

УДК. 624.072.2
ББК 38.5
С-25

Польской Петр Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций факультета промышленного и гражданского строительства Ростовского государственного строительного университета; тел.: 8(863)2019031;

Маилян Дмитрий Рафаэлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций факультета промышленного и гражданского строительства Ростовского государственного строительного университета; тел.: 8(863)2019031;

Шилов Александр Андреевич, аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций факультета промышленного и гражданского строительства Ростовского государственного строительного университета; тел.: 8(988)5508826;

Меретуков Заур Айдамирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772)525534.

СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ БАЛОК, УСИЛЕННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОМ (рецензирована)5

Приведены данные о физико-механических характеристиках заполнителей и бетона на их основе, с проектным классом В30, а также для стальной и внешней композитной арматуры, используемых при изготовлении опытных балок.

Ключевые слова: сталь, тяжелый бетон, железобетон, композитный материал, углепластик, усиление, испытание, прочность, деформативность, балки.

Polskoy Peter Petrovich, Candidate of Technical Sciences, professor of the Department of Ferroconcrete and Stone constructions of the Faculty of Industrial and Civil engineering of the Rostov state construction university, tel.: 8(863)2019031;

Mailyan Dmitry Rafaelovich, Doctor of Technical Sciences, head of the Department of Ferroconcrete and Stone constructions of the Faculty of Industrial and Civil engineering of the Rostov state construction university, tel.: 8(863)2019031;

Shilov Alexander Andreevich, post graduate student of the Department of Ferroconcrete and Stone constructions of the Faculty of Industrial and Civil engineering of the Rostov state construction university, tel.: 8(988)5508826;

Meretukov Zaur Aydamirovich, Doctor of Technical Sciences, associate professor, head of the Department of Construction and General professional disciplines of FSBEI HE "Maikop state technological university"; 385000, Maikop, 191 Pervomayskaya St., tel.: 8(8772)525534.

PROPERTIES OF THE MATERIALS USED AT THE RESEARCH OF INCLINED SECTIONS OF THE BEAMS STRENGTHENED WITH COAL PLASTIC (reviewed)

Data on physical and mechanical characteristics of fillers and concrete have been given on their basis, with the design class B30, and also for steel and external composite fittings, used at the production of skilled beams.

Keywords: steel, heavy concrete, reinforced concrete, composite material, coal plastic, strengthening, testing, durability, deformation properties, beams.

Введение

В соответствии с разработанной программой, для исследования прочности наклонных сечений изгибаемых элементов с начальными трещинами шириной 0,4 мм использовались обычные балки прямоугольного профиля, сечением 125x250(h) мм, длиной 2000 мм.

Для изготовления опытных балок применялся тяжелый бетон с проектным классом по прочности В30, который обычно применяется в настоящее время в массовом строительстве. В качестве стальной рабочей арматуры использовались стержни периодического профиля класса А500. Указанная арматура с 1.01.2013 г., согласно П 63.13330.2012, рекомендована к преимущественному использованию в обычных железобетонных конструкциях. Поперечная арматура в вязанных каркасах принята гладкой, класса В500, диаметром 3 мм. Монтажная арматура принята диаметром 6 мм, класса В500.

Материалы и методы

Внешнее поперечное усиление приопорных участков, в один, два, или три слоя, выполняется с использованием углеткани. Отдельные опытные образцы имеют усиление растянутой зоны, одновременно с поперечным усилением, с помощью ламинатов (полос), изготовленных из однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения. Общий вид различных видов углепластика приведен на рис. 1.

Перечисленные композитные материалы на основе углепластиков, и сопутствующие им расходные материалы (грунтовка, шпаклевка, клеящие составы), используемые при подготовке поверхности и наклеивании композита, были предоставлены Московским отделением фирмы MBRACE ООО «БАСФ Строительные системы».

