

Прочность и деформативность усиленных композитными материалами балок при различных варьируемых факторах

Д.Р. Маилян, П.П. Польской

Влияние различных видов композитных материалов и других варьируемых факторов на прочность и деформативность усиленных балок, определялось методом прямого сопоставления результатов экспериментов. В качестве эталонных, были приняты обычные железобетонные балки без композитного усиления.

Результаты проведенных испытаний по прочности и их первичная обработка приведены в столбах 5 и 6 табл. 1.

Проведенные эксперименты показали, что эффективность усиления железобетонных конструкций композитными материалами зависит от всех варьируемых факторов, перечисленных в задачах исследования а именно: вида стальной арматуры и композитного материала; процентов стального и композитного армирования; наличия или отсутствия анкерующих композитные материалы устройств.

Уровень приращения прочности балок с А500 первого этапа исследования, усиленных **стеклопластиком**, оказался практически в два раза выше по сравнению с аналогично усиленными образцами с А600 второго этапа. Указанное соотношение сохраняется и при двукратном увеличении площади поперечного сечения композитного материала. Таким образом, можно отметить, что с увеличением процента стального армирования, обратно пропорционально изменяется эффективность композитного усиления с использованием стеклоткани.

Прочность балок, усиленных стеклопластиком, на I этапе проведения опытов увеличивается вместе с увеличением площади сечения композитного материала. С ростом процента стального армирования (балки II этапа) эффективность усиления снижается при одновременном уменьшении уровня приращения прочности.

Степень приращения прочности опытных образцов, усиленных **углепластиком** в балках первого этапа оказалась сопоставимой с усилением стеклотканью. Однако при увеличении площади сечения углепластика в два раза, эффект приращения несущей способности наоборот уменьшился примерно на 20%. Балки второго этапа, у которых процент стального армирования в два раза больше, по-

казали практически нулевой процент приращения нагрузки из-за отрыва защитного слоя бетона. Последнее свидетельствует о том, что усиление балок с использованием большой площади композитной арматуры делает это усиление не эффективным, если отсутствуют конструктивные мероприятия. При этом, несущая способность такого сечения сопоставима с прочностью эталонного образца.

Таблица № 1

Результаты испытания опытных балок по прочности

Этапы испытан. балок по виду стальной ар-ры	Серия балок по виду композита	Шифр балок	Площадь композита, см ²	Опытная прочность балок N_s^{exp} , N_f^{exp} , кН	Мах. приращение несущей способности N_f^{exp} / N_s^{exp} , %	Нагрузка N_{ult}^{exp} при предельно допустимом прогибе $f_{ult}=l_0/20$ 0кН	Приращение предельно допустимой нагр. $N_{ult}^{exp} / N_s^{exp}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8
I этап	А эталон	Б-1-1	-	57,9	-	57,7	-
		Б-1-2	-	60,6	-	60,6	-
	Б стеклоткань	БУg-1-1	0,765	72,5	22,4	69,5	17,49
		БУg-1-2	1,53	90,8	53,2	75,5	27,64
	В углеткань	БУс-1-1	0,622	93,6	58,0	93,6	58,24
		БУс-1-2	1,245	84,0	41,8	84	42
	Г углеламинат	БУЛ-1-1	0,7	96,0	62,0	96	62,29
		БУЛ-1-2	1,4	84,0	41,8	84	42
	Д углеламинат +анкеры	БУЛ* -1-1	0,7	120,0	102,5	100	69,06
		БУЛ* -1-2	1,4	140,1	136,3	129	118,1
II этап.	А эталон	БУ-2-1	-	125,2	-	111	-
		БУ-2-2	-	124,6	-	110	-
	Б стеклоткань	БУg-2-1	0,765	140,0	12,1	113,5	2,7
		БУg-2-2	1,53	151,0	20,9	116	4,97
		БУg-2-3	1,53	148,3	18,7	113	2,26
	Тоже + полуанкеры	БУg* -2-4	1,53	155,8	24,7	116	4,9
	В углеткань	БУс-2-1	0,622	148,0	18,5	131	18,55
		БУс-2-2	1,245	134,0	7,3	131	18,55
	Г углеламинат	БУЛ-2-1	0,7	133,7	7,04	127	14,9
		БУЛ-2-2	1,4	128,0	2,48	128	15,84
Д углеламинат +анкеры	БУЛ* -2-1	0,7	166,0	32,9	132,5	19,9	
	БУЛ*-2-2	1,4	206,0	64,9	150	35,75	

Примечание: символом N_s^{exp} и N_f^{exp} обозначена величина опытной нагрузки, приложенной на траверсу, соответственно при испытании эталонной или усиленной балки.

Наличие U – образных анкеров на торцах усиливающих элементов резко увеличивает несущую способность усиленных балок, которая сопоставима с предельной прочностью железобетонного элемента с **одиноким** арматурой. При этом эффективность анкеров несколько снижается при увеличении прочности стали и при резком увеличении процента стального армирования.

Все изложенное свидетельствует о том, что усиление нормальных сечений балок не может происходить без усиления наклонных сечений. Необходима также и разработка других конструктивных мероприятий, обеспечивающих равнопрочность нормальных и наклонных сечений.

