

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

© Корсун А.В., 2010

Досліджено вплив непрямого армування на міцність та деформації стиснутих елементів із високоміцного модифікованого бетону. Запропоновано аналітичні вирази для опису деформацій елементів із високоміцних модифікованих бетонів з непрямым армуванням при осьовому стиску.

Ключові слова: високоміцний бетон, непряме армування, міцність, деформації.

Influence of confinement reinforcement on durability and strain of high-strength modified concrete compressed elements is researched in the article. Analytical expressions for the description of high-strength modified concrete elements deformations with confinement reinforcement at an axial compression are offered.

Keywords: high-strength concrete, confinement reinforcement, strength, strain.

Введение. Наиболее эффективным способом снижения массы конструкций, трудоемкости и стоимости их возведения является применение современных высокопрочных бетонов. Действенным способом повышения несущей способности сильно нагруженных колонн, а также участков конструкций при местном приложении нагрузки, в том числе преднапряженных пролетных конструкций мостов, является применение косвенного армирования, вопрос эффективности влияния которого на прочность и деформативность сжатых элементов из высокопрочного модифицированного бетона является недостаточно изученным.

Составы бетонов и конструкции опытных образцов. Исследования выполнены на образцах из высокопрочного бетона с органоминеральным модификатором МБ 10-01 [1] в количестве 20 % от массы цемента, содержащим микрокремнезем, золу-унос, суперпластификатор и регулятор твердения. Компоненты бетонной смеси: цемент – М500 ОАО “Балцем” – 490 кг/м³; песок кварцевый Краснолиманского песчаного карьера – 549 кг/м³; щебень гранитный Караньского карьера фракции 5...20 мм – 1100 кг/м³; воду водопроводную – 153 л/м³. Перемешивание бетонной смеси – в течение 10 мин в растворобетоносмесителе принудительного действия РБП-150. Бетонирование – в горизонтальном положении, уплотнение штыкованием и вибрированием не применялось. Выдерживание образцов – в формах в течение одних суток, последующее хранение – в течение 27 суток в помещении с температурой воздуха $t^{\circ} = +20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 90 %.

Характеристики бетонной смеси: объемный вес – 2400 кг/м³; осадка конуса ОК = 21 см; водоцементное отношение В/Ц = 0,31; водовяжущее – В / (Ц+МБ) = 0,26; песчаноцементное – П / (Ц+МБ) = 0,93.

Бетонные образцы – призмы размерами 150×150×600 и 250×250×650 мм. Железобетонные образцы представлены призмами размерами 150×150×600 мм и 250×250×650 мм, армированными поперечными сетками в сочетании с продольной арматурой.

Сетки косвенного армирования образцов сечением 150×150 мм – из арматуры Ø5Вр-I с ячейкой 40 мм, шаг сеток – 60 и 100 мм ($\mu_{cy} = 2,2$ и $1,3$ % соответственно). Продольная конструктивная арматура – 4Ø10А-III ($\mu_s = 1,4\%$).

Призмы сечением 250×250 мм армировались сетками из стержней Ø10А-III с размером ячейки 70 мм, шаг сеток – 60 и 100 мм ($\mu_{xy} = 5,0$ и $3,0$ % соответственно). Продольная конструктивная арматура – 4Ø14А-III ($\mu_s = 1,0$ %).

Измерение продольных и поперечных деформаций образцов при нагружении сжатием осуществлялось с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10 и МИГ-2 соответственно. База измерения продольных деформаций на призмах составляла 400 мм, поперечных деформаций – 150 и 250 мм соответственно для призм высотой 600 и 650 мм. Дополнительно производилось измерение деформаций стержней арматуры в сетках косвенного армирования.