Для тяжелого бетона вышеуказанного класса прочности применялся щебень из плотного известняка фракции 5-25 мм, закупленный на рынке строительных материалов. Данный крупный заполнитель соответствовал марке 900 и имел плотную структуру, темно-серого цвета с неровным изломом.

В качестве мелкого заполнителя использовался обычный кварцевый речной песок с насыпной плотностью 1640 кг/м³ и модулем крупности 1,35.

Результаты и обсуждения

Состав тяжелого бетона класса В30, был подобран расчетно-экспериментальным методом, и по своей жесткости имел 1-2 см осадки стандартного конуса. При подборе составов в изготовлении балок применялся портландцемент Новороссийского завода «Пролетарий» активностью 500 с противосульфатными добавками. Для проверки прочности бетона подобранных составов было изготовлено три серии образцов (по пять кубиков с ребром 150 мм в каждой), которые до момента испытания, в возрасте 28 суток, согласно ГОСТ, хранились во влажных опилках закрытого полуподвального помещения лаборатории кафедры железобетонных конструкций РГСУ. Температура воздуха в помещении составляла 18-23°C.

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

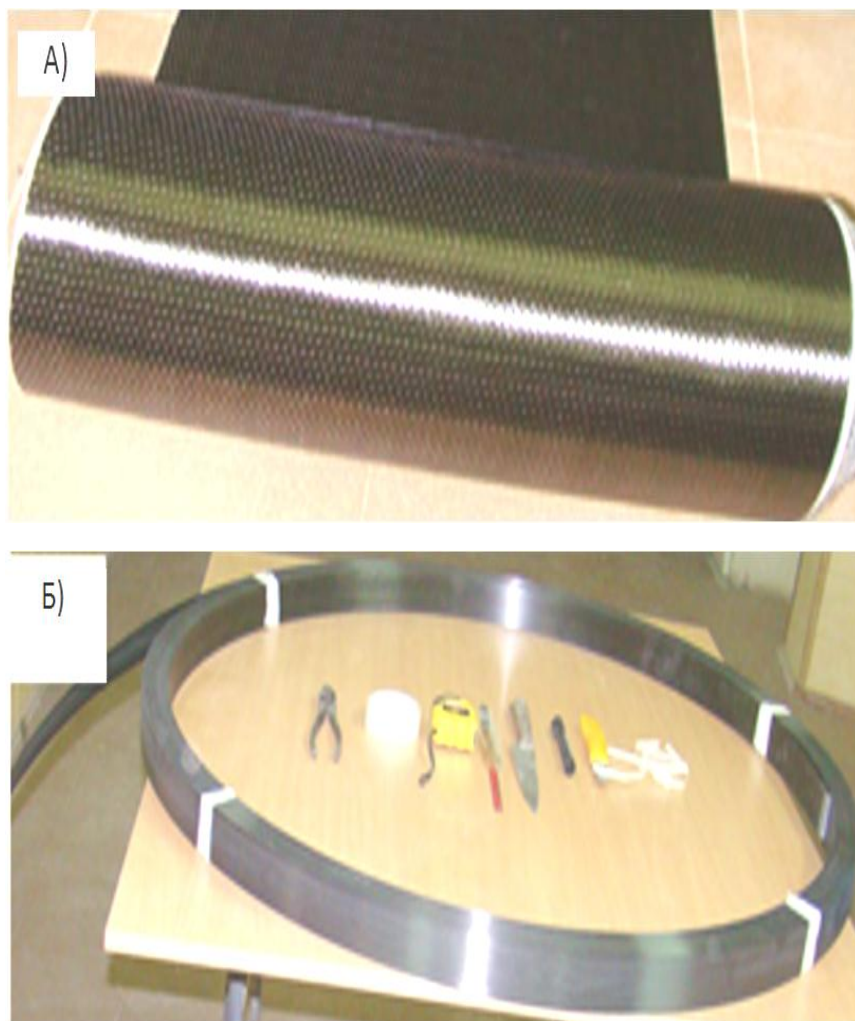


Рисунок 1. Общий вид ткани шириной 500 мм (а) и ламината шириной 50 мм (б) на основе углеродных однонаправленных волокон

