

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2023_3_2_23

УДК 691.32

ГРНТИ 67.09.33

Исследование призмной прочности цементного раствора модифицированного полипропиленовой фиброй

* Постовой А. А., Дмитриенко В. А.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ
346506, Россия, г. Шахты, ул. Шевченко, 147*email: * aleksandr.postovoy01@mail.ru, vadmitrienko@rambler.ru

В данной работе представлены результаты испытаний образцов цементного раствора на прочность и деформации. Для проведения испытаний было приготовлено четыре состава, один без содержания добавок (эталонный) и три модифицированных полипропиленовой фиброй (1 %, 1,5 %, 2 % от массы цемента) производителя ООО «Каменскволокно», длиной 12 мм. Испытания проводились спустя 60 суток набора прочности образцов на гидравлическом прессе E160N, с определением прочности и деформаций образцов по разработанной методике. Полученные результаты испытаний позволили построить графики зависимости относительной деформации от напряжения и определить модуль упругости. По окончании испытаний было установлено оптимальное содержание фибры равное 2 %, при котором достигается максимальные показатели прочности. Также были испытаны на сжатие половинки балочек и призмы, с целью сравнения их прочностных показателей. На основе полученных результатов было установлено, что показатели прочности образцов призмной формы и половинок балочек имеют небольшое расхождение.

Ключевые слова: цементный раствор, полипропиленовая фибра, модуль упругости, деформации, дорожное строительство.

Теория и методы исследования

Одной из наиболее актуальных проблем в РФ остаётся необходимость прокладки высококачественных дорог, которые должны соответствовать определённым стандартам и обеспечивать высокие показатели прочности и долговечности при эксплуатации в различных погодных условиях. Большая часть дорожного покрытия в РФ выполнена из асфальта, который характеризуется низкой прочностью и быстрым изнашиванием, ведутся различные исследования по замене асфальтового покрытия на бетонное, которое практически по всем показателям лучше. Но у бетона имеется существенный недостаток, выраженный в низких показателях прочности на изгиб и растяжение, что активно наблюдается при эксплуатации дорог, но данную проблему можно решить за счёт применения волокон фибры, которая способствует уменьшению развития трещин в дорожном полотне [1–3].

В связи со сказанным выше целью данного исследования является выбор оптимальной дозировки цементного раствора полипропиленовой фиброй 12 мм, путём определения влияния на показатели прочности и деформации в зависимости от процентного содержания фибры по массе цемента.

На первом этапе исследования было решено определить наиболее оптимальное содержание фибры в цементном растворе. Было приготовлено четыре состава раствора: один без фибры (эталон) и три с содержанием 1%, 1,5% и 2% полипропиленовой фибры. Для проведения испытаний была выбрана полипропиленовая фибра, так как она в наибольшей степени подходит для применения в дорожном строительстве за счёт её механических характеристик и относительно низкой стоимости. Производитель фибры ООО «Каменскволокно», данный выбор обусловлен шероховатой поверхностью фибры, за счёт чего обеспечивается наиболее качественное сцепление волокон с цементным камнем, длина волокон 12 мм.

Методика приготовления раствора заключалась в перемешивании сухих компонентов в течение 1 мин, а после затворения водой – 2 мин. Полученный раствор проверялся на расплыв на встряхивающем столике, для определения нормальной консистенции и затем помещался в формы размерами 40x40x160 мм, которые уплотнялись на виброплощадке. Полученные образцы находились в нормальных условиях твердения до начала испытаний.

Испытания проводились через 60 суток, так как введение фибры существенно снижает подвижность смеси, что требует увеличения количества воды затворения и соответственно приводит к снижению скорости набора прочности.

