

УДК 691.327:666.983

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОВРЕЖДЁННОСТЬ БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМ ВОЛОКНОМ

ТЕХНОЛОГІЧНА ПОШКОДЖЕНІСТЬ БЕТОНУ, АРМОВАНОГО ПОЛІПРОПІЛЕНОВИМ ВОЛОКНОМ

TECHNOLOGICAL INJURE OF CONCRETE, REINFORCED BY POLIPROPILEN FIBER

Пушкар Н.В., к.т.н., доц., Хассейн Джухад Салман Аль-Амери, аспірант,
Сабір Юсіф Бакір, аспірант (Одеська державна академія будівництва та
архітектури, м. Одеса)

Пушкар Н.В., к.т.н., доц., Хассейн Джухад Салман Аль-Амери,
аспірант, Сабір Юсіф Бакир, аспірант (Одесская государственная
академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Pushkar N.V., candidate of technical sciences, lecturer, Haseein Juhad Salman
Al-Amery, Ph. D. student, Sabir Yousif Bakir, Ph. D. student (Odessa State
Academy of Building and Architecture, Odessa)

Наведені короткі відомості про армуюче поліпропіленове волокно (фібру), виконане порівняння середніх коефіцієнтів технологічної пошкодженості виробів, виготовлених зі звичайного важкого бетону та фібробетону.

Приведены краткие сведения об армирующем полипропиленовом волокне (фibre), произведено сравнение средних коэффициентов технологической повреждённости изделий, изготовленных из обычного тяжёлого бетона и фибробетона.

Brief information about the reinforcing polypropylene fiber, a comparison of mean coefficients of technological damage products made from an ordinary heavy concrete and fiber reinforced concrete.

Ключові слова:

Фібра, бетон, пошкодженість, тріщини.
Fibra, beton, повреждённость, трещины.
Fiber, concrete, damage, cracks.

Введение. Еще в древности был установлен факт, что если в глину, предназначенную для постройки жилья, предварительно добавить солому,

камыш или овечью шерсть, то стены приобретают повышенную прочность и меньше растрескиваются. Так появился саман – далекий предок современного фибробетона. Фибробетон еще достаточно молодой, но, без сомнения, очень перспективный материал.

Фибробетон – это разновидность мелкозернистого бетона с добавлением фибры. В качестве фибры могут быть использованы стеклянные, синтетические или стальные волокна длиной от 5 до 150 мм и диаметром примерно от 0,2 мм до 1,0 мм [1]. В результате получается фибровое армирование, которое и придает фибробетону уникальные в сравнении с обычным бетоном свойства: высокую ударную прочность, прочность на растяжение и срез, а также морозостойкость и водонепроницаемость, что позволяет выделить его в самостоятельную и очень ценную группу конструкционных материалов с присущими только им особенностями структуры и свойств. Причем, полипропиленовая фибра улучшает характеристики бетона в первоначальный период набора прочностью бетоном, в то время как стальная – после набора бетоном прочностью, то есть выполняет силовые функции.

Фибробетон, как и бетон, является композиционным материалом, то есть состоит из двух материалов и обладает свойствами, которых не имеют исходные материалы – цементно-бетонной матрицы с равномерным распределением по её объёму ориентированных или хаотично расположенных фибр различного происхождения.

В фибробетоне растягивающее напряжение принимают на себя волокна фибры, что повышает его сопротивление растяжению при изгибе и прочность при сжатии. Полипропиленовое фиброволокно (рис.1) обладает отличной гидратацией, контролируя равномерное распределение воды в структуре бетона. Таким образом, внутренние нагрузки снижаются, и, как следствие, трещиностойкость и ударная прочность бетона возрастают.

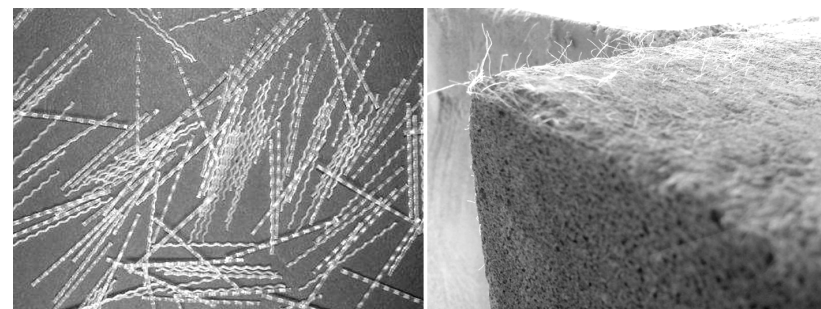


Рис. 1. Применение полипропиленового фиброволокна в бетонных конструкциях

Полипропиленовое фиброволокно устойчиво к щелочам и большинству химических веществ, что делает его материалом, хорошо переносящим

химическую агрессию; повышает износостойкость бетонной поверхности; увеличивает водонепроницаемость бетона – за счет блокировки волокнами фибры капилляров бетона, благодаря чему уменьшается коррозия стальной арматуры и увеличивается устойчивость бетона к воздействию низких температур; при разрушении бетона под нагрузкой не наблюдается отделение осколков, осколки остаются связанными между собой полипропиленовыми волокнами. Фиброволокно усиливает углы и торцы бетонных конструкций, исключая тем самым сколы, снижает усадку и, соответственно, трещинообразование в процессе первых часов твердения бетона, уменьшает вероятность повреждения конструкций при снятии опалубок.