Результаты экспериментальных исследований. Влияние косвенного армирования на прочность и деформации образцов-призм из модифицированного бетона оказалось аналогичным закономерностям, выявленным в исследованиях бетонов средней прочности [2, 3, 4], а именно: с повышением процента армирования увеличиваются показатели прочности и предельной сжимаемости по сравнению с неармированным бетоном. Для образцов-призм с ребром 150 мм ($\mu_{xy} = 1,3$ % и $2,2$ %) приведенная прочность $R_{b,red}$ увеличилась в среднем в 1,31 и 1,43 раза по сравнению с неармированным бетоном (рис. 1, а), а предельная сжимаемость $\overline{\varepsilon}_{sb}$ – в 1,41 и 1,75 раза соответственно (рис. 1, б). Для образцов-призм с ребром 250 мм ($\mu_{xy} = 3,0$ % и $5,0$ %) $R_{b,red}$ увеличилась, в среднем, в 1,41 и 1,48 раза по сравнению с неармированным бетоном (рис. 1, а), а предельная сжимаемость $\overline{\varepsilon}_{sb}$ – в 1,7 и 2,4 раза соответственно (рис. 1, б). Линейные относительные деформации стержней арматуры сеток косвенного армирования практически совпадали со значениями поперечных деформаций удлинения, измеренных по бетону призм до уровней нагружения, соответствующих $0,9 \cdot R_{b,red}$. При более высоких уровнях нагружения наблюдается опережающий рост деформаций удлинения в поперечном направлении у бетона по сравнению с величинами удлинений продольных стержней сеток косвенного армирования.

Предельные деформации поперечного удлинения по бетону непосредственно перед разрушением на 20÷40 % превысили деформации удлинения стержней сеток. Характер разрушения образцов-призм с повышением процента косвенного армирования имел более плавный характер с большей долей пластических деформаций. Разрушение сопровождалось сколами бетона – “лещадками” – за пределами контура сеток и текучестью с последующей потерей устойчивости продольной арматуры (рис. 2, б). В образцах, армированных сетками Ø5 Вр-I, наблюдались разрывы стержней арматуры в сетках.

Полученные экспериментальные данные о влиянии косвенного армирования на прочность и предельные деформации железобетонных элементов представлены на рис. 1. Подтверждена возможность применения формулы (48) СНиП [5] к расчету прочности элементов с косвенным армированием из высокопрочных бетонов классов В60÷В80 (рис. 1). Для аналитического описания деформаций железобетонных элементов из высокопрочного бетона с косвенным армированием предложено:

– модифицированное аналитическое выражение для определения предельных деформаций $\overline{\varepsilon}_{sb}$ элементов конструкций в зависимости от предельной сжимаемости бетона $\overline{\varepsilon}_b$ и интенсивности косвенного армирования на основе формулы Е.А. Чистякова [4]:

$$|\overline{\varepsilon}_{sb}| = \left(\overline{\varepsilon}_b + 18 \cdot \psi \right) \times 10^{-3}, \quad (1)$$

– модифицированное выражение на основе предложений [6] для описания диаграммы “ σ – ε ” элементов с косвенным армированием в виде полинома 3-й степени:

$$\eta_\sigma = a_1 \cdot \eta_\varepsilon + a_2 \cdot \eta_\varepsilon^2 + a_3 \cdot \eta_\varepsilon^3. \quad (2)$$