На втором этапе, образцы испытывались на сжатие на гидравлическом прессе E160N [4], который автоматически фиксировал показатели нагрузки и предел прочности в карту памяти. Для фиксации деформаций использовались три индикатора, которые крепились к шаровой опоре пресса, из них два механических показателя которых фиксировались камерами, подключёнными к ноутбукам, и один электронный автоматически записывающий деформации в Excel. Запись результатов индикаторов производилась с интервалом в 1 сек. На рис. 2 представлена фотография испытания половинки балочки на сжатие.

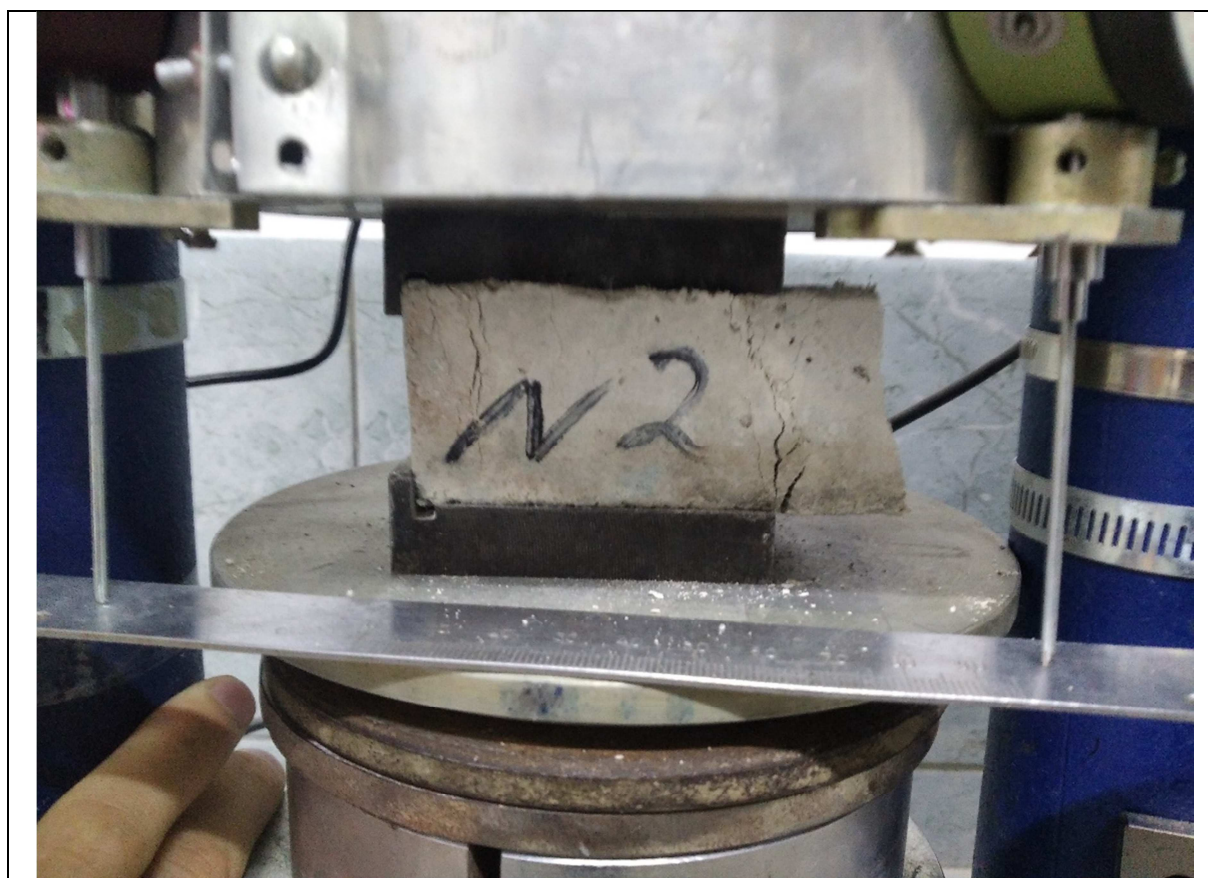


Рис. 1. Испытание на сжатие половинки балочки модифицированной полипропиленовой фиброй (разработано автором)

Полученные результаты и их обсуждение

Полученные результаты проведённых испытаний сведены в таблицу 1, в которой представлены прочностные характеристики раствора, МПа, в зависимости от процентного содержания фибры.

