

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/37SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Стельмах С.А., Щербань Е.М., Яновская А.В., Ткач П.С., Ефимов И.И., Санин И.С. Исследование изменения прочностных характеристик по толщине сечения и в зависимости от наличия и вида фибрового армирования высокопрочного центрифугированного и виброцентрифугированного бетона // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/37SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Yanovskaya A.V., Tkach P.S., Efimov I.I., Sanin I.S. (2019). Investigation of changes in strength characteristics by section thickness and depending on the presence and type of fiber reinforcement of high strength centrifuged and vibro-centrifuged concrete. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/37SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Стельмах Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Щербань Евгений Михайлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук
E-mail: au-geen@mail.ru

Яновская Алина Вадимовна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: kgweny@gmail.com

Ткач Павел Сергеевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: paveltkach98@mail.ru

Ефимов Иван Иванович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: vanya_efimov_97@mail.ru

Санин Иван Сергеевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: sanin_rem@mail.ru

Исследование изменения прочностных характеристик по толщине сечения и в зависимости от наличия и вида фибрового армирования высокопрочного центрифугированного и виброцентрифугированного бетона

Аннотация. В статье рассмотрен процесс центробежного уплотнения бетонной смеси. Отмечено, что центробежное уплотнение имеет много общего с вибропрессованием, при котором вибрирование используется в основном как средство укладки бетонной смеси перед приложением равномерно распределенного давления к ее поверхности. Отражено, что в случае, если уплотнение бетонной смеси происходит в неограниченном пространстве, то величина потери давления будет значительно меньшей, однако и в этом случае большее уплотнение смеси произойдет в слоях, расположенных ближе к поверхности приложения давления. При этом анизотропия плотности бетона будет тем меньше, чем тоньше бетонный слой. Известно, что действие центробежной силы тем значительнее, чем больше радиус и удельный вес зерна. В связи с этим более крупные зерна прижимаются к наружной поверхности изделия, а мелкие распределяются ближе к внутренней поверхности изделия. Следовательно, центрифугированный бетон отличается от вибрированного неоднородным распределением зерен заполнителя по высоте изделия. Авторами проведена серия экспериментов для установления характера изменения прочностных свойств по толщине сечения изделий из тяжелого бетона, изготовленных методами центрифугирования и виброцентрифугирования с использованием стального и базальтового фибрового волокна. В результате проведенных экспериментов установлено, что плотность образцов центрифугированных и виброцентрифугированных конструкций изменяется следующим образом – уменьшается по сечению от внешнего слоя к внутреннему, причем плотность образцов с базальтовой фиброй больше плотности образцов без фибры, но меньше чем плотность у образцов со стальными волокнами. Та же самая тенденция наблюдается и с прочностными характеристиками высокопрочного центрифугированного бетона: наибольшими значениями пределов прочности при осевом сжатии и растяжении при изгибе характеризуется внешний слой, наименьшими – внутренний слой. Средний же слой по прочностным показателям близок к прочности цельного изделия (без деления на слои).

Вклад авторов.

Стельмах Сергей Анатольевич – автор одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей на публикацию.

Щербань Евгений Михайлович – автор осуществил написание статьи.

Яновская Алина Вадимовна – автор осуществил написание статьи.

Ткач Павел Сергеевич – автор собрал, проанализировал и интерпретировал материал для статьи.

Ефимов Иван Иванович – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Санин Иван Сергеевич – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ключевые слова: бетонная смесь; центробежное уплотнение; центрифугирование; виброцентрифугирование; фибровое армирование; прочностные свойства; распределение свойств по толщине сечения

Из литературных данных [1–4] известно, что центробежное уплотнение имеет много общего с вибропрессованием, при котором вибрирование используется в основном как средство укладки бетонной смеси перед приложением равномерно распределенной нагрузки (давления) к ее поверхности. При прессовании бетонной смеси в ограниченном пространстве (форме) нормальное давление убывает с увеличением толщины образца по криволинейному закону вследствие потери части давления на трение [5–8].

Если же уплотнение бетонной смеси происходит в неограниченном пространстве, то величина потери давления будет значительно меньшей, однако и в этом случае большее уплотнение смеси произойдет в слоях, расположенных ближе к поверхности приложения давления. При этом анизотропия плотности бетона будет тем меньше, чем тоньше бетонный слой [9–12].

