

О ВЛИЯНИИ СЦЕПЛЕНИЯ БЕТОНА НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ СЖАТЫХ УСИЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.В. Теряник, А.О. Борисов

ABOUT THE INFLUENCE OF THE CONCRETE BOND ON THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF REINFORCED COMPRESSION ELEMENTS

V.V. Teryanik, A.O. Borisov

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния сцепления бетона на прочность и деформативность сжатых усиленных элементов при осевом сжатии. Даны рекомендации по практическому применению.

Ключевые слова: усиление, железобетонная обойма, прочность, деформативность, статическое погружение, эффект обоймы, адгезионная обмазка.

The article presents the results of experimental investigations of the influence of the concrete bond on the strength and deformability of reinforced compression elements during the axial compression. The recommendations on the practical application are given.

Keywords: reinforcement, reinforced concrete fixture, strength, deformability, static load application, fixture effect, adhesive coating.

Железобетонные обоймы являются достаточно известным конструктивным решением усиления строительных конструкций [1, 2, 4]. При устройстве обоек в основном используется традиционный способ обработки поверхности, а именно поверхность бетона усиливаемого элемента обеспыливается, обрабатывается стальными щетками и промывается водой за 1-1,5 часа до бетонирования [5]. Однако, наряду с этим, известны способы обеспечения надежного сцепления бетона обоймы с усиливаемым элементом, за счет применения адгезионной обмазки [3-5]. Применение адгезионной обмазки позволяет обеспечить надежное сцепление «старого» и «нового» бетонов. Несмотря на разнообразие способов усиления, методы расчета усиленных конструкций несовершенны. Экспериментальных исследований для выработки более точных методов расчета недостаточно.

С этой целью в развитие работ [3, 5] проведены экспериментальные исследования по изучению влияния сцепления бетона на прочность и деформативность усиленных железобетонных колонн при осевом сжатии на статическое нагружение. Объектом исследования выбраны образцы колонн сечением 80x160 мм, длиной 900 мм ($\lambda = 39$) из бетона В22,5 состава 1:1,92:3,72 при водоцементном отношении 0,58 с использованием добавки СП-3 (суперпластификатор С-3), осадка конуса - 10-15 мм. Контроль прочностных характеристик бетона осуществлялся испытанием бетонных кубиков 150x150x150 мм - 5 образцов по истечении 28 суток. Армирование элементов: продольная ар-

матура 4 стержня диаметром 6 мм А400 (А-III), поперечное армирование выполнено в виде замкнутых хомутов из арматуры диаметром 4 мм В500 (Вр-I) с шагом 120 мм. Образцы прямоугольного сечения с симметричным армированием изготовлены на заводе ЖБИ г. Тольятти (на местных материалах). Хранение образцов до возраста 28 суток в нормальных температурно-влажностных условиях. После набора прочности образцы усиливались железобетонной обоймой.

Железобетонная обойма выполнена из бетона В22,5 состава 1:1,92:3,72 при водоцементном отношении 0,58. Толщина обоймы для всех усиливаемых элементов принята 40 мм, длина - 600 мм. Армирование обоймы: продольная арматура - 4 стержня диаметром 6 мм А400 (А-III), поперечное армирование выполнено в виде замкнутых хомутов из арматуры диаметром 4 мм В500 (Вр-I) с шагом 60 мм. Для обеспечения надежного сцепления старого и нового бетона, поверхность бетона усиливаемого элемента обрабатывалась двумя способами. Первый способ - традиционный. Второй способ - на необработанную поверхность бетона усиливаемого элемента наносилась адгезионная обмазка. В качестве адгезионной обмазки использовался клей марки ЭДП состава: эпоксидная смола ЭД-20 - 100 частей по массе (ч.м.), отвердитель - полиэтиленполиамин - 10-12 ч.м., поверхностно-активное вещество ОП-7 - 2 ч.м.

Перед бетонированием каркасов на арматурные стержни образцов, которые имели горизонтальные площадки шириной 5 мм в пределах шага

поперечных стержней, были наклеены на клей БФ-19 тензорезисторы 2ПКБ-20-200Б. Тензорезисторы после присоединения выводных проводов покрывались защитным слоем в виде гидроизоляции, приготовленной на основе эпоксидного клея, и производилась заливка бетона. Расположение тензорезисторов производилось по схеме: продольная арматура усиливаемых образцов и поперечные стержни железобетонной обоймы. Регистрация деформаций производилась на приборе ИДЦ-1. Статические испытания проводились на прессе П-250. Нагрузка прикладывалась ступенями, равными 10 % разрушающей, и к концу испытаний ступени уменьшались вдвое. Каждая ступень нагружения выдерживалась в течение 5–10 мин. Образец доводился до полного разрушения.