Таблица 1

Прочность цементного раствора в зависимости от содержания фибры

№	Содержание добавки, %			
	0	1	1,5	2
1	24,712	28,644	31,319	30,953
2	25,701	27,903	30,882	30,329
3	36,189	29,784	34,728	38,315
4	34,521	32,609	32,483	38,95
5	23,701	30,721	33,508	27,421
6	31,445	32,512	29,726	27,849
Ср	31,964	31,4065	33,0095	34,63675

Для лучшего восприятия на рис. 2 представлен график зависимости прочности цементного раствора от процентного содержания фибры.

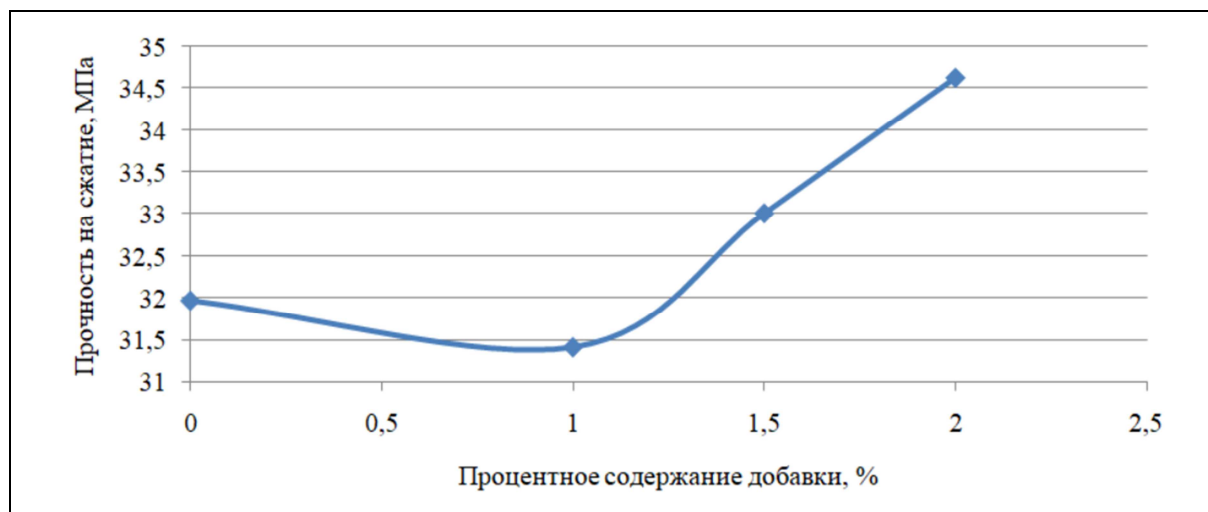


Рис. 2. График зависимости прочности цементного раствора от процентного содержания фибры (разработано автором)