Действие центробежной силы тем значительнее, чем больше радиус и удельный вес зерна. В связи с этим более крупные зерна прижимаются к наружной поверхности изделия, а мелкие распределяются ближе к внутренней поверхности изделия. Поэтому центрифугированный бетон отличается от вибрированного неоднородным распределением зерен заполнителя по высоте изделия [13–15].

В научно-исследовательской лаборатории кафедры технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики Донского государственного технического университета авторами проведена серия экспериментов для установления характера изменения прочностных свойств по толщине сечения изделий из тяжелого бетона, изготовленных методами центрифугирования и виброцентрифугирования с использованием стального и базальтового фибрового волокна.

С целью упорядочения собранных экспериментальных данных, по методикам, описанным в предыдущих работах, авторами были произведены и изучены изделия из бетона класса В60, армированного стальной или базальтовой фиброй, изготовленные методами центрифугирования и виброцентрифугирования и приведенные к единообразию для удобства аналитического сравнения полученных результатов [16; 17]. Сравнению подлежали значения таких свойств бетонов как прочность на осевое сжатие и прочность на растяжение при изгибе.

Авторами экспериментально были подобраны составы центрифугированного и виброцентрифугированного бетона с фиброй, позволяющие получить в лабораторных условиях высокопрочный бетон класса В60 и выше [18–20].

Сечение центрифугированных и виброцентрифугированных изделий было разделено на три слоя равной толщины: внешний, средний и внутренний.

Результаты экспериментов представлены в таблицах 1–4 и графически отражены на рисунках 1–4.

Таблица 1

Результаты испытаний высокопрочного центрифугированного бетона (ВЦБ) по слоям сечения изделий в зависимости от наличия фибры и ее вида на показатель «предел прочности на осевое сжатие» в возрасте 28 суток

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
Без армирования фибровым волокном								
В60	2531	82,2	2498	72,0	2478	72,9	2510	76,5
	2522	81,5	2508	75,3	2482	73,2	2500	72,9

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
Без армирования фибровым волокном								
	2518	82,7	2510	74,8	2488	71,7	2498	74,1
	2529	83,0	2495	73,8	2489	71,4	2512	74,5
	2525	80,9	2492	75,5	2484	71,0	2502	75,3
	2523	83,4	2500	72,6	2492	70,8	2495	75,5
Среднее	2525	82,8	2501	74,9	2486	72,3	2503	75,5
Со стальной фиброй								
В60	2530	88,0	2522	80,6	2501	77,1	2515	80,6
	2538	87,5	2514	80,2	2500	77,6	2519	81,2
	2540	88,8	2526	79,2	2508	76,9	2525	80,1
	2543	89,3	2516	79,4	2506	77,0	2521	79,9
	2538	89,0	2515	79,8	2502	76,5	2524	80,8
Среднее	2537	88,6	2513	80,2	2507	78,2	2520	81,1
Среднее	2538	88,9	2518	80,2	2504	77,5	2521	80,9
С базальтовой фиброй								
В60	2533	86,8	2505	77,5	2499	75,1	2516	78,3
	2527	85,2	2508	78,3	2492	74,1	2508	78,9
	2534	85,4	2512	77,9	2501	74,7	2515	78,6
	2530	85,6	2509	78,4	2490	75,2	2512	78,6
	2526	86,2	2514	77,2	2496	74,6	2518	77,8
Среднее	2535	85,1	2509	77,0	2493	74,0	2507	77,5
Среднее	2531	86,0	2510	78,0	2495	74,9	2513	78,6

Составлено авторами

Таблица 2

Результаты испытаний высокопрочного центрифугированного бетона (ВЦБ) по слоям сечения изделий в зависимости от наличия фибры и ее вида на показатель «предел прочности на растяжение при изгибе» в возрасте 28 суток