Проведенные испытания показали, что неусиленные элементы (ЭО) разрушались с образованием продольных трещин. Этот процесс заканчивался отслоением защитного слоя бетона.

Разрушение экспериментальных образцов, усиленных железобетонными обоймами с традиционным способом обработки поверхности (ЭОУ-1) и с использованием клея (ЭОУ-2) начиналось с появления вертикальных микротрещин в обойме (рис. 1). Разрушение в обойме происходило с отрывом поперечных стержней. На участках наибольшего разрушения, у образцов (ЭОУ-1) заметного отслоения бетона обоймы от бетона образца не обнаружено, а у образцов (ЭОУ-2) замечено локальное отслоение бетона обоймы от бетона образца,

но это существенно не повлияло на работу всей конструкции. Конструкция работала как единое целое (рис. 2). Отмечено, что обойма довольно быстро включается в работу (рис. 5). Предельное значение разрушающей нагрузки для образцов серии (ЭОУ-1) составило в среднем 250 кН, а для образцов серии (ЭОУ-2) предельная нагрузка в среднем достигла 272 кН (рис. 3). Отмечено увеличение несущей способности усиленных элементов за счет эффекта обоймы, которое составило: для образцов (ЭОУ-1) в среднем 32 %, а для образцов (ЭОУ-2) в среднем - 43 %. Применение адгезионной обмазки, по сравнению с традиционным способом обработки поверхности, позволило увеличить несущую способность усиливаемого элемента в среднем на 11 %.

Следует отметить, что относительные деформации продольной арматуры усиливаемого образца с традиционным способом обработки поверхности (ЭОУ-1) выше, чем относительные продольные деформации у образцов с использованием клея (ЭОУ-2) и составили соответственно $213 \cdot 10^{-5}$ и $198 \cdot 10^{-5}$ (см. рис. 3). Поперечные деформации в обойме у элементов (ЭОУ-1) ниже чем у образцов (ЭОУ-2) и достигли в среднем $49 \cdot 10^{-5}$ и $72 \cdot 10^{-5}$ соответственно (рис. 4). Имеющиеся различия деформаций в обоймах и усиливаемых элементах свидетельствуют о незначительном проскальзывании обоймы у образцов (ЭОУ-1), а у образцов (ЭОУ-2) этого не наблюдается, обойма работает с усиливаемым элементом как единое целое (рис. 5).

