

Опытные значения ширины раскрытия нормальных трещин железобетонных балок, усиленных композитными материалами

Михуб Ахмад, П.П. Польской

Исследование влияния вида стального и композитного армирования на ширину раскрытия нормальных трещин, как и при рассмотрении деформативности опытных образцов, выполнялось на основе прямого сопоставления экспериментальных данных, полученных при испытании эталонных и усиленных балок.

На основе экспериментальных данных по раскрытию трещин были построены графики (рис. 1) изменения ширины раскрытия нормальных трещин в зависимости от величины нагрузок и составлена таблица 1, в которой представлены данные о величине нагрузки при фиксированной ширине раскрытия нормальных трещин в интервале $a_{cr} = 0,05 - 0,3$ мм. Рассмотрение этих графиков показало следующее:

Ширина раскрытия трещин в балках I этапа исследования с рабочей арматурой, имеющей площадку текучести, оказалась несколько больше по сравнению с образцами II этапа, у которых рабочая арматура площадки текучести не имеет. Однако в предельном состоянии, балки с арматурой класса А500 показали более значительное приращение деформаций. Это связано, на наш взгляд, с двумя факторами - наличием площадки текучести в рабочей арматуре А500 и вдвое меньшим процентом стального армирования. Кроме того, на предельное раскрытие нормальных трещин в балках II этапа исследования, оказало влияние развитие наклонных трещин, которые появляются при более высоком уровне нагрузки. Это возможно только в балках II этапа, так как несущая способность этих балок выше.

Раскрытие трещин в балках, усиленных стеклопластиком, во всем диапазоне нагрузок незначительно отличается от ширины трещин эталонных балок. При этом увеличение в два раза площади сечения холстов усиления, практически, не сказывается на ширине раскрытия нормальных трещин.

Усиление балок холстами или ламинатами на основе углепластика на I этапе, почти вдвое снижает ширину раскрытия трещин во всем диапазоне нагрузок. Увеличение площади сечения этого же композитного материала в балках II этапа

исследования оказывает меньшее влияние, чем в балках, усиленных стеклотканью.

Наличие U-образных анкерных устройств на концах холстов из ткани или ламинатов в балках, усиленных углепластиком, практически, не сказалось на изменении ширины раскрытия нормальных трещин. В балках, усиленных стеклопластиком, влияние анкеров на ширину раскрытия трещин более заметно, только при втором, т.е. более высоком коэффициенте композитного армирования.

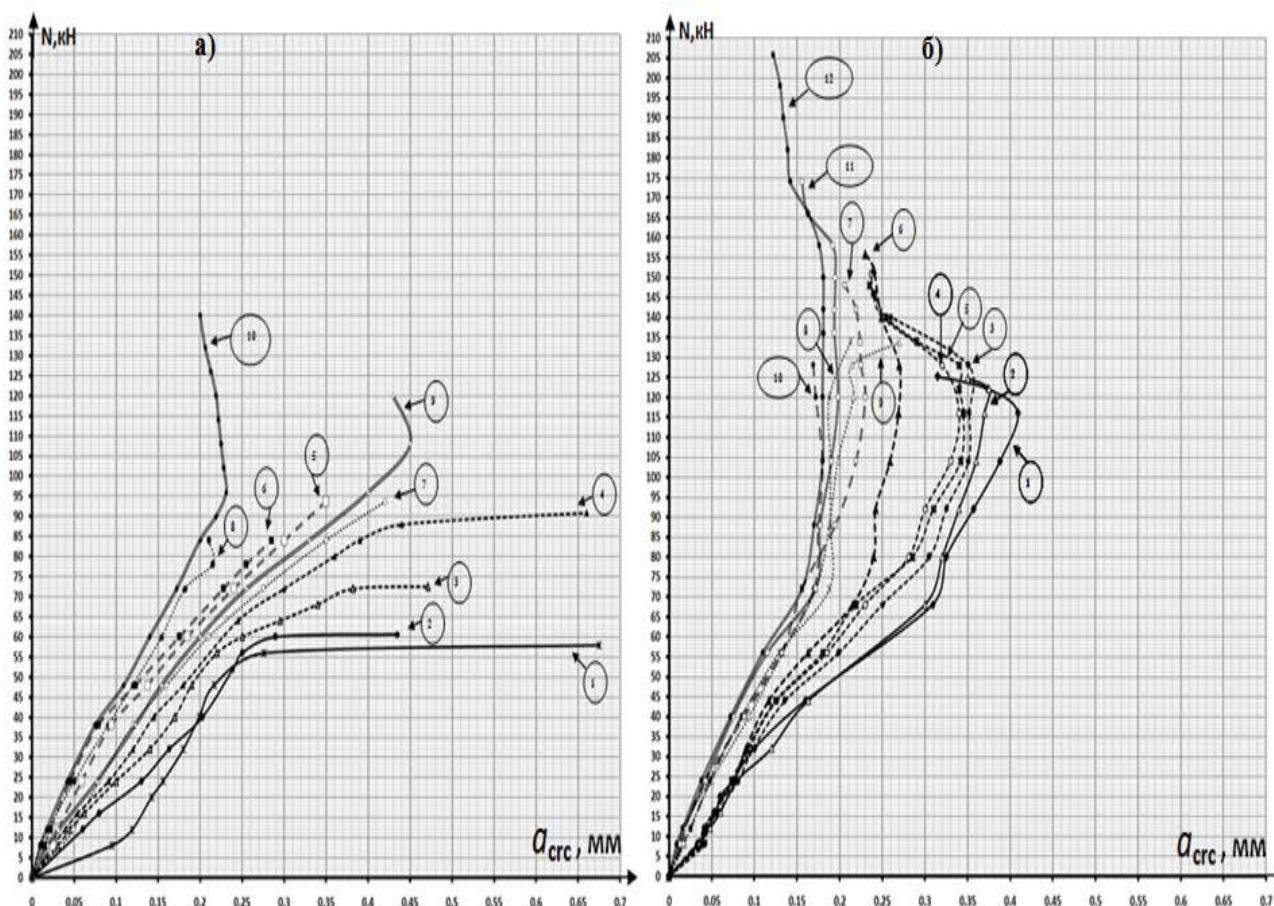


Рис.1. – Сопоставление ширины раскрытия нормальных трещин для эталонных и усиленных опытных балок в зависимости от величины нагрузки при испытании на первом (а) и втором (б) этапах экспериментов