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
Без армирования фибровым волокном								
В _{цб} 4	2531	8,86	2498	7,64	2478	7,75	2510	8,18
	2522	8,78	2508	8,04	2482	7,78	2500	7,75
	2518	8,92	2510	7,98	2488	7,60	2498	7,89
	2529	8,96	2495	7,86	2489	7,57	2512	7,94
	2525	8,71	2492	8,06	2484	7,52	2502	8,04
Среднее	2523	9,01	2500	7,71	2492	7,50	2495	8,06
Среднее	2525	8,94	2501	7,99	2486	7,68	2503	8,06
Со стальной фиброй								
В _{цб} 4	2542	10,2	2521	9,43	2490	8,94	2516	9,51
	2540	10,3	2515	9,38	2504	9,00	2522	9,55
	2535	10,7	2512	9,27	2496	8,94	2519	9,45
	2530	10,8	2520	9,29	2498	8,95	2511	9,43
	2539	10,7	2522	9,34	2504	8,89	2519	9,50
Среднее	2543	10,1	2514	9,38	2501	9,09	2525	9,57
Среднее	2538	10,6	2517	9,40	2499	9,01	2519	9,53

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
С базальтовой фиброй								
В _{тб} 6,4	2526	9,98	2515	8,84	2496	8,49	2513	8,91
	2529	9,80	2511	8,91	2498	8,37	2520	8,99
	2534	9,81	2507	8,82	2486	8,44	2517	8,96
	2531	9,82	2505	8,90	2491	8,47	2509	8,93
	2528	9,91	2511	8,80	2493	8,43	2513	8,87
	2532	9,79	2517	8,74	2488	8,36	2506	8,84
Среднее	2530	9,88	2511	8,86	2492	8,45	2513	8,94

Составлено авторами

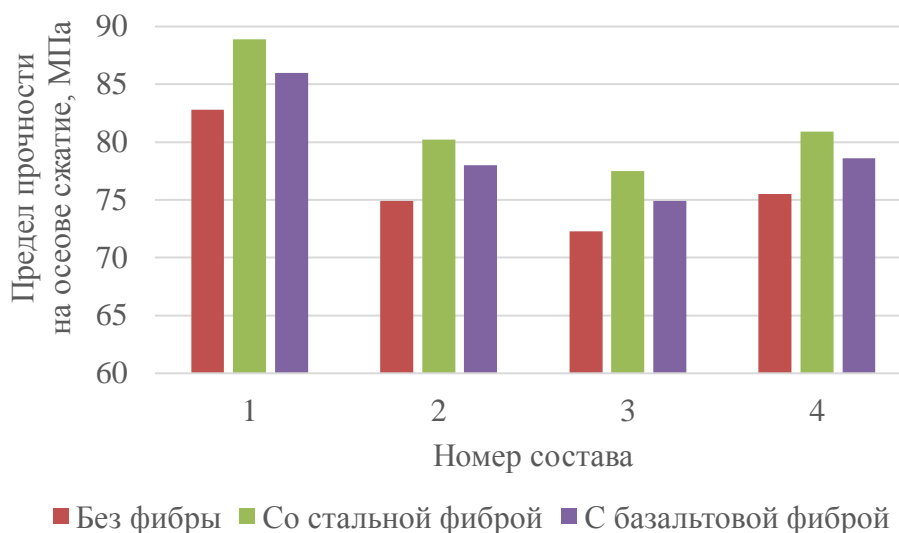


Рисунок 1. Зависимость предела прочности на осевое сжатие от слоя сечения центрифугированного изделия, наличия и вида фибрового армирования: 1 – внешний слой; 2 – средний слой; 3 – внутренний слой; 4 – цельное изделие (составлено авторами)