На основе опытных данных были построены графики (рис.1) зависимости прогибов балок от величины действующих нагрузок для всех опытных образцов, испытанных на I и II этапах. При сравнении указанных графиков, на всем диапазоне нагрузок, деформативность эталонных балок второго этапа с арматурой класса А600 заметно ниже по сравнению с аналогичными балками первой серии, где рабочая арматура – А500. Это вполне объяснимо и связано как с прочностью арматуры, которая для класса А600 в 1,2 раза выше, так и вдвое большим процентом стального армирования.

Деформативность балок, усиленных **стеклотканью**, практически не отличается от эталонных образцов первого и второго этапов исследований.

Деформативность балок, усиленных разными видами **углепластика** заметно ниже по сравнению с эталонными образцами и практически не зависит от вида стальной арматуры. Вместе с тем, степень влияния разного вида композита – различна.

Увеличение процента композитного армирования приводит к уменьшению деформации опытных образцов, вне зависимости от вида композитных волокон.

При этом степень влияния величины μ_f – также различна.

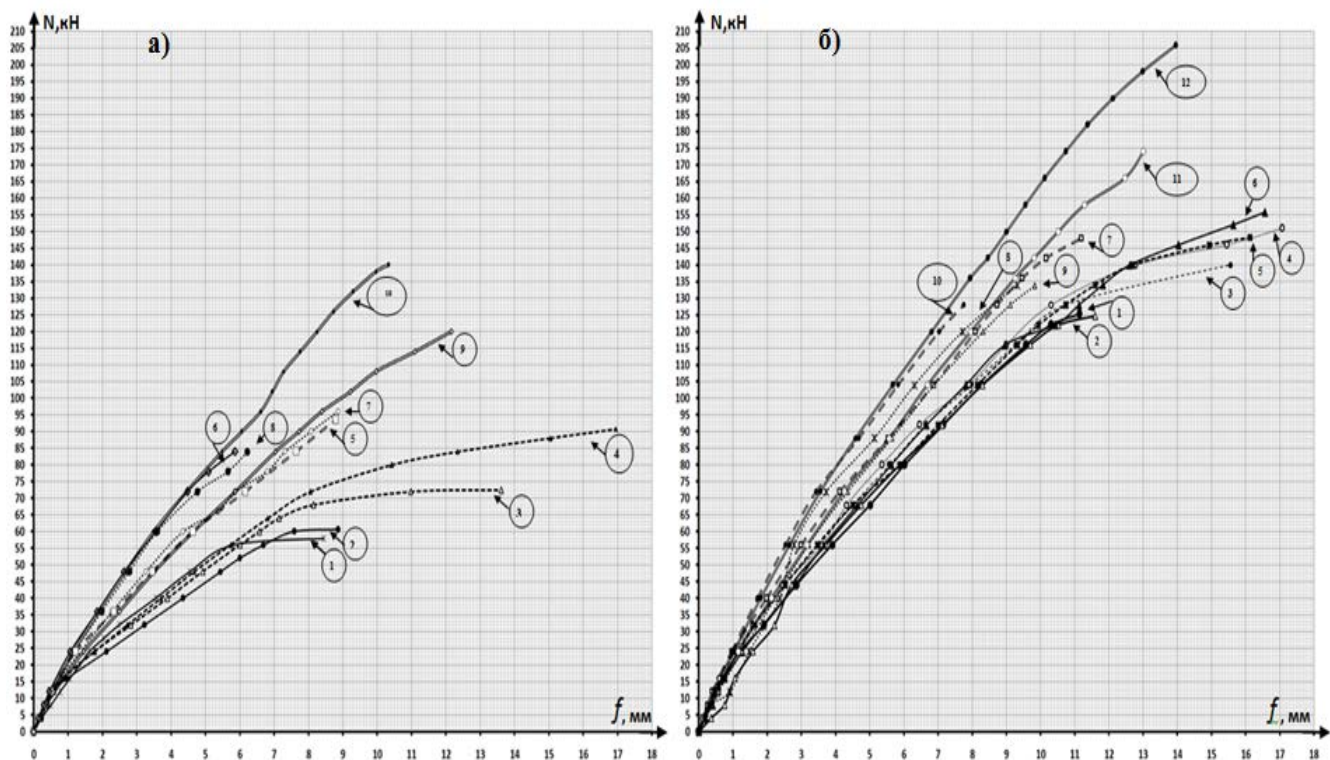


Рис. 1.– Сопоставление зависимости прогибов эталонных и усиленных опытных балок в зависимости от величины нагрузки при испытании на первом (а) и втором (б) этапах эксперимента

Цифрами 1-12 обозначен шифр опытных образцов:

Деформативность однотипных балок, усиленных стеклопластиком, резко отличается в балках I и II этапов. Она меньше там, где выше класс арматуры и больше её площадь. Для балок, усиленных углепластиком, различие не столь велико.

Наличие анкерных устройств U – образной формы на торцах углеламинатов или холстов из углеткани уменьшает деформативность балок, независимо от класса арматуры и одновременно резко повышает прочность. При этом прочность увеличивается вместе с ростом сечения композитного усиления.

Приведенные данные о прогибах балок на обоих этапах исследования, свидетельствуют об их зависимости от класса арматуры, вида композитного материала и процентов их армирования, которые в должной мере пока не учитываются в расчёте.

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.