text{ МПа}.$$

Визначаємо за формулою (5) висоту стисненої зони бетону перерізу, нормального до поздовжньої осі балки, на ділянці, яка підсилена в розтягненій зоні шляхом встановлення додаткової арматури:

$$x_{\text{red}} = [\sigma_{su} A_s + \sigma_{sd} A_{sd} - R_{sc} A_s'] / (R_{b,\text{сер}} b) = (602 \times 3,08 + 175,7 \times 1,57 - 0,393 \times 410) / (45,1 \times 9,9) = 4,41 \text{ см}; \quad \text{перевіряємо умову } x_{\text{red}} / h_{0,d} \leq \xi_R:$$

$$x_{\text{red}} / h_{0,d} = 4,41 / 19,7 = 0,223 \leq \xi_R = \omega / [1 + \sigma_{sR} / \sigma_{sc,u} (1 - \omega / 1,1)] = 0,4892 / [1 + 460 / 500 \times (1 - 0,4892 / 1,1)] = 0,323, \text{ умова задовольняється,}$$

$$\omega = \alpha - 0,008 R_b = 0,85 - 0,008 \times 45,1 = 0,4892.$$

Визначаємо за формулою (4) несучу здатність нормальних до поздовжньої осі перерізів залізобетонної балки на ділянках, що підсилюються шляхом встановлення додаткової арматури в розтягненій зоні:

$$M_{\text{red}} = R_{b,\text{сер}} b x_{\text{red}} \times (h_0 - x_{\text{red}} / 2) + R_{sc} A_s' (h_0 - a_s') + \sigma_{sd} A_{sd} \times (h_{0,d} - h_0) = 4510 \times 9,9 \times 4,41 \times (18,5 - 4,41 / 2) + 41000 \times 0,393 \times (18,5 - 2) + 175,7 \times 1,57 \times (19,7 - 18,5) = 3474715,07 \text{ Н} \times \text{см} = 34,75 \text{ кН} \times \text{м},$$

$$\text{де } h_{0,d} = h - a_{s,d} = 20,5 - 0,8 = 19,7 \text{ см}.$$

Визначаємо напруження в крайньому волокні перерізу основної поздовжньої арматури S в перерізах (1-1) залізобетонної балки поблизу місць обриву додаткової арматури S_d при дії на середині прогону балки згинального моменту $M_{\text{red}} = 34,75 \text{ кН} \times \text{м}$:

$$\sigma_{s(1-1)} = \kappa_{\sigma} M_{\text{red}(1-1)} / (A_s z) \leq \gamma_y R_s; \quad (11)$$

$$\sigma_{s(1-1)} = \kappa_{\sigma} M_{\text{red}(1-1)} / (A_s z) = 1,6 \times 16,54 \times 10^5 / (3,08 \times 16,02) = 53634,25 \text{ Н} \times \text{см} = 536,34 \text{ МПа} > \gamma_y R_s = 0,88 \times 460 = 404,8 \text{ МПа}, \text{ переріз основної поздовжньої арматури } S \text{ в перерізі (1-1) балки працює в пружно-пластичній стадії,}$$

де γ_y – коефіцієнт пониження межі пластичності металу, який враховує умови роботи перерізу арматури після впливу на нього електродугового зварення, приймаємо $\gamma_y=0,88$. На ділянках арматури, перерізи яких не зазнали впливу електродугового зварення приймаємо $\gamma_y=1,0$;

$z=h_0 \times [1 - (a_s / h_0 \times \varphi_r + \xi^2 / 2) / (\varphi_r + \xi)] = 18,5 \times [1 - (2 / 18,5 \times 0,01125 + 0,27^2 / 2) / (0,27 + 0,01125)] = 16,02$ см, де значення коефіцієнта ξ визначали: за формулою (161) [16] $\xi = 1 / \{\beta + [1 + 5(\delta + \lambda)] / (10\mu\alpha_s)\} = 1 / \{1,8 + [1 + 5 \times (0,1082 + 0,01)] / (10 \times 0,0151 \times 5,55)\} = 0,27$;

при $\delta = M_{red(1-1)} / (bh_0^2 R_{b,ser}) = 16,54 \times 10^5 / (9,9 \times 18,5^2 \times 4510) = 0,1082$,

де $M_{red(1-1)}$ – момент в перерізі (1-1), який проходить поблизу місць обриву додаткової поздовжньої арматури, при дії на середині прольоту балки згинального моменту $M_{red} = 34,75$ кН×м, визначаємо за формулою

$$M_{red(1-1)} = M_{red} \times x_A / c = 34,75 \times 0,3 / 0,63 = 16,54 \text{ кН}\times\text{м}.$$

Визначаємо значення згинального моменту на середині прогону балки по несучій здатності перерізу (1-1), який проходить поблизу місць обриву додаткової арматури, за умови досягнення в крайньому волокні основної поздовжньої арматури напруження границі міцності $\sigma_s = \gamma_u \sigma_u$:

$$M_{red} = \gamma_u \sigma_u A_s z c / (\kappa \sigma_{x_A}) = 0,9 \times 60200 \times 3,08 \times 16,02 \times 63 / (1,6 \times 30) = 3508742,85 \text{ Н}\times\text{см} = 35,08 \text{ кН}\times\text{м}.$$

Відношення теоретичної (розрахованої в прикладі) і експериментальної міцності балки марки БПа 3.1-0,75 $M_{u2}^{exp} = 35,36$ кН×м, геометричні та міцнісні характеристики якої приведено в роботах [14, 15], склало $M_{u2}^{exp} / M_{red,min} = 35,36 / 34,75 = 1,017$ (збіжність становить 1,72%).