Таблица 1 - Состав тяжелого бетона класса В30 естественного твердения при $R_y = 500$ и $s_l = 1-2$ см

Бетон класса	Расход материалов на 1 м ³				Плотность бетона естественной влажности, кг/м ³
	Ц	П	Щ	В	
В30	450	460	1270	180	2370

Стальная продольная рабочая арматура для 26 балок была выполнена из круглой рифленой горячекатаной стали класса А500. Монтажная арматура была принята из 2Ø6В500. Вязанные замкнутые хомуты Ø3 мм из стали класса В500 были установлены с шагом 150 мм в пролете среза и 200 мм в зоне чистого изгиба.

Стержни рабочей, монтажной и поперечной арматуры до изготовления каркасов были испытаны на растяжение с помощью разрывной машины типа ИР-200. Механические характеристики приведены, как среднее арифметическое значение, в табл. 2. Они получены по результатам испытания, согласно ГОСТ 12.004-81, пяти образцов по каждому диаметру и классу стали.

Таблица 2 - Механические характеристики арматуры

Класс арматуры	Диаметр A_s , мм	Предел текучести σ_y , МПа	Временное сопротивление σ_u , МПа
А500	18	528,9	615,2
В500	6	501,2	611,3

B500	3	509,4	618,5
------	---	-------	-------

Примечание: Прочностные характеристики арматурной стали в МПа, соответственно для σ_y и σ_u , изменялись в следующих пределах: Ø18A500 - (514,4-544,5) и (606,5-618,7); Ø6B500 - (497,1-518,2) и (598,2-619,4); Ø3B500 - (498,3-519,7) и (613,2-625,9).

Заключение

Для усиления приопорных участков в пролетах среза было выбрано два основных варианта внешнего композитного армирования. Хомуты шириной 50 мм, выполненные в один или два слоя, U-образной формы; хомуты шириной 100 мм в один или два слоя углеткани с однонаправленными волокнами холодными холодного отверждения; в совокупности с усилением растянутой зоны, полная обойма в пролете среза. Продольное армирование представлено ламинатами (полосами из однонаправленных углеродных волокон горячего отверждения. Оба вида углепластика, как и при усилении изгибаемых элементов [1, 2, 3, 4] и сжатых элементов [5, 6, 7, 8], были изготовлены в Германии.

Для уточнения прочностных показателей углеткани в виде отдельных лент или в составе холстов из двух и трех слоев согласно ГОСТ 25.601-80 были изготовлены и испытаны образцы-восьмерки.

Каждый образец был изготовлен при помощи шаблона (размерами: 250 мм – длина, 30 мм – ширина по торцам и 15 мм – ширина в месте разрыва).

Толщина образцов определялась как сумма толщин тканевых полотен, а толщина ткани – определялась по результатам стандартного взвешивания одного кв.м ткани. Прочностные характеристики углеламинатов были приняты по данным завода-изготовителя. Испытание образцов, с использованием специальных захватов, проводилось на разрывной машине ИР-200. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Результаты испытаний

Вид материала	Количество слоев ткани, полос	№ образца	Сечение		Площадь сечения A_s , мм	Разрушающее усилие, кН	Временное сопротивление, МПа	
			Толщина, t, мм	Средняя ширина			δ_{fi}	Среднее значение δ_{fi}
Углеткань	1	1	0,166	24,1	4,01	12,88	3220,0	3130,2
		2		24,45	4,05	12,3	3029,5	
		3		23,5	3,9	12,25	3141	
	2	1	0,332	23,93	7,945	24,5	3083,7	2887,9
		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	2888,0
		2		24,33	12,12	34,0	2805,3	
		3		23,53	11,72	33,5	2858,4	
Углеламинат	1	-	1,2	50	60	-	-	2800

Уточнение характеристик композитных материалов по результатам испытания образцов, по ГОСТ 25.601-80, рекомендовано не только в отечественных нормах СП 164.1325800.2014, но и в зарубежных [9, 10]¹.

