

Конструкция и схемы испытания железобетонных балок, усиленных композитными материалами

П.П. Польской, Михуб Ахмад

Как уже было отмечено выше, (см. статьи в настоящем журнале) исследование проводилось на опытных образцах прямоугольного профиля, изготовленных из тяжёлого бетона с проектным классом по прочности В35.

Все опытные балки имели одинаковую длину, высоту и ширину, которые составляли 220, 25 и 12,5 см - соответственно. Проектные размеры сечения балок, с учетом рекомендаций [8], их армирование и схемы усиления и испытания при кратковременном воздействии нагрузки приведены на рис.1 и 2.

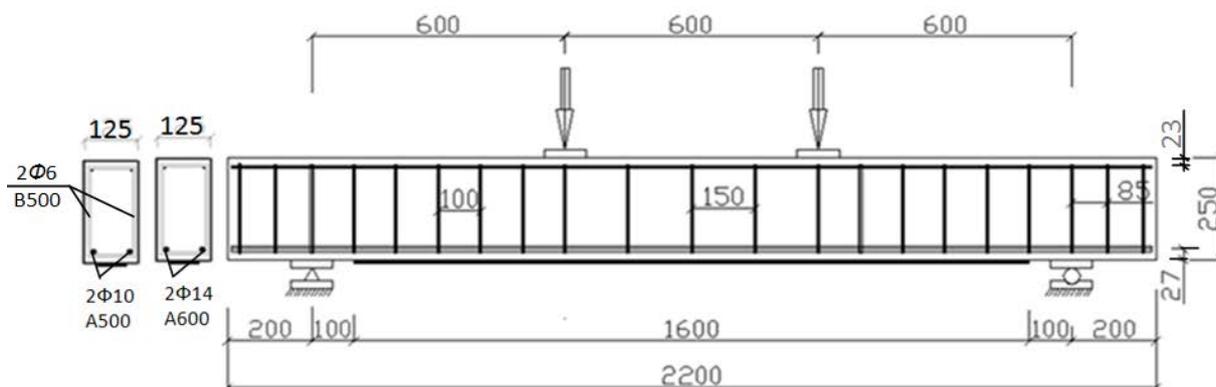


Рис.1. – Схема армирования и испытания балок

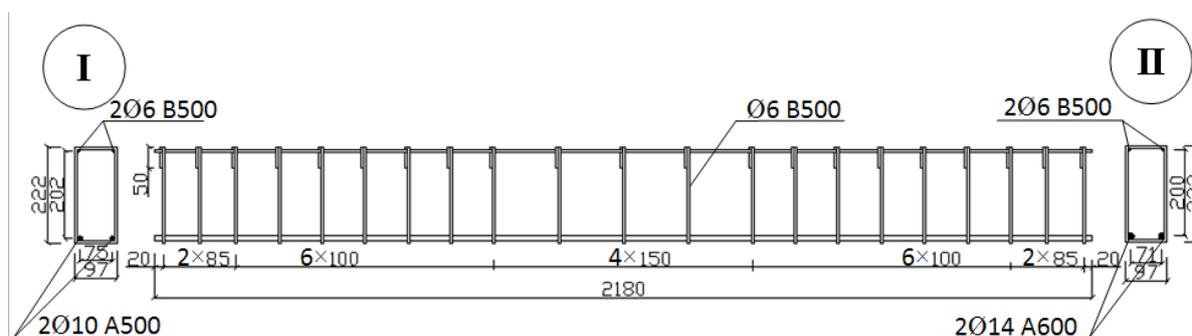


Рис.2. – Конструкция каркаса балок

Механические свойства арматурных сталей и композитных материалов, испытанные согласно ГОСТ[5;6]и рекомендаций [7;9;10] приведены в табл.2 и 3 предыдущей статьи.

Шифр испытанных балок был принят следующим: первая буква русского алфавита «Б»- эталонные балки из обычного тяжелого бетона; вторая буква – «У»- балки «Б», усиленные разными видами композитных материалов; Третья буква из

латинского алфавита указывает на вид композитного материала («g»- стеклоткань; «с»- углеткань; «L»- полосы (ламинаты) на основе углепластика).

