

**УСИЛЕНИЕ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАСТИКАМИ
FIBARM TAPE
STRENGTHENING COMPRESSED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY
FIBARM TAPE PLASTICS**

Шокбаров Е.М. Shokbarov E.M. к.т.н., управляющий директор, АО «КазНИИСА»
Беспаяев А.А., Bespaev A.A. д.т.н., зав. лабораторией, АО «КазНИИСА»
Алтигенов У.Б., Altigenov U.B. магистр строительства, АО «КазНИИСА»
Куралов У.С., Kuralov U.S. зав сектором, АО «КазНИИСА»
«Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры»

Kazakh Research and Design Institute of Construction and Architecture

Представлены результаты экспериментального изучения прочности сжатых железобетонных элементов полимерармированными пластиками FIBARM TAPE 530/300.

The results of an experimental study of the strength of compressed reinforced concrete elements with polymer-coated plastics FIBARM TAPE 530/300 are presented.

Ключевые слова: железобетонные конструкции; сжатие бетона.

Keywords: reinforced concrete structures; compression of concrete.

В АО «КазНИИСА» проведены исследования особенностей поведения при статических воздействиях сжатия усиленных железобетонных элементов, усилены слоями фиброармированных сеток FibArm Tape 530/300 («Препрег-Современные Композитные материалы» Холдинговой компании «Композит»), ограничивающих поперечные деформации бетона и этим создающих трехосное сжатие бетона.

В качестве опытных образцов использовались бетонные цилиндры трех типоразмеров: диаметром 100 мм и высотой 200 мм (К10), диаметром 150 мм и высотой 300 мм (К15) и диаметром 200 мм и высотой 400 мм (К20), изготовленных из одной партии бетона естественного твердения класса В27,5. Опытные образцы обклеивались слоями карбоновых однонаправленных сеток (FibArm Tape 530/300), которые имели однонаправленные фиброволокна, ширину 300 мм, поверхностную плотность 530 г/м², расчетную толщину 2,45 мм, с модулем упругости $E_f=245$ ГПа и пределом прочности при растяжении $f_u=3,6$ ГПа.

Статические испытания бетонных цилиндров производились при осевом действии квази-статического сжатия на гидравлических прессах ИПС-200 и ALPHA 3-3000S. Образцы подвергались действию осевого сжатия с поэтапным увеличением величины продольной сжимающей силы со скоростью 0,3 МПа/сек., вплоть до разрушения образца.

В Таблицах 1-4 представлены данные по прочности при статическом нагружении бетонных цилиндров с различным количеством слоев усиления полимерными сетками FibArm Tape, соотношении прочности серий, предельным продольным и поперечным деформациям.

Таблица 1- Статическая прочность на сжатие бетонных цилиндров сечением 100x200 (dxh) мм

Марка образцов	Разрушающее усилие N, кН	Напряжения, σ , МПа	Средние напряжения $\sigma_{ср}$, МПа	Сопоставление прочности	Деформации, 10^{-5}	
					$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{поп}$

K10-0-1	235	25,4	26,6	1,0	190	50
K10-0-2	210	22,9			205	32
K10-0-3	290	31,4			200	32
K10-1-1	702	75,9	79,9	3,0	700	660
K10-1-2	701	75,1			415	310
K10-1-3	797	88,7			810	530
K10-2-1	900	98,3	86,2	3,24	410	215
K10-2-2	700	77,9			260	150
K10-2-3	740	82,3			415	160
K10-3-1	1246	138,6	147,1	5,53	302	375
K10-3-2	1500	163,8			500	435
K10-3-3	1250	139,0			450	335

Таблица 2- Статическая прочность на сжатие бетонных цилиндров сечением 150x300 (dxh) мм

Марка образцов	Разрушающее усилие N, кН	Напряжения, σ , МПа	Средние напряжения $\sigma_{ср}$, МПа	Сопоставление прочности	Деформации, 10^{-5}	
					$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{поп}$
K15-0-1	510	28,1	25,1	1,0	128	66
K15-0-2	410	22,5			90	28
K15-0-3	444	24,8			133	22
K15-1-1	1200	69,8	65,9	2,62	310	330
K15-1-2	1000	58,1			320	194
K15-1-3	1249	69,9			300	270
K15-2-1	1450	83,4	94,1	3,75	650	440
K15-2-2	1797	100,4			350	380
K15-2-3	1899	108,9			310	300
K15-2-4	1500	83,8			340	356
K15-3-1	2299	130,1	131,1	5,22	300	436
K15-3-2	2400	135,2			320	425
K15-3-3	2200	127,9			340	330

