

Свойства материалов, используемых при исследовании работы усиленных железобетонных конструкций

Д.Р. Маилян, П.П. Польской, С.В. Георгиев

Прочность, деформативность и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, усиленных тремя видами композитных материалов, исследовались на опытных образцах прямоугольного профиля. Балки загружались двумя силами с расчетным пролетом 1,8м.

Для проведения экспериментов были приняты: тяжелый бетон проектного класса В35, который все чаще используется в настоящее время в массовом строительстве; стальная арматура периодического профиля классов А500 и А600, которые с 1.01.2013 рекомендованы [3] к преимущественному применению для обычных железобетонных конструкций; три вида композитных материалов, а именно стеклоткань прямоугольного плетения, углеткань с однонаправленными волокнами холодного отверждения и ламинаты на основе однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения (рис.1). Оба вида композитных материалов на основе углеродных волокон и все расходные материалы, необходимые при усилении изгибаемых железобетонных элементов,- грунтовка, шпатлевка и клеящие составы, были предоставлены Московским отделением MBACE ООО «БАСФ строительные системы».

Для тяжелого бетона с проектным по прочности классом В35 использовался щебень крупностью 5-25 мм из плотного известняка, закупленного на рынке строительных материалов. Щебень марки 800 имеет плотную микрокристаллическую структуру, темно-серый цвет и неровный раковистый излом. В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый речной песок с насыпной плотностью 1650 кг/м³ и модулем крупности 1,25.

Состав тяжелого бетона подбирался расчетно-экспериментальным методом. Подвижность бетонной смеси составляла 1-2см осадки стандартного конуса. При подборе составов использовался тот же портландцемент Новороссийского завода "Пролетарий" активностью 500, что и при изготовлении опытных образцов. При подборе состава использовались три серии образцов (по пять в каждой), которые

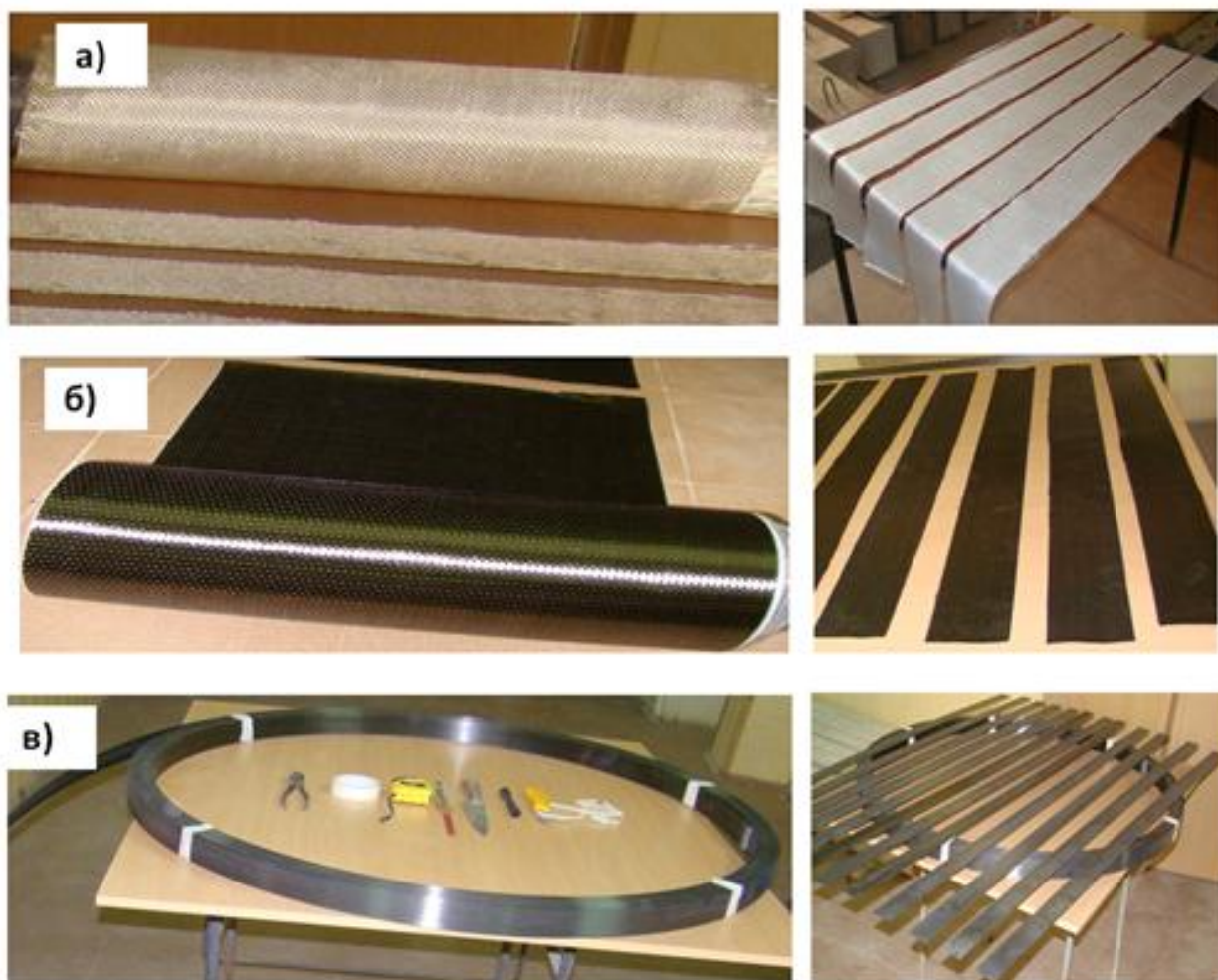


Рис. 1. – Общий вид композитных материалов до изготовления холстов: **а)** - стеклоткань; **б)** – углеткань; **в)** – углеламинат

до момента испытания в возрасте 28 суток [4;8] хранились в полуподвальном помещении лаборатории во влажных опилках при температуре 16-20 ° С.