Таким чином, запропонована методика дає можливість розраховувати залежно від передумов навантаження несучу здатність перерізів, нормальних до поздовжньої осі залізобетонних елементів, які підсилені шляхом встановлення в розтягненій зоні додаткової арматури, яка закріплюється до основної (існуючої) за допомогою переривистих зварних швів.

Метою подальших досліджень є розробка методик:

– розрахунку з урахуванням передумов навантаження міцності залізобетонних елементів, які згинаються і підсилені в розтягненій зоні шпренгельною затяжкою;

– розрахунку з урахуванням передумов навантаження міцності перерізів, похилих до поздовжньої осі залізобетонних елементів, які підсилені шляхом встановлення в розтягненій зоні додаткової арматури.

ри, яка закріплюється до основної (існуючої) за допомогою переривистих зварних швів.

1.ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожуючих будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд / Держбуд України.– К.: НДІБВ, 2003.– 82 с.

2.Реконструкция зданий и сооружений / А.Л.Шагин, Ю.В.Бондаренко, Д.Ф.Гончаренко, В.Б.Гончаров; Под ред. А.Л.Шагина. – М.: Высш. шк., 1991. – 352 с.

3.Гольшев А.Б., Ткаченко И.Н. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений.– К.: Логос, 2001. – 172 с.

4.Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений / НИИСК. – М.: Стройиздат, 1989. – 104 с.

5.Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ТГУ, 1992. – 456 с.

6.Митрофанов В.П., Овсій М.О. Експериментальне дослідження напружено-деформованого стану складених арматурних стержнів, випробуваних окремо і в складі залізобетонних балок // Збірник наукових праць (галузеve машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип.1. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1998. – С.53-62.

7.Дослідження міцності, жорсткості та тріщиностійкості згинаємих залізобетонних елементів, армованих складеними арматурними стержнями: Звіт про НДР (кінцевий) на загальну тему “Розробка інженерних методів розрахунку міцності бетонних і залізобетонних елементів при складних неоднорідних напружено-деформованих станах на основі непружних ділатансійних моделей деформування бетону” / Полт. техн. ун-т. – № держреєстрації 0193 У 009184; Інв. № 10/92. – Полтава, 1995. – 45 с.

8.Овсий Н.А., Шпак А.А. О распределении усилий в составных арматурных внецентренно-растянутых стержнях // Збірник наукових праць (галузеve машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип.6. Ч. 2. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 2000. – С.123-127.

9. Овсий М., Пашенко А. Застосування методу скінчених елементів до розрахунку складених арматурних стержнів залізобетонних балок // Сталезалізобетонні конструкції: проектування, будівництво, експлуатація: Зб. наук. статей (галузеve машинобудування, будівництво) / Криворізький техн. ун-т і Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Кривий Ріг: КТУ, 1998. – С.127-130.

10.Барашиков А.Я., Блалі М. Влияние способа усиления на прочность, трещиностойкость и прогибы железобетонных балок // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць УДУВГ та П. Вип.9. – Рівне: УДУВГ та П, 2003. – С.416-424.

11.Барашиков А.Я., Колякова В.М., Блалі М. Прогибы железобетонных балок после усиления растянутой зоны различными материалами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць НУВГ та П. Вип.13. – Рівне: НУВГ та П, 2005. – С.340-345.

12.Боярчук Б.А. Міцність, тріщиностійкість та деформації залізобетонних конструкцій при різних способах підсилення розтягнутої зони: Дис...канд. техн. наук: 05.23.01. – Луцьк, 2003. – 159 с.

13.Касассбех А. Прочность и деформативность усиленных и восстановленных полимербетоном железобетонных изгибаемых элементов: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – К., 1997. – 201 с.

14.Бліхарський З.Я., Римар Я.В. Експериментальні дослідження залізобетонних

балок, підсилених нарощуванням арматури // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць НУВГ та П. Вип.13. – Рівне: НУВГ та П, 2005. – С.346-351.

15.Бліхарський З.Я., Римар Я.В. Підсилення залізобетонних балок нарощуванням арматури під навантаженням // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць НУВГ та П. Вип.14. – Рівне: НУВГ та П, 2006. – С.449-454.

16.СНИП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.

Отримано 09.04.2007

УДК 691.328.43

Е.В.КОНДРАЩЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Т.А.КОСТЮК, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ВЛИЯНИЕ ФИБРОАРМИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА СМЕСЕЙ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

Приводятся сравнительные результаты испытаний основных физико-механических характеристик состава проникающего действия ВИАТРОН фиброармированного волокнами полипропилена, щелочестойкого стекла и без армирования.

В современном строительстве бетон и железобетон остаются основными конструкционными материалами, решающими разнообразные задачи строительного комплекса. Однако, за счет проницаемости структуры бетонного камня более 50% строительных конструкций разрушаются при воздействии агрессивных сред, что связано с ухудшающейся экологией и изношенностью большинства зданий и сооружений. Результатом является снижение таких их важнейших показателей, как прочность, морозостойкость, коррозионная стойкость, а, следовательно, и долговечность. По данным исследований развитых промышленных стран, размер потерь, связанных с коррозией строительных конструкций, составляет около 4% национального дохода.

С целью поддержания в рабочем состоянии ответственных конструкций зданий и сооружений в настоящее время стали активно применять ремонтные сухие строительные смеси. Номенклатура сухих строительных смесей на строительном отечественном рынке насчитывает более 100 наименований, многие из которых являются импортными и нуждаются в экспериментальном обосновании. Это связано с несопадением отечественных и зарубежных методик и нормативных оценок их физико-механических свойств.

При всех достоинствах импортных смесей, они имеют достаточно высокую стоимость и не всегда адаптированы к условиям отечествен-