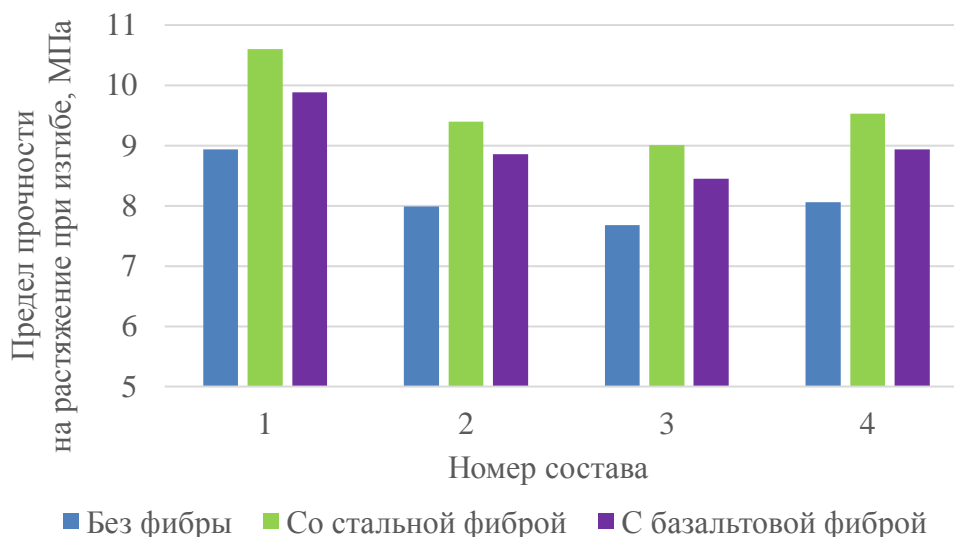


Рисунок 2. Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от слоя сечения центрифугированного изделия, наличия и вида фибрового армирования: 1 – внешний слой; 2 – средний слой; 3 – внутренний слой; 4 – цельное изделие (составлено авторами)

Таблица 3

Результаты испытаний высокопрочного виброцентрифугированного бетона (ВВЦБ) по слоям сечения изделий в зависимости от наличия фибры и ее вида на показатель «предел прочности на осевое сжатие» в возрасте 28 суток

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
Без фибрового армирования								
В60	2527	86,3	2518	84,2	2498	76,1	2516	81,7
	2518	87,9	2514	86,6	2482	75,4	2522	81,2
	2514	85,8	2530	83,8	2499	72,7	2510	80,4
	2529	88,9	2528	86,0	2505	74,9	2500	82,6
	2525	89,5	2512	85,1	2489	75,1	2515	83,2
	2523	89,0	2519	84,3	2492	72,8	2519	79,9
Среднее	2523	88,8	2520	85,5	2494	75,4	2514	82,2
Со стальной фиброй								
В60	2532	94,5	2531	89,1	2508	79,2	2516	86,6
	2530	94,3	2535	88,9	2500	79,1	2528	86,8
	2540	93,7	2532	90,6	2508	80,1	2526	85,8
	2528	93,9	2531	90,8	2512	78,9	2534	87,2
	2538	92,8	2530	89,8	2516	78,7	2524	87,4
	2542	93,2	2527	90,0	2504	80,0	2522	86,2
Среднее	2535	94,1	2531	90,3	2508	79,6	2525	87,0
С базальтовой фиброй								
В60	2526	90,5	2521	88,5	2502	77,8	2525	85,0
	2522	91,2	2524	87,1	2508	76,9	2522	83,8
	2527	91,6	2531	88,7	2505	77,3	2517	85,4
	2536	92,2	2526	87,4	2502	78,3	2520	83,6
	2532	92,6	2526	87,9	2499	77,8	2526	84,7
	2531	90,8	2528	87,7	2496	77,1	2516	85,7
Среднее	2529	91,9	2526	88,2	2502	77,8	2521	85,2

Составлено авторами

Таблица 4

Результаты испытаний высокопрочного виброцентрифугированного бетона (ВВЦБ) по слоям сечения изделий в зависимости от наличия фибры и ее вида на показатель «предел прочности на растяжение при изгибе» в возрасте 28 суток

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
В _{цб} 6,4	2527	9,36	2518	9,10	2498	8,13	2516	8,80
	2518	9,55	2514	9,39	2482	8,05	2522	8,74
	2514	9,30	2530	9,06	2499	7,72	2510	8,65
	2529	9,67	2528	9,32	2505	7,99	2500	8,91
	2525	9,74	2512	9,21	2489	8,01	2515	8,98
	2523	9,68	2519	9,12	2492	7,74	2519	8,59
Среднее	2523	9,66	2520	9,26	2494	8,05	2514	8,86