Цифрами 1-12 обозначен шифр опытных образцов:

Сопоставление величины опытной нагрузки при одинаковой ширине раскрытия нормальных трещин (табл. 1) показало, что эталонные балки I этапа

Результаты испытания опытных балок по прочности и ширине раскрытия
нормальных трещин

Этапы испытан. балок по виду стальной ар-ры	Серия балок по виду композита	Шифр балок	Площадь композитной арматуры $A_f, \text{см}^2$	Нагрузка – N_i^{exp} кН, воспринимаемая балкой при ширине раскрытия нормальных трещин, $a_{\text{ср}}, \text{мм}$				
				0,05	0,1	0,2	0,25	0,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Этап I 2 Ø10A500 $A_s=1,57\text{см}^2$ $\mu_s=0,56\%$	А эталон	Б-1-1	-	4,0	8,5	39,0	54,5	56,5
		Б-1-2	-	10,0	19	39,5	56,5	60,2
	Б стеклоткань	БУg-1-1	0,765	13,5	19,7	51,0	60,4	64,7
		БУg-1-2	1,53	15,2	21,7	53,2	65,2	72,0
	В углеткань	БУс-1-1	0,622	20,2	40,2	63,6	74,5	84,0
		БУс-1-2	1,245	25,5	43,3	66,0	77,3	-
	Г углеламинат	БУЛ-1-1	0,7	12	31,5	58,0	66,5	76,5
		БУЛ-1-2	1,4	24	41,5	75,5	-	-
	Д углеламинат +анкеры	БУЛ*-1-1	0,7	17	30,5	59,7	71,0	79,5
		БУЛ*-1-2	1,4	27,5	45,3	84,0	-	-
Этап II 2 Ø14A600 $A_s=3,08\text{см}^2$ $\mu_s=1,11\%$	А эталон	БУ-2-1	-	14,0	28,0	49,5	57,8	66,4
		БУ-2-2	-	12,5	32,5	51,0	59,2	68,5
	Б стеклоткань	БУg-2-1	0,765	14,0	33,0	56,0	68,1	79,0
		БУg-2-2	1,53	15,0	35,0	60,0	74,0	92,0
		БУg-2-3	1,53	15,0	35,0	62,7	73,1	86,3
	Тоже + полу- анкеры	БУg*-2-4	1,53	15,0	36,6	64,5	98,5	-
	В углеткань	БУс-2-1	0,622	25,0	44,5	90,0	-	-
		БУс-2-2	1,245	27,8	45,5	133,5	-	-
	Г углеламинат	БУЛ-2-1	0,7	23,6	43,0	107,5	-	-
		БУЛ-2-2	1,4	24,5	45,0	-	-	-
Д углеламинат +анкеры	БУЛ*-2-1	0,7	27,5	50,5	120,0	-	-	
	БУЛ*-2-2	1,4	30,5	51,0	-	-	-	

исследования при величине $a_{\text{срс}}=0,05$ и $0,1$ мм показывают вдвое меньшую нагрузку, чем балки II этапа. Однако при раскрытии трещин в интервале $0,2-0,3$ мм величина опытных нагрузок между этапами отличается в пределах 10%.

Балки I этапа исследования, усиленные стеклопластиком, показывают примерно в 1,5-2,0 раза более высокий уровень нагрузки, чем эталонные во всем диапазоне раскрытия трещин от $0,05$ до $0,3$ мм. Аналогично усиленные балки II этапа показывают практически одинаковую с эталонными балками нагрузку при раскрытии трещин до $0,2$ мм и только на 10-15% выше при $a_{\text{срс}}>0,2$ мм. Но это при условии, что площадь стеклопластика увеличивается вдвое.

Балки, усиленные углепластиком, показывают более высокие по сравнению со стеклопластиком, уровни нагрузок при одинаковой ширине трещин в пределах $0,05-0,2$ мм. Раскрытие трещин более $0,2$ мм показывают только балки I этапа при втором варианте композитного армирования. Балки II этапа – имеют трещины с раскрытием $a_{\text{срс}}<0,2$ мм.

Балки одинаково усиленные и имеющие U-образные хомуты, показывают при величине $a_{\text{срс}}=0,2$ мм наибольшие нагрузки, превышающие в 2,14 раза эталонные балки I этапа исследования и в 2,39 раза - второго.

Отмеченное, показало зависимость ширины раскрытия нормальных трещин от различных варьируемых факторов, что должно учитываться в теоретических расчётах.

С учётом выше изложенного можно отметить следующие выводы:

1. Характер развития нормальных и наклонных трещин, а так же вид разрушения опытных образцов и их деформативность, находятся в прямой зависимости от вида и процентов армирования стальной и композитной арматуры. С увеличением прочности обеих видов арматуры и модуля упругости композитных материалов, количество трещин возрастает, а их средняя ширина раскрытия - уменьшается.

2. приведенные данные свидетельствуют о том, что влияние композитного усиления необходимо учитывать и при теоретических расчётах ширины раскрытия нормальных трещин .

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 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.