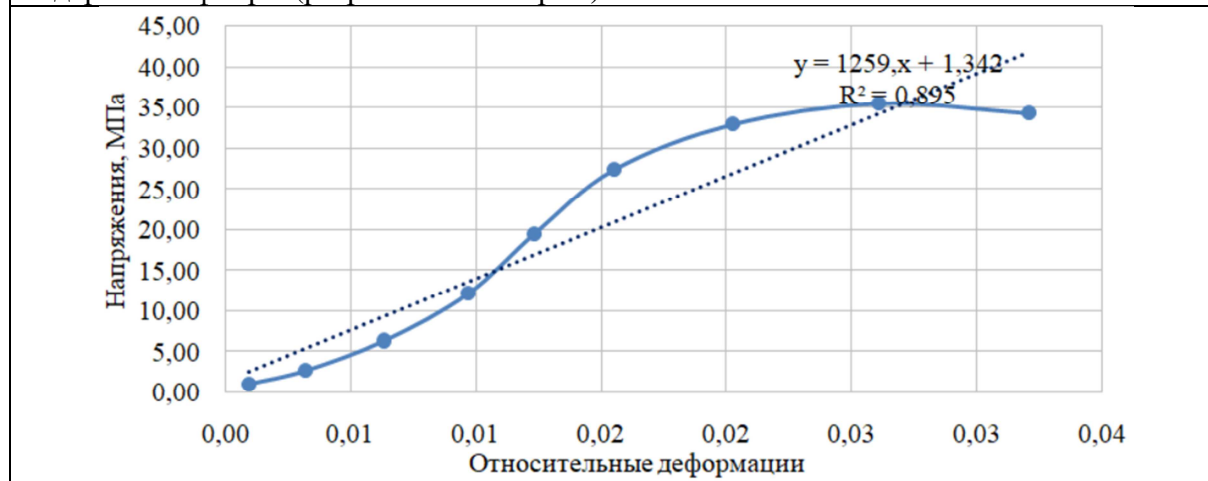


Рис. 3. График относительной деформации для образца без фибры, $E = 1368,763$ (разработано автором)

Полученные результаты выполненных исследований позволили построить графики зависимости относительной деформации от напряжения и рассчитать модуль упругости. На рис. 3 и 4 представлены графики для образца без фибры и с содержанием фибры 2 %, модуль упругости обозначен буквой Е.

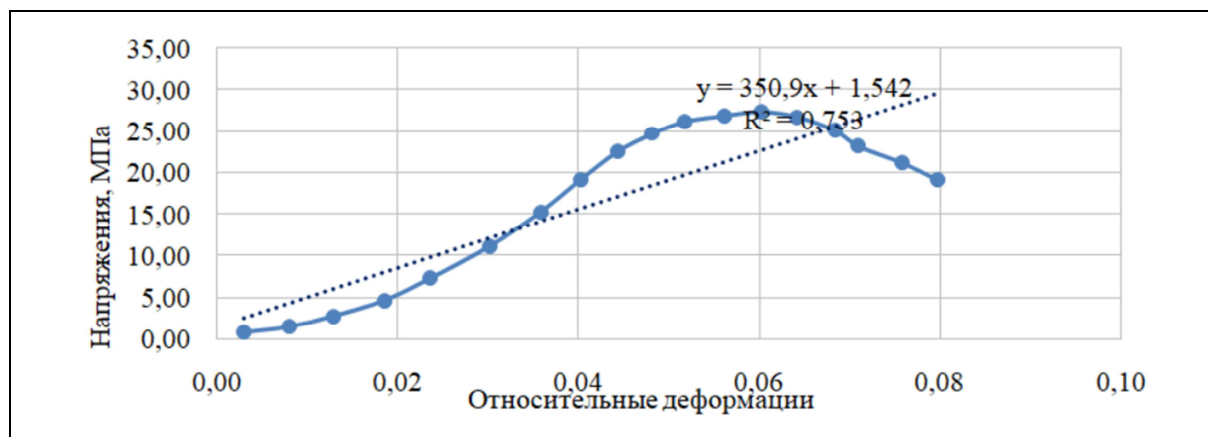


Рис. 4. График относительной деформации для образца с фиброй 2 %, $E = 464,594$ (разработано автором)

На третьем этапе исследования были приготовлены образцы призмной формы четырёх составов, которые также испытывались на сжатие на гидравлическом прессе, с целью сравнение прочностных характеристик призм и половинок балочек. Приведённые результаты прочностных характеристик призм и половинок балочек сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Прочностные характеристики призм