Проектный класс бетона	Результаты испытания по слоям сечения образцов						Результаты испытания образца сечения без разделения на слои	
	внешний		средний		внутренний			
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
Со стальной фиброй								
В _{6,4}	2535	11,0	2530	10,5	2502	9,54	2522	10,6
	2532	11,2	2534	10,5	2501	9,39	2531	10,3
	2541	11,0	2528	11,1	2515	9,12	2530	9,80
	2538	10,9	2534	10,2	2508	9,08	2521	10,1
	2541	11,2	2540	10,3	2508	9,02	2525	9,62
Среднее	2541	11,4	2538	11,1	2514	9,27	2527	9,49
Среднее	2538	11,2	2534	10,8	2508	9,33	2526	10,2
С базальтовой фиброй								
В _{6,4}	2535	10,1	2536	9,28	2505	8,42	2520	9,25
	2532	9,82	2531	10,0	2501	8,65	2516	9,69
	2538	9,95	2525	9,8	2503	8,54	2526	9,48
	2529	10,0	2529	10,0	2508	8,48	2523	9,72
	2524	10,9	2527	9,54	2498	8,90	2522	9,18
Среднее	2527	11,0	2520	10,2	2503	8,79	2519	9,51
Среднее	2531	10,5	2528	10,0	2503	8,72	2521	9,60

Составлено авторами

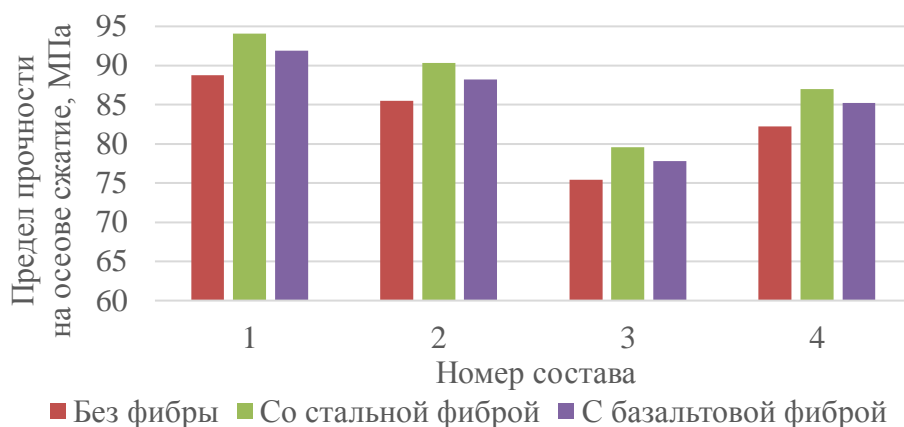


Рисунок 3. Зависимость предела прочности на осевое сжатие от слоя сечения виброцентрифугированного изделия, наличия и вида фибрового армирования: 1 – внешний слой; 2 – средний слой; 3 – внутренний слой; 4 – цельное изделие (составлено авторами)

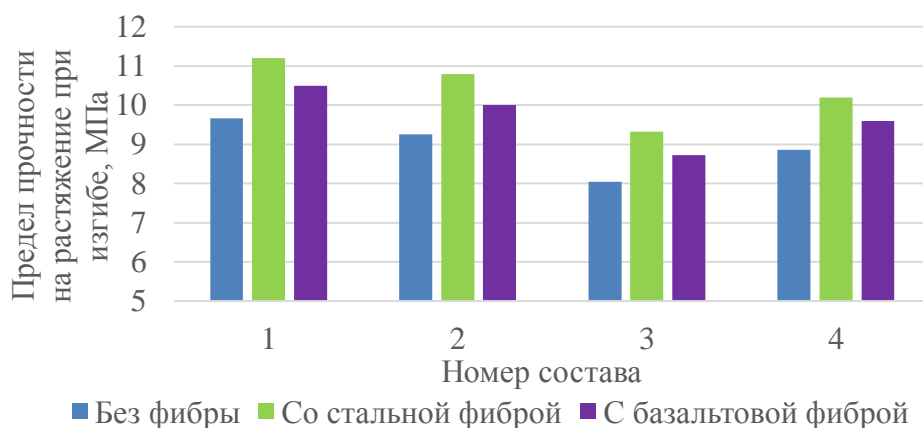


Рисунок 4. Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от слоя сечения виброцентрифугированного изделия, наличия и вида фибрового армирования: 1 – внешний слой; 2 – средний слой; 3 – внутренний слой; 4 – цельное изделие (составлено авторами)

В результате проведенных экспериментов установлено, что плотность образцов центрифугированных и виброцентрифугированных конструкций изменяется следующим образом – уменьшается по сечению от внешнего слоя к внутреннему, причем плотность образцов с базальтовой фиброй больше плотности образцов без фибры, но меньше чем плотность образцов со стальными волокнами.