Первая цифра – обозначает рабочее армирование растянутой зоны балок («1»-2Ø10 A500; «2»-2Ø14 A600). Вторая цифра для эталонных образцов обозначает номер балки-близнеца, а для усиленных балок - второй вариант композитного армирования. Звездочкой (*), расположенной рядом с буквами, обозначены балки, имеющие анкерующие устройства на торцах усиливающих элементов.

Продольное армирование сжатой зоны и поперечное армирование для всех балок было одинаковым, поэтому в шифре не отражено. Монтажная арматура в балках выполнена из 2Ø6 B500. Двух срезные вязаные хомуты приняты того же диаметра и класса и установлены с шагом 100мм в зоне среза и 150мм в зоне чистого изгиба (см. рис.1;2). Механические свойства использованной арматуры были приведены ранее.

Испытание эталонных образцов (серии I – А и II – А) выполнялось с использованием двух балок-близнецов. Балки, подлежащие усилению («БУ»), изготавливались так же в двух экземплярах из одинакового бетона, однако усиливались с разным процентом композитного армирования. Назовем это усиление, состоящим из одного или двух условных «холстов» композитного материала. Под первым слоем (вторая цифра шифра «1») понимается холст, состоящий из **трех** полотен стекло или углеткани шириной 125мм, либо из одной полосы (ламината) сечением 1,4×50мм. Вторым слоем (вторая цифра шифра «2») - это холст аналогичной ширины, выполненный из **шести** полотен стекло или углеткани, либо из 2-х полос ламината на основе углепластика вышеуказанного сечения.

Балки «БУ» дополненные звездочкой « * » имели на торцах наклеенных холстов анкера высотой 250мм и шириной 100мм, выполненные из того же композитного материала, что и элементы усиления. Толщина анкерного устройства принималась одинаковой, и состояла из четырех полотен стекло или углеткани.

Образцы второй серии БУg-2-3 и БУg*-2-4 являлись пробными и испытывались с целью оценки надежности клеящего состава, выявления формы разрушения и целесообразности использования полуанкера высотой 125мм. По результатам испытания этих балок шло определение предполагаемых этапов и уровней загрузки-

ния исследуемых образцов. Усиление этих балок было выполнено из холста, состоящего из 6 полотен стеклоткани.

Бетон для опытных образцов приготавливался в лабораторной бетономешалке объемом 250 литров, а укладка в металлические формы производилась с использованием глубинного вибратора с диаметром вибробулавы равным 50мм. В качестве вяжущего при изготовлении бетона использовался портландцемент Новороссийского завода «Пролетарий» активностью 500. Состав тяжелого бетона приведен выше в табл. 1. Все опытные образцы были изготовлены в июне-августе 2011г. при температуре 23-27° С.

Одновременно с балками изготавливались 3-5 кубов с ребром 15см – для определения кубиковой прочности бетона и его класса. Через 8-12 часов после бетонирования опытные балки и кубы в формах покрывались тряпками или опилками, влажность которых постоянно поддерживалась. Распалубка всех образцов выполнялась через 4-5 суток после бетонирования. В течение последующих 7-10 суток балки и кубы поливались водой и далее до момента усиления и испытания хранились в закрытом полуподвальном помещении лаборатории кафедры при температуре $22 \pm 5^\circ \text{C}$.

Кубиковая прочность бетона для опытных образцов определялась в день испытания одной из балок - близнецов. Все прочностные показатели бетона для опытных балок, необходимые для дальнейшей обработки результатов эксперимента и последующего анализа, приведены в табл.1.

Всего было испытано 11 серий образцов из 3-5 стандартных кубов с ребром 150 мм. по ГОСТ 1080-90 [4]. Разброс кубиковой прочности по каждой серии не превышал 11,4 % и не более $\pm 7,8$ % от среднего значения \bar{R}^{exp} . Класс бетона В определялся при коэффициенте вариации $V=0,135$. Значения R_{bn}^{exp} ; R_{bfn}^{exp} ; и E_b были определены в зависимости от полученного класса бетона по табл. 6.7 и 6.11 [3] с использованием интерполяции. Аналогичным образом, как уже было отмечено выше, была получена цилиндрическая прочность бетона на осевое сжатие f_{ckn} с использованием коэффициентов перевода 0,787 и 0,8 в зависимости от класса бетона [11].