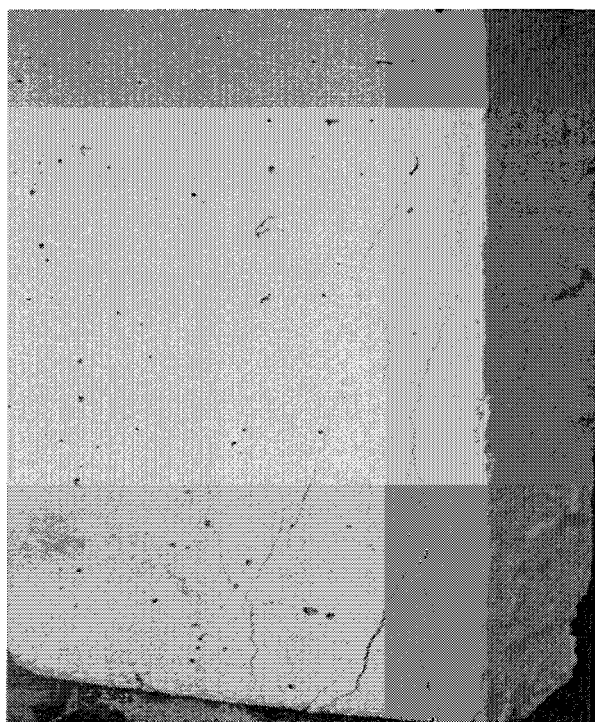


Рис. 1. Общий вид разрушения обоймы

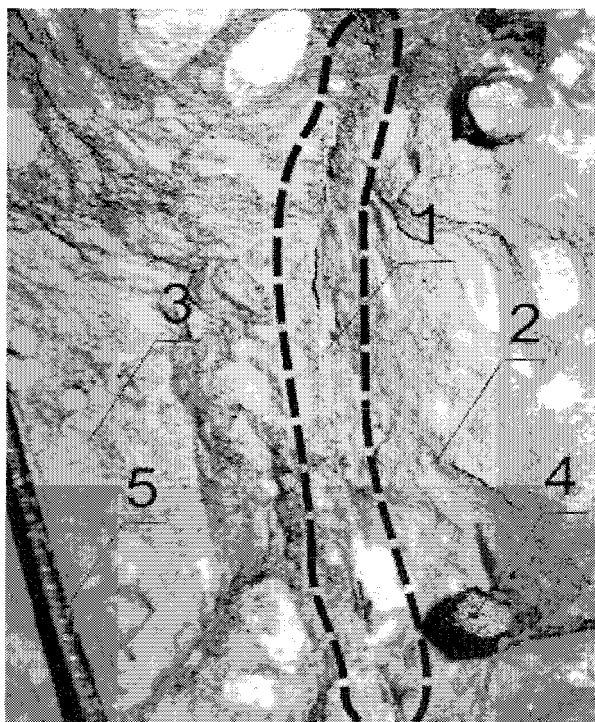


Рис. 2. Характер разрушения на стыке обоймы с элементом (вид сверху): 1 – стык обоймы с элементом усиления; 2 – усиливаемый элемент; 3 – обойма; 4 – продольная арматура усиливаемого элемента; 5 – поперечная арматура обоймы

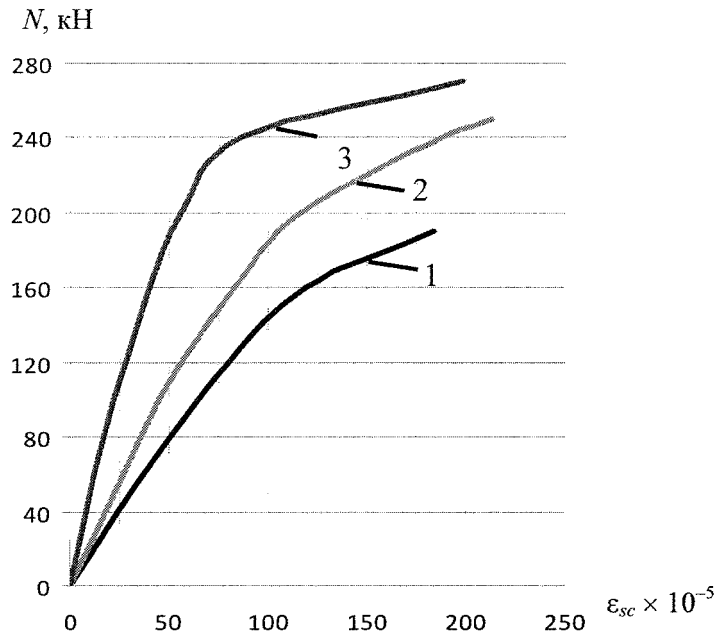


Рис. 3. Зависимость $N - \epsilon_{sc}$ для элементов: 1 – ЭО; 2 – ЭОУ-1; 3 – ЭОУ-2

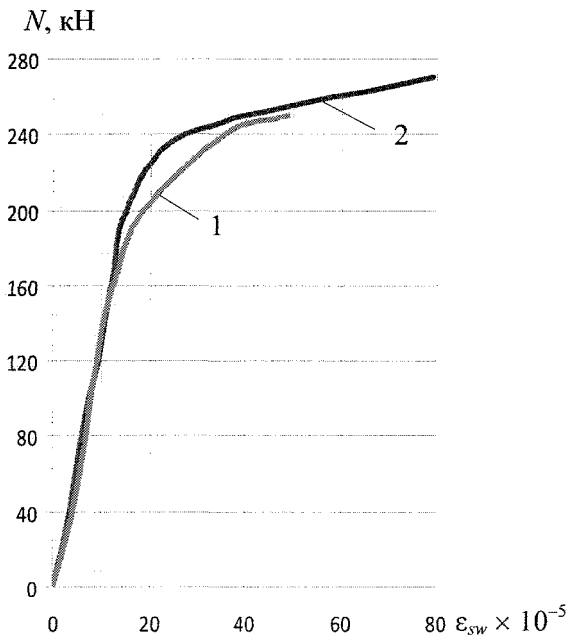


Рис. 4. Зависимость $N - \epsilon_{sw}$ для элементов: 1 – ЭОУ-1; 2 – ЭОУ-2

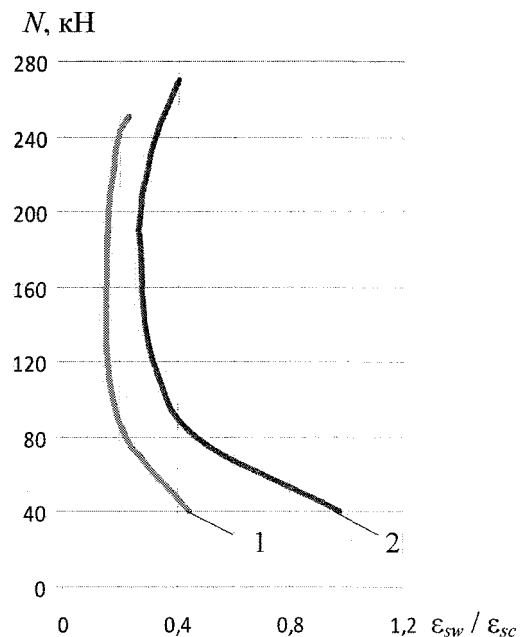


Рис. 5. Зависимость $N - \epsilon_{sw} / \epsilon_{sc}$ для элементов: 1 – ЭОУ-1; 2 – ЭОУ-2