Та же самая тенденция наблюдается и с прочностными характеристиками высокопрочного центрифугированного бетона: наибольшими значениями пределов прочности при осевом сжатии и растяжении при изгибе характеризуется внешний слой, наименьшими – внутренний слой. Средний же слой по прочностным показателям близок к прочности цельного изделия (без деления на слои). Разница в пределах прочности при осевом сжатии и растяжении при изгибе между внешним и внутренним слоями составляет около 15 %.

Прочность на сжатие центрифугированных образцов со стальной фиброй больше на 8 % прочности образцов без фибры и на 4 % больше прочности на сжатие образцов с базальтовой фиброй. Разница в прочности на растяжение при изгибе у образцов со стальной, базальтовой фиброй и без фибры соответственно 18 %, 10 %, 0 %. То есть наибольшей прочностью обладают центрифугированные образцы кольцевого сечения со стальной фиброй.

Прочность на сжатие виброцентрифугированных образцов со стальной фиброй больше на 6 % прочности образцов без фибры и на 3 % больше прочности на сжатие образцов с базальтовой фиброй. Разница в прочности на растяжение при изгибе у образцов со стальной, базальтовой фиброй и без фибры соответственно 16 %, 8 %, 0 %. То есть наибольшей прочностью обладают виброцентрифугированные образцы кольцевого сечения со стальной фиброй.

Как видно, у виброцентрифугированного бетона прирост прочности у образцов с фиброй по сравнению с образцами без фибры несколько меньше, чем у центрифугированного бетона.

Особенностью изменения прочности на сжатие и на растяжение при изгибе виброцентрифугированных изделий и конструкций по сравнению с центрифугированными по слоям является небольшая разница (3–5 %) между внешним и средним слоем и существенная разница между внешним и внутренним слоями (15–20 %).

Причем также выявлено, что разница между прочностями внешнего и внутреннего слоев центрифугированных или виброцентрифугированных изделий и конструкций для высокопрочного бетона (15–20 %) меньше, чем у таких же изделий из бетона более низких классов (20–40 %). Следовательно, вариативность структуры высокопрочных бетонов выражена в меньшей степени, нежели у бетонов более низких классов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердов И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. М.: Стройиздат, 1967. 164 с.
2. Бабков В.В., Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Недосеко И.В., Мохов В.Н., Дистанов Р.Ш. Сталефибробетонные конструкции в автомобильном строительстве Республики Башкортостан // Строительные материалы, 2006, № 3. С. 50–53.
3. Саламанова М.Ш., Исмаилова З.Х., Бисултанов Р.Г., Арцаева М.С. Влияние композиционного вяжущего на формирование физико-механических и эксплуатационных свойств фибробетона / Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Ю.М. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 592–598.