№	Модификатор	Время твердения	Прочность, МПа					Ср.
			1	2	3	4	5	
1	Без фибры	60	32,034	33,308	39,900	30,096	28,136	32,694
2	«АрмМикс» 12 мм, 2%	60	25,640	23,044	24,710	21,836	25,805	24,207
3	«Каменсковолокно» 12 мм, 2%	62	29,504	28,846	27,440	25,080	24,308	27,035
4	«Каменсковолокно» 20 мм, 2%	60	33,275	33,355	30,624	35,280	34,228	33,352

Таблица 3

Прочностные характеристики половинок балочек

№	Модификатор	Время твердения	Прочность, МПа					Ср.
			1	2	3	4	5	
1	Без фибры	28	20,456	20,110	29,096	36,560	24,619	26,168
		60	26,560	36,562	35,570	28,882	37,897	33,094
2	«АрмМикс» 12 мм, 2%	60	32,665	36,836	32,441	30,981	30,930	32,770
3	«Каменсковолокно» 12 мм, 2%	58	30,911	30,310	32,402	27,400	36,423	31,489
4	«Каменсковолокно» 20 мм, 2%	60	33,160	28,721	35,902	28,721	37,361	32,773

На основе анализа полученных результатов, отметим, что прочностные показатели у призм и половинок балочек имеют относительно небольшое расхождение. В связи с этим, в исследованиях будут отдано предпочтение именно испытаниям половинок балочек, так как это приведёт к увеличению общего количества испытаний при наименьших затратах материала и времени.

Итоги проделанной работы

1. Наибольшая прочность цементного раствора модифицированного полипропиленовой фиброй ООО «Каменскволокно» длиной 12 мм достигается при 2% содержании фибры.
2. Одновременная фиксация деформаций и прочности образцов позволяет строить графики зависимости относительных деформаций от напряжения и оценивать модуль упругости составов.
3. При содержании 2% фибры в составе достигается низкий модуль упругости по сравнению с без добавочными составами.
4. На половинках балочек определили наиболее оптимальное содержание фибры, при котором достигается наибольшие показатели прочности.
5. Испытания на сжатие половинок балочек и призм с содержанием фибры 2%, показали небольшое расхождение по прочности, что послужило поводом для окончательного выбора испытаний на сжатие и деформации в пользу половинок балочек.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Ушеров-Маршак А.В., Бабаевская Т.В. Методологические аспекты современной технологии бетона. // Бетон и железобетон. 2002. №1. – С. 5-7.
2. Никифоров А. Добавки для бетона. Состояние и перспективы // Капстроительство. 2002. №5. С. 13-14.
3. Евдокимов Н. И. Технология монолитного бетона и железобетона : учебное пособие для строительных вузов / Евдокимов Н.И., Мацевич А.Ф., Сытник В.С. // Высшая школа. – 1980. – С. 335.
4. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : межгосударственный стандарт : издание официальное : дата введения 2013-07-01 / разработан Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). – Москва: Стандартинформ, 2018. – 36 с. ; 29x21 см. – Библиогр.: с. 36. – Текст : непосредственный.

Investigation of the prismatic strength of cement mortar modified with polypropylene fiber

Postovoy A. A., Dmitrienko V. A.

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University
346506, Russia, Shakhty, str. Shevchenko, 147*

This paper presents the results of testing cement mortar samples for strength and deformation. Four compositions were prepared for testing, one without additives (reference) and three modified with polypropylene fiber (1%, 1.5%, 2% of the cement weight) produced by Kamenskvolokno LLC, 12

mm long. The tests were carried out after 60 days of the strength of the samples on the hydraulic press E160N, with the determination of the strength and deformations of the samples according to the developed methodology. The obtained test results made it possible to plot the dependence of relative strain on stress and determine the modulus of elasticity. At the end of the tests, the optimal fiber content was set to 2%, at which the maximum strength indicators are achieved. The halves of beams and prisms were also tested for compression, in order to compare their strength indicators. Based on the results obtained, it was found that the strength indicators of the samples of the prism shape and halves.

Keywords: cement mortar, polypropylene fiber, modulus of elasticity, deformation, road construction.