Литература:

1 Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы – как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений [Элек-тронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2012. №4, ч. 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307

¹ Авторы статьи и одновременно исполнители программы исследования выражают благодарность А.Н. Костенко – руководителю Московского отделения ООО «БАСФ строительные системы» за помощь в предоставлении композитных и всех расходных материалов, св. необходимых при усилении конструкций.

2. Польской П.П., Маилян Д.Р. Влияние стального и композитного армирования на ширину раскрытия нормальных трещин [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2013. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1675
3. Маилян Д.Р., Польской П.П. О расчете ширины нормальных трещин балок, усиленных стекло и углепластиком // Научное обозрение. 2014. №12, ч. 2. С. 490-492.
4. Польской П.П., Маилян Д.Р. Об уточнении расчетов прогибов балок, усиленных композитными материалами // Научное обозрение. 2014. №12, ч. 2. С. 493-495.
5. Польской П.П., Георгиев С.В. Вопросы исследования сжатых железобетонных элементов, усиленных различными видами композитных материалов [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134
6. Маилян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Методики усиления угле-пластиком и испытания коротких и гибких стоек // Научное обозрение. 2014. №10, ч. 2. С. 415-418.
7. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность гибких усиленных стоек при больших эксцентриситетах // Научное обозрение. 2014. №12, ч. 2. С. 496-499.
8. Польской П.П., Георгиев С.В. Характеристики материалов, используемых при исследовании коротких и гибких стоек, усиленных углепластиком // Научное обозрение. 2014. №10, ч. 2. С. 411-414.
9. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В.А. Клевцов [и др.] // НИИЖБ. 2006. С. 48.
10. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1 // General rules and rules for buildings. 2004. P. 229.
11. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures // ACI 440.2R-08. American Concrete Institute. 2008. P. 76.

Literature:

1. *Polskoy P.P., Mailyan D. R. Composite materials as an efficient basis in the construction and reconstruction of buildings and constructions [Electronic resource]//Engineering bulletin of Don. 2012. No. 4, p. 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307*
2. *Polskoy P.P., Mailyan D. R. On the specification of calculations of deflections of the beams strengthened by composite materials//Scientific review. 2014. No. 12, p. 2. P. 493-495.*
3. *Mailyan D. R., Polskoy P.P. On the calculation of width of normal cracks of the beams strengthened with glass and coal plastic//Scientific review. 2014. No. 12, p. 2. P. 490-492.*
4. *Polskoy P.P., Mailyan D. R. Experience of the use of composite materials when strengthening the building of Aksaysk car center//Scientific review. 2014. No. 12, p. 3. P. 762-765.*
5. *Polskoy P.P., Georgiev S. V. Questions of the research of the squeezed ferroconcrete elements strengthened by different types of composite materials [Electronic resource]// Engineering bulletin of Don. 2013. No. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134*
6. *Mailyan D. R., Polskoy P.P., Georgiev S. V. Strengthening techniques with coal plastic and testing of short and flexible racks//Scientific review. 2014. No. 10, p. 2. P. 415-418.*
7. *Polskoy P.P., Mailyan D. R., Georgiev S. V. Durability and deformation qualities of the flexible strengthened racks at big eccentricities//Scientific review. 2014. No. 12, p. 2. P. 496-499.*
8. *Polskoy P.P., Georgiev S. V. Characteristics of the materials used at the research of the short and flexible racks strengthened by coal plastic // Scientific review. 2014. No. 10, p. 2. P. 411-414.*
9. *Klevtsov V.A. Manual on the strengthening of ferroconcrete designs with composite materials//SRIFC. 2006. P. 48.*
10. *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1//General rules and rules for buildings. 2004. P. 229.*
11. *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures//ACI 440.2R-08. American Concrete Institute. 2008. R. 76.*