4. Ивлев В.А. Фибробетон в тонкостенных изделиях кольцевой конфигурации: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Уфа, 2009. 167 с.
5. Крылов Б.А. Фибробетон и его применение в строительстве – М.: Стройиздат, 1979. – 173 с.
6. Антропова Е.А., Дробышев Б.А., Амосов П.В. Свойства модифицированного сталефибробетона // Бетон и железобетон, 2002, № 3. С. 3–6.
7. Маилян Р.Л., Маилян Л.Р., Осинов К.М. и др. Рекомендации по проектированию железобетонных конструкций из керамзитобетона с фибровым армированием базальтовым волокном. – Ростов н/Дону, 1996. – С. 14.
8. Михеев Н.М., Талантова К.В. К вопросу о классификации стальных фибр для дисперсного армирования бетонов // Бетон и железобетон, 2003, № 2. С. 9–11.
9. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
10. Рахимов Р.З. Фибробетон – строительный материал 21 века // «Экспозиция» 26 (54). Бетон и сухие смеси, 2008.
11. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 208 с.
12. Романенко Е.Ю. Высокопрочные бетоны с минеральными пористыми и волокнистыми добавками для изготовления длинномерных центрифугированных конструкций: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1989. 179 с.
13. Петров В.П. Технология и свойства центрифугированного бетона с комбинированным заполнителем для стоек опор контактной сети: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1983. 175 с.
14. Rooya Alaei, Bing Li. High-strength concrete exterior beam-column joints with high-yield strength steel reinforcements // Engineering Structures. 2017. Vol. 145. pp. 305–321.
15. Mohamed K. Ismail, Assem A.A. Hassan. An experimental study on flexural behaviour of large-scale concrete beams incorporating crumb rubber and steel fibres. 2017. Vol. 145. pp. 97–108.
16. Чернильник А.А., Щербань Е.М., Стельмах С.А., Чебураков С.В., Ельшаева Д.М., Доценко Н.А. Рецептурно-технологические аспекты получения высококачественных центрифугированных бетонов // Инженерный вестник Дона, 2019, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5525.
17. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Халюшев А.К., Щербань Е.М., Нажуев М.П. Рекомендации по учету вариативности при расчете, проектировании и изготовлении центрифугированных конструкций из тяжелого бетона // Вестник Евразийской науки, 2018, №4 URL: esj.today/PDF/07SAVN418.pdf.
18. Холодняк М.Г., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Нажуев М.П., Яновская А.В., Осадченко С.А. Механические свойства виброцентрифугированных бетонов с комбинированным заполнителем и волокнистой добавкой // Инженерный вестник Дона, 2018, № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5047.
19. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Насевич А.С., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Яновская А.В. Сравнение влияния армирования фибровыми волокнами различных видов на свойства центрифугированных и вибрированных изделий из тяжелого бетона класса В50 // Вестник Евразийской науки, 2018, №5 URL: esj.today/PDF/29SAVN518.pdf.
20. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Нажуев М.П., Насевич А.С., Гераськина В.Е., Пошев А.У.-Б. Влияние различных видов фибры на физико-механические свойства центрифугированного бетона // Вестник Евразийской науки, 2018, №6 URL: esj.today/PDF/14SAVN618.pdf.

Stel'makh Sergei Anatol'evich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Shcherban' Evgenii Mikhailovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: au-geen@mail.ru

Yanovskaya Alina Vadimovna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: kgweny@gmail.com

Tkach Pavel Sergeevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: paveltkach98@mail.ru

Efimov Ivan Ivanovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: vanya_efimov_97@mail.ru

Sanin Ivan Sergeevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: sanin_rem@mail.ru

Investigation of changes in strength characteristics by section thickness and depending on the presence and type of fiber reinforcement of high strength centrifuged and vibro-centrifuged concrete

Abstract. The article considers the process of centrifugal compaction of concrete mixture. It is noted that centrifugal compaction has much in common with vibropressing, in which vibration is used mainly as a means of laying the concrete mixture before applying evenly distributed pressure to its surface. It is reflected that if the compaction of the concrete mixture occurs in an unlimited space, the value of the pressure loss will be much smaller, but in this case more compaction of the mixture will occur in the layers located closer to the surface of the pressure application. In this case, the anisotropy of the concrete density will be less, the thinner the concrete layer. It is known that the action of centrifugal force is greater the greater the radius and specific gravity of the grain. In this regard, the larger grains are pressed against the outer surface of the product, and the smaller ones are distributed closer to the inner surface of the product. Therefore, the centrifuged concrete differs from the vibrated by the inhomogeneous distribution of filler grains along the height of the product. The authors carried out a series of experiments to establish the nature of changes in strength properties of the thickness of the section of products made of heavy concrete, manufactured by centrifugation and vibro-centrifugation using steel and basalt fiber. As a result of the experiments, it was found that the density of samples of centrifuged and vibro-centrifuged structures changes as follows-decreases in cross-section from the outer layer to the inner, and the density of samples with basalt fiber is greater than the density of samples without fiber, but less than the density of samples with steel fibers. The same trend is observed with the strength characteristics of high-strength centrifuged concrete: the highest values of tensile strength under axial compression and tensile bending is characterized by the outer layer, the lowest-the inner layer. The average layer on strength indicators is close to the strength of the whole product (without division into layers).

Keywords: concrete mix; centrifugal compaction; centrifugation; vibro-centrifugation; fiber reinforcement; strength properties; distribution of properties by section thickness