Состав тяжелого бетона естественного твердения на не фракционированных заполнителях на 1м³ приведен в табл. 1.

Таблица № 1

Состав тяжелого бетона класса В35 естественного твердения при R_ц=500 и S₁=1-2 см

Расход материалов на 1м ³ бетона, кг				Плотность сухого бетона, кг/м ³
Ц	П	Щ	В	
450	460	1270	180	2355

В пересчёте на изготовление двух опытных образцов сечением 220×25×12,5 см и 5 кубиков стандартных размеров с общим объемом 0,185м³. расход материалов составлял: цемент - 83 кг; кварцевый песок – 84,9 кг; щебень крупностью (5-25) - 234,4 кг; вода – 33,2 л.

В качестве продольной рабочей арматуры в опытных балках применялась рифленая горячекатаная сталь классов А500 и А600 диаметром 10 и 14 мм соответственно. Монтажная и поперечная арматура была выполнена из стали класса В500 диаметром 6 мм. Перед изготовлением каркасов для опытных образцов, арматура была испытана на разрыв согласно ГОСТ [5] на машине типа (ИР-200) Все характеристики стали, приведенные в табл. 2., были определены как среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти образцов по каждому классу стали.

Таблица № 2

Механические свойства сталей

Класс арматуры	d , мм	σ_y , МПа	σ_u , МПа
В500	6	497,8	608,6
А500	10	525,7	600,4
А600	14	575,2	649,9

Примечание: Пределы текучести и временное сопротивление стали в МПа изменялись в следующих интервалах: Ø6 В500 - (594,5- 615,7); Ø10 А500 - (596,2- 603,8); Ø14 А600 - (638,2- 662).

Для усиления растянутой зоны балок внешним армированием нами были выбраны три вида композитных материалов со следующими характеристиками: стеклоткань EWR400, изготовленная в Китае; углеткань с однонаправленными волокнами холодного отверждения (MBRACE® CF 230/4900.450g/5.50 m), и ламинаты (полосы) из однонаправленных углеродных волокон (MBRACE FIB LAM CF 210/2800. 50×1,4.100 m.), изготовленные в Германии.

Для уточнения прочностных показателей композитных материалов (рис.2) в составе холстов и сопоставления их с техническими характеристиками завода изготовителя (согласно рекомендаций [7;9;10]) были изготовлены и испытаны по ГОСТ 25.601-80 [6] шесть серий образцов, изготовленных в виде холстов из стекло, углепластика и ламината. Каждый холст был склеен из двух, трех, четырёх и шести слоев ткани, которые были пропитаны тем же клеевым составом, что и при усилении балок. Каждый вид холста был представлен тремя опытными образцами – восьмерками (рис.2.), изготовленными при помощи шаблона с размерами: длина-



Рис.2. – Общий вид опытных образцов – восьмёрок из угле- и стеклоткани 250мм, ширина по торцам в местах их захватов – 30мм и ширина в месте разрыва – 15мм. Толщина холстов определялась как сумма толщин тканевых полотен, а толщина полотна – взвешиванием. Испытание образцов проводилось на разрывной машине марки ИР-200 Результаты испытания представлены в табл.3.

Таблица № 3

Результаты испытания опытных образцов – восьмерок на растяжение

Вид материала	Количество полотен в холсте	№ Опытного образца	Сечение образца, мм		Площадь сечения A_s , мм ²	Разрушающие нагрузки, кН	Временное сопротивление, МПа	
			Толщина, t	Средняя ширина			σ_{fi}	среднее значение, σ_{fu}
стеклоткань	3	1	0,462	23,97	11,07	8,2	740,7	732,6
		2		22,93	10,59	8,0	755,4	
		3		24,67	11,40	8,0	701,8	
	6	1	0,924	24,97	23,07	14,8	641,5	679,5
		2		25,47	23,53	16,4	697,0	
		3		24,43	22,57	15,8	700,0	
углеткань	2	1	0,332	23,93	7,945	24,5	3083,7	3132,4
		2		24,47	8,124	24,6	3028,1	
		3		23,47	7,792	25,5	3285,4	
	3	1	0,498	25,7	12,8	38,4	3000,0	2887,9
		2		24,33	12,12	34,0	2805,3	
		3		23,53	11,72	33,5	2858,4	
	4	1	0,664	24,67	16,38	48,0	2930,4	2969,3
		2		23,53	15,63	46,4	2968,6	
		3		23,83	15,82	47,6	3008,8	
углеткань	6	1	0,996	23,57	23,47	55,2	2351,9	-
		2		22,5	22,41	51,8	2311,5	
		3		23,5	23,41	64,4	2751,0	

Примечания: 1) среднее значения ширины образцов определено по результатам замеров в трех сечениях. 2) для холстов из 6 полотен углеткани в столбце 7 указана нагрузка, соответствующая разрушению оголовка образцов из-за нарушения адгезии между новыми и дополнительными (поперечными) слоями усиления.

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. Хишмах Мерват, Польской П.П., Михуб Ахмад К вопросу о деформативности балок из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и комбинированной арматурой //Эл.журнал «Инженерный вестник Дона». 2012. №4.С.163-166.
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 загрузением. 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 tructures. ACI 440.2R-08. American Concrete Institute.
11. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2004.