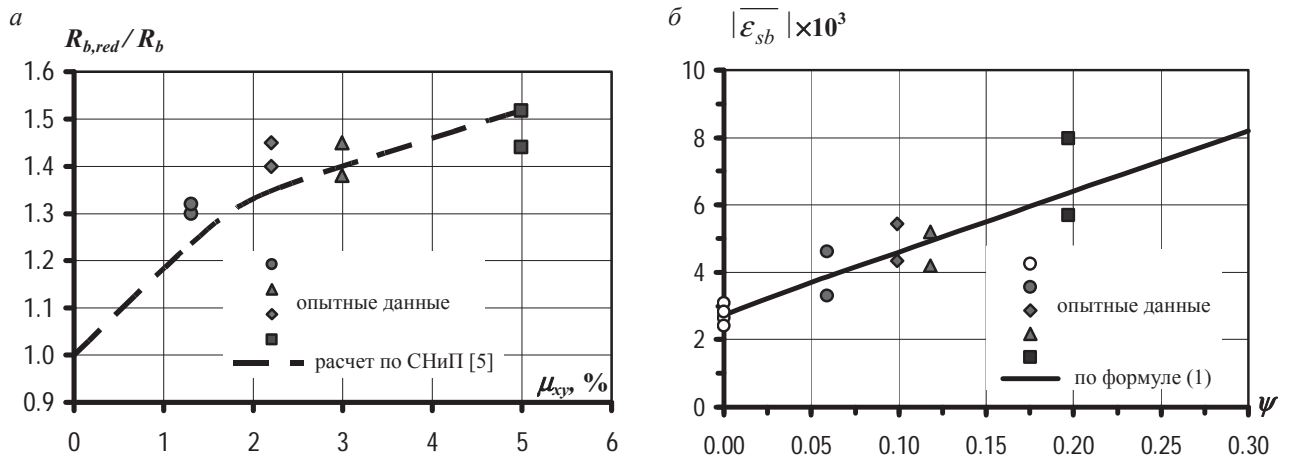
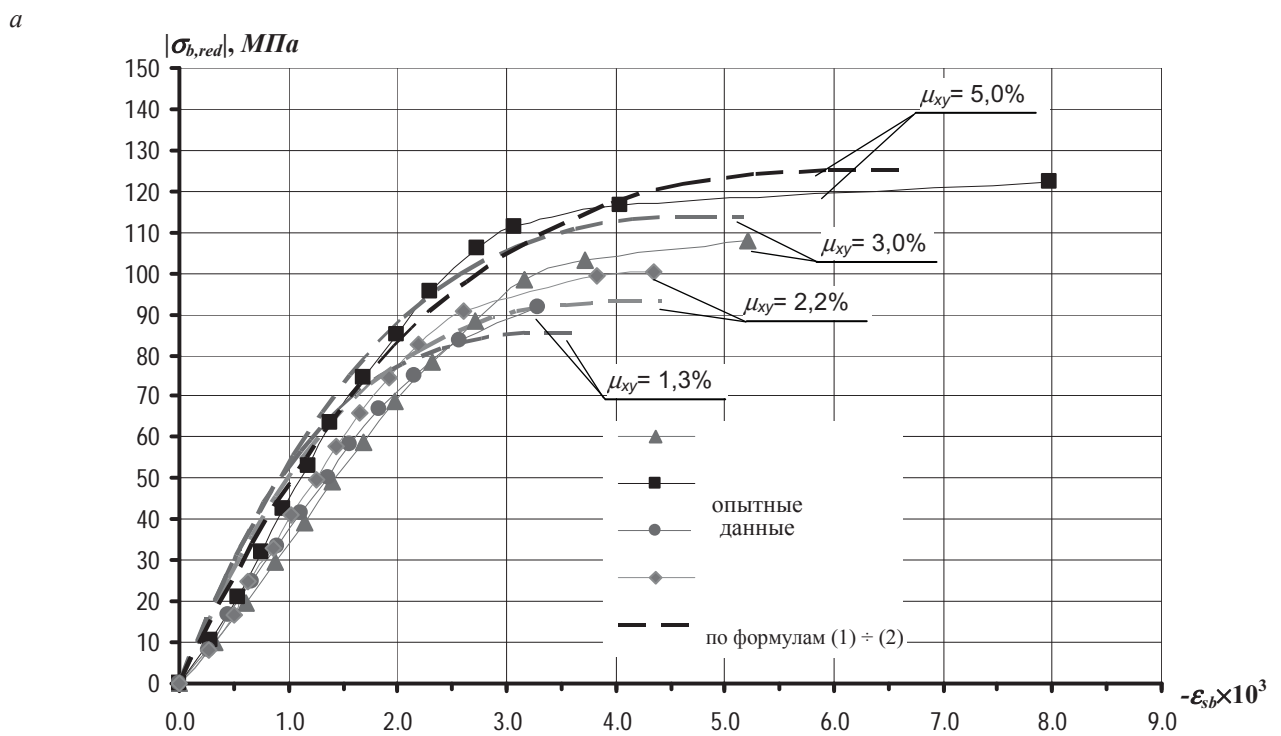


Рис. 1. Влияние косвенного армирования на приведенную прочность (а) и предельную сжимаемость (б) бетона