Прочностные характеристики бетона, используемого в опытных образцах

Этапы испытания балок по виду стальной ар-ры	Серия балок по виду композитного армирования	Возраст бетона сут.	Шифр балок	Опытная прочность бетона, МПа					Начальн. Модуль Упругост. бетона $E_b \cdot 10^{-3}$ МПа
				\bar{R}^{exp}	B	R_{bn}^{exp}	R_{btm}^{exp}	f_{ckn}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I Этап	А	391	Б-1-1	46.05	35.85	26.10	1,98	20,88	34,76
			Б-1-2	46.05	35.85	26.10	1,98	20,88	34,76
	Б	404	БУг-1-1	47.38	36.89	26.82	2,01	21,46	35,07
			БУг-1-2	47.38	36.89	26.82	2,01	21,46	35,07
	В	412	БУс-1-1	48.19	37.52	27.26	2,03	21,81	35,28
			БУс-1-2	48.19	37.52	27.26	2,03	21,81	35,28
	Г	410	БУ _L -1-1	44.65	34.76	25.34	1,94	20,27	34,41
			БУ _L -1-2	44.65	34.76	25.34	1,94	20,27	34,41
	Д	410	БУ _L *-1-1	44	34.26	24.98	1,92	19,98	34,2
			БУ _L *-1-2	44	34.26	24.98	1,92	19,98	34,2
II Этап	А	436	Б-2-1	51.35	39.98	28.99	2,1	23,18	35,99
			Б-2-2	51.35	39.98	28.99	2,1	23,18	35,99
	Б	452	БУг-2-1	48.43	37.71	27.40	2,03	21,92	35,31
			БУг-2-2	48.43	37.71	27.40	2,03	21,92	35,31
		432	БУг-2-3	44.55	34.69	25.28	1,94	20,22	34,37
			БУг*-2-4	44.55	34.69	25.28	1,94	20,22	34,37
	В	441	БУс-2-1	50.85	39.59	28.71	2,09	22,97	35,88
			БУс-2-2	50.85	39.59	28.71	2,09	22,97	35,88
	Г	458	БУ _L -2-1	46.31	36.06	26.24	1,98	20,99	34,82
			БУ _L -2-2	46.31	36.06	26.24	1,98	20,99	34,82
Д	453	БУ _L *-2-1	48.53	37.79	27.45	2,03	21,96	35,34	
		БУ _L *-2-2	48.53	37.79	27.45	2,03	21,96	35,34	

Примечание: обозначение цилиндрической прочности - f_{ckn} принято согласно EN 1992-1-1:2004(E) [11]

Литература

1. П.П. Польской, Д.Р. Маилян «Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений» : Эл. журнал «Инженерный вестник Дона», № 4, Ростов-на-Дону, 2012.
2. П.П. Польской, Мерват Хишмах, Михуб Ахмад. «О влиянии стеклопластиковой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов из тяжелого бетона». : Эл. Журнал «Инженерный вестник Дона» №4, Ростов-на-Дону, 2012.
3. СП63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. С.155.
4. ГОСТ 10180-90 Бетоны . Методы определения прочности по контрольным образцам.-Введ.1991-01-01.-М.:Изд-во стандартов,1990. с.36
5. ГОСТ 12004-81: Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. - Введ.01.07.1983.-М.:Изд-во стандартов,1981.
6. ГОСТ 25.601-80 «Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов) Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах».
7. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. Под руководством д.т.н., проф. В.А. Клевцова. – М.: НИИЖБ, 2006 – 48с.
8. ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний загрузкой. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – Взамен ГОСТ 8829-85; введ. 01.01.1998. –М.: Госстрой России ГУП ЦПП, 1997 – 33с.
9. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. ACI 440.2R-02. American Concrete Institute.
10. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures. ACI 440.2R-08. American Concrete Institute.
11. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2004.