Полученные результаты сопоставляли с экспериментальными данными, приведенными в работе [5]. Данные эксперимента представлены в таблице. Сравнительный анализ показывает, что у образцов серий ЭОУ-1, ЭОУ-2 происходит некоторое снижение фактической прочности усиленных элементов по сравнению с теоретической. Можно предположить, что снижение несущей способности является следствием зависания укладываемого бетона на поперечных стержнях обоймы. Адгезионная обмазка позволяет включать в работу обойму на более ранней стадии нагружения.

Предлагается расчет сжатых усиленных желе-

зобетонных элементов производить с учетом работы [5], с некоторыми уточнениями:

$$N \leq \varphi \gamma_c \left\{ \left[R_{b1} + m_1 m_s^k K_1 \sigma_o \right] A_{b1} + R_{sc} A_s + \right. \\ \left. + \gamma_{wb} \left(R_{b2} + m_2 m_s^k K_2 \sigma_o \right) A_{bef} + R_{sc} A_{s,об} \right\}, \quad (1)$$

где R_{b1} , R_{b2} - расчетное сопротивление бетона сжатию соответственно усиливаемой конструкции и обоймы; K_1 , K_2 - коэффициент эффективности бокового обжатия; A_u - площадь поперечного сечения усиливаемого элемента; A_{bef} - площадь сечения бетона обоймы, заключенного внутри

Маркировка образца	Экспериментальное значение N_{obs} , кН	Теоретическое значение N_{th} , кН	N_{obs} / N_{th}	Эффект обоймы, %
ЭО	195	162	1,20	—
	165	157	1,05	
	210	166	1,27	
ЭОУ-1	255	296	0,86	32
	240	286	0,84	
	255	305	0,83	
ЭОУ-2	260	294	0,88	43
	255	284	0,90	
	300	303	0,99	

контра сеток; σ_o - уровень бокового обжатия; A_s - площадь поперечного сечения арматуры усиливаемого элемента; $A_{s,об}$ - площадь поперечного сечения арматуры обоймы; φ - коэффициент продольного изгиба элемента; γ_{wb} - коэффициент условия работы обоймы; m_1 - коэффициент, учитывающий способ обработки поверхности усиливаемого элемента эпоксидным клеем; m_2 - коэффициент, учитывающий конструктивные особенности железобетонных обойм; m_s^k - коэффициент, учитывающий изгиб поперечных стержней обоймы.

$$m_s^k = \frac{\Delta k - 5d}{\Delta k}, \quad (2)$$

где Δk - размер ядра сечения бетона обоймы, заключенного внутри контра сеток; d - диаметр поперечной арматуры.

Выводы. Проведенные исследования подтвердили ранее полученные экспериментальные данные об увеличении несущей способности сжатых элементов за счет эффекта обоймы. Применение адгезионной обмазки существенно не влияет на несущую способность усиливаемого элемента, но при этом продольные деформации усиливаемых элементов с обработкой их адгезионной обмазкой эпоксидным клеем уменьшаются на 8 % по отношению к усиленным элементам без нее. Рекомендуется использовать условие прочности (1) при

определении несущей способности сжатых элементов, усиленных железобетонной обоймой при различном способе обработки поверхности усиливаемого элемента. Железобетонные обоймы можно рекомендовать для усиления сжатых железобетонных колонн на всю высоту при увеличении эксплуатационных нагрузок, а также при местном усилении (ярко выраженные дефекты).

Литература

1. Гроздов, В. Т. О прочности и деформативности колонн, усиленных обоймами / В. Т. Гроздов, В.В. Теряник // Изв. вузов. Строительство и архитектура. - 1989. - №3. - С. 8-11.
2. Усиление колонн реконструируемых зданий железобетонными обоймами / Е.А. Рабинович и др. // Бетон и железобетон. - 1987. - № 4. - С. 14.
3. Рекомендации по восстановлению и усилению полносборных зданий и сооружений полимеррастворами // ТбилЗНИИЭП Госкомархитектуры. — М.: Стройиздат, 1990. - 160 с.
4. Теряник, В.В. Прочность, устойчивость и деформативность железобетонных колонн, усиленных обоймами / В.В. Теряник. — Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2004. - 188 с: ил.
5. Теряник, В. В. О влиянии сцепления бетона на прочность усиленных обоймами железобетонных элементов / В.В. Теряник, А.Е. Ткаченко // Изв. вузов. Строительство. — 2001. - № 12. - С. 105-107.

Поступила в редакцию 26 января 2010 г.