Таблица 3-Статическая прочность на сжатие бетонных цилиндров сечением 200x400 (dxh) мм

Марка образцов	Разрушающее усилие N, кН	Напряжения, σ , МПа	Средние напряжения $\sigma_{ср}$, МПа	Сопоставление прочности	Деформации, 10^{-5}	
					$\epsilon_{пр}$	$\epsilon_{поп}$
K20-0-1	853,5	26,9	26,4	1,0	110	22
K20-0-2	814,2	25,6			98	23
K20-0-3	833,9	26,6			105	20
K20-1-1	1570	39,2	37,2	1,41	320	275
K20-1-2	1619	40,5			400	270
K20-1-3	1275	31,9			312	170
K20-2-1	2500	59,5	64,3	2,43	480	430
K20-2-2	2900	69,0			435	434

K20-3-1*	3001	71,4	69,0	2,61	391	284
K20-3-2*	2700	64,2			363	302
K20-3-3*	3000	71,4			489	474

Разрушение образцов, усиленных карбоновыми фибросетками FibArm Tare происходило постепенно. Сначала появлялся треск, вызванный разрывом отдельных фиброволокон, с ростом нагрузки треск увеличивался и происходил разрыва участка сетки и хрупкое раздавливание бетона в этой зоне, сопровождавшееся резким звуком.

Анализ данных показывает, что усиление образцов путем обвертывания (обклеивания) материалом серии FibArm Tare 530/300 привело к существенному повышению прочности сжатых образцов, при этом величина упрочнения практически линейно зависела от количества слоев сеток. Так, однослойные сетки вызвали увеличение прочности в среднем на 200% для образцов (серия K10), на 162% для образцов (серия K15), на 41% для образцов (серия K20), двухслойные сетки привели к увеличению прочности на 224% для образцов (серия K10), на 275% для образцов (серия K15), на 143% для образцов (серия K20,) а трехслойные сетки – на 453% для образцов (серия K10), на 422% для образцов (серия K15), на 161% для образцов (серия K20).

Наличие обойм из сеток FibArm Tare приводит к существенному увеличению продольных деформаций бетона, которые достигают 4‰, а также увеличению поперечных деформаций бетона, которые могут увеличиться почти в 10 раз, достигая значения 3-4‰. Кроме того, происходит увеличение начального модуля упругости, который возрос на 30%, 52% и 61% при одном, двум и трем слоям сеток усиления.

В целом, влияние усиления сетками FibArm Tare для образцов размерами 200x400 (bхh) мм гораздо меньше, чем для образцов размерами 100x200 мм и 150x300 (bхh) мм.

ВЫВОДЫ

Разрушение бетонных образцов, усиленных карбоновыми фиброволокнами серии FibArm Tare, при осевом сжатии происходит постепенно. Сначала появляется треск, вызванный разрывом отдельных фиброволокон. С увеличением нагрузки треск увеличивается и затем происходит хрупкое раздавливание бетона в зоне разрыва сетки, сопровождающееся резким звуком. Чем больше слоев усиления, тем раньше начинается процесс разрыва волокон сеток.

Усиление бетонных образцов путем обвертывания (обклеивания) ФАП при осевом сжатии привело к значительному повышению прочности элементов, при этом с увеличением размеров сечения образца и количества слоев сеток усиления эффективность использования ФАП снижается. Так, для образцов размерами 100x200 (bхh) мм и 150x300 (bхh) мм однослойные сетки вызвали увеличение прочности в среднем соответственно на 200% и 162%, двухслойные сетки привели к увеличению прочности на 224% и 275% и трехслойные сетки увеличили прочность на 443% и 422%. В тоже время, для образцов больших размеров (200x400 (bхh) мм) соответствующее повышение прочности было гораздо меньшим.

Наличие сеток приводит к существенному увеличению продольных деформаций бетона, однако с увеличением количества слоев сеток интенсивность роста деформаций снижается и при трех слоях сеток деформации бетона мало отличаются от деформаций образцов с двумя слоями сеток. Предельная сжимаемость бетона составляет около 3 ‰. Наличие сеток вызывает и увеличение поперечных деформаций бетона. Они увеличиваются от 30-40·10⁻⁵ до 300-400·10⁻⁵ относительных единиц, т.е. по величине приближаются к предельной величине продольных деформаций.

Увеличение размеров поперечного сечения сжатых элементов снижает эффект повышения прочности сжатых элементов. Увеличение сечений сжатых образцов с 100×200 (bхh) мм и 150x300 (bхh) мм до 200×400 (bхh) мм привело к уменьшению относительной прочности почти в два раза.