б

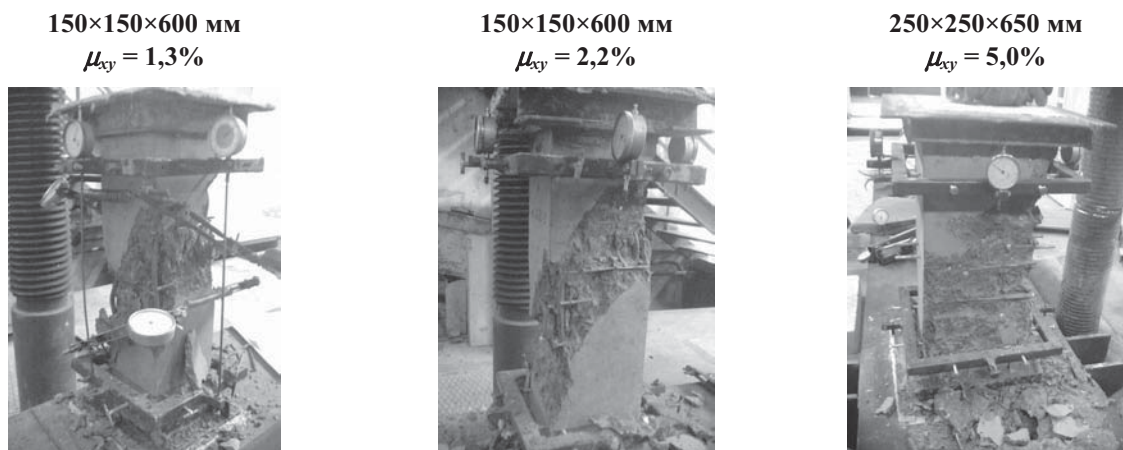


Рис. 2. Диаграммы деформирования (а) и фотоиллюстрации характера разрушения (б) железобетонных образцов-призм из высокопрочного модифицированного бетона с косвенным армированием

В формулах (1), (2):

$$\eta_{\sigma} = \frac{|\sigma_{b,red}|}{R_{b,red}}; \quad \eta_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_{sb}}{\varepsilon_{sb}} \leq 1; \quad a_1 = 3; \quad a_2 = -3; \quad a_3 = 1,$$

где $R_{b,red}$ – приведенная призмная прочность по формуле (48) СНиП [5]; $\psi = \frac{\mu_{xy} R_{s,xy}}{R_b + 10}$ – формула

(51) СНиП [5].

Выражения (1)–(2) позволяют с достаточной точностью описывать диаграммы деформирования железобетонных элементов из высокопрочного бетона с интенсивностью косвенного армирования до $\mu_{xy} = 5,0\%$ (рис. 2, а).

Выводы

1. Косвенное армирование элементов из модифицированного бетона с интенсивностью $\mu_{xy} = 1,3 \div 5,0$ % повышает приведенную призмную прочность бетона на $30 \div 75\%$, предельные деформации укорочения при сжатии – в $1,4 \div 2,4$ раза в сравнении с неармированным бетоном.

2. Приведенная призмная прочность модифицированных бетонов классов по прочности до В80 может быть с достаточной степенью точности определена по формуле (48) СНиП [5].

3. Предложены аналитические выражения для расчета деформаций элементов из высокопрочных модифицированных бетонов с косвенным армированием при нагружениях сжатием.

1. ТУ 5743-02595332-96 “Модификатор бетона марки МБ-01. Технические условия” (НИИЖБ, 1996). 2. Васильев А.П., Матков Н.Г., Филиппов Б.П. Прочность и деформативность сжатых элементов с косвенным армированием // Бетон и железобетон. – 1973. – № 4. – С. 17–19. 3. Попов Н.Н., Трекин Н.Н., Матков Н.Г. Влияние косвенного армирования на деформативность бетона // Бетон и железобетон. – 1986. – № 11. – С. 33–34. 4. Чистяков Е.А., Бакиров К.К. Высокопрочная арматура в сжатых элементах с косвенным армированием // Бетон и железобетон. – 1976. – № 9. – С. 35–38. 5. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с. 6. Попов Н.Н., Матков Н.Г., Гончаров А.А. Внецентренно сжатые элементы с продольной высокопрочной арматурой при статическом и динамическом нагружении // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 32–34.