Постановка цели и задач исследований. Согласно [2] одно из преимуществ бетона, армированного полипропиленовым фиброволокном – снижение микропластической усадки и трещинообразования в процессе твердения бетона. Данное преимущество имеет большое значение, поскольку начальные (технологические) трещины, возникающие при твердении бетона и нарушающие сплошность его структуры, влияют в дальнейшем на работу конструкций [3]. В связи с вышеизложенным определена цель исследований – изучение влияния полипропиленового фиброволокна на формирование технологической поврежденности бетона.

Для достижения поставленной цели в лаборатории кафедры железобетонных и каменных конструкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры были изготовлены образцы 2-х серий. Образцы серии А, изготовленные из обычного тяжелого бетона, включали в себя 25 кубов с ребром 10 см, 15 призм с размерами 10×10×40 см и 6 железобетонных арок с постоянным по длине прямоугольным сечением $b \times h = 5 \times 7$ см, пролетом $L = 210$ см, стрелой подъема $f = 42$ см. Образцы серии В, изготовленные из бетона с добавлением полипропиленового фиброволокна, включали 24 куба, 15 призм и 5 арок аналогичных размеров.

Для изготовления бетона в качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень с фракцией зерен 5...10 мм, в качестве мелкого заполнителя – речной песок с модулем крупности 1,8 и цемент марки 400 Одесского цементного завода. Состав бетона на 1 м³: щебень – 1200 кг, песок – 600 кг, цемент – 320 кг, вода – 160 л. При изготовлении образцов серии В в бетонную смесь после всех компонентов, за 5 мин. до окончания перемешивания, добавлялось полипропиленовое фиброволокно в количестве из расчёта 900 гр. на 1 м³ бетона, которое предварительно замачивалось на 10 мин. в воде.

Методика исследований. При исследовании технологической поврежденности опытных образцов обращалось внимание на сеть поверхностных трещин, возникающих в процессе твердения бетона. Для более качественной оценки технологической поврежденности проявление трещин осуществлялось при достижении образцами возраста 300...320 суток. Для проявления трещин использовались водные растворы танина [4] (рис.2).

Все опытные образцы выдерживались в растворе в течение 20...30 мин, после замачивания – высушивались в лаборатории в течение двух суток.

Для определения коэффициентов поврежденности опытных образцов использовалась методика, предложенная В.С.Дорофеевым и В.Н.Выровым. Данная методика основывается на измерении длин проявленных поверхностных трещин курвиметром и определении коэффициента поврежденности через отношение общей длины поверхностных трещин L к площади образца S , на которой производились измерения: $K_{пл} = L/S$ (см/см²) (рис.3). Физический смысл этого коэффициента – оценка удельной длины трещины на единице поверхности [4].

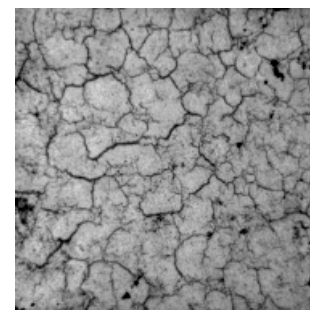


Рис. 2. Характерный рисунок поверхностных трещин после обработки образца раствором танина

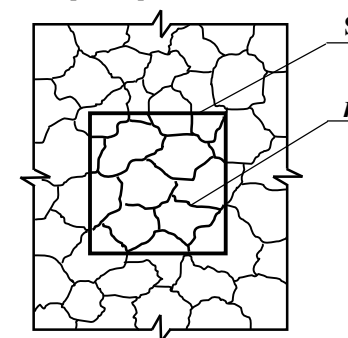


Рис.3. Определение технологической поврежденности через коэффициент поврежденности по площади

В данной работе оценка технологической поврежденности производилась по описанной методике, однако длина трещин измерялась не курвиметром, а с помощью среды AutoCAD [5]. В [5] было показано, что использование программы AutoCAD для измерения поверхностных технологических трещин позволяет: исключить человеческий фактор при работе с курвиметром, получить более достоверные данные о технологической поврежденности,

сохранить фотоснимки с возможностью перепроверки данных, при необходимости.

Методика измерения длин технологических трещин с помощью программы AutoCAD заключалась в следующем. Профессиональной фотокамерой Nikon D90 с максимальным размером кадра 4288×2848 пикселей производилась фотофиксация выделенных участков с трещинами промаркированных опытных образцов, затем снимки импортировались в графическую среду программы AutoCAD и масштабировались в натуральную величину. Далее производилось измерение фактической проекции длины трещин на горизонтальную плоскость посредством повторения видимого контура трещин с помощью инструмента “polyline” (“полилиния”). Полученная сетка дублирующих контуров разбивалась на прямолинейные участки и вводилась в расчет суммарной протяженности линий при помощи команды, заданной вспомогательным приложением AutoLISP, написанным на языке программирования LISP, таким образом, длина поверхностных трещин L была определена с точностью до 0,01 мм. Область приближения изображения была заранее ограничена, что позволило объективно сравнивать полученные результаты.

В кубах длина трещин L измерялась на участках размером $S = 5 \times 5 \text{ см}^2$, в призмах – $S = 10 \times 10 \text{ см}^2$, в арках – $S = 7 \times 7 \text{ см}^2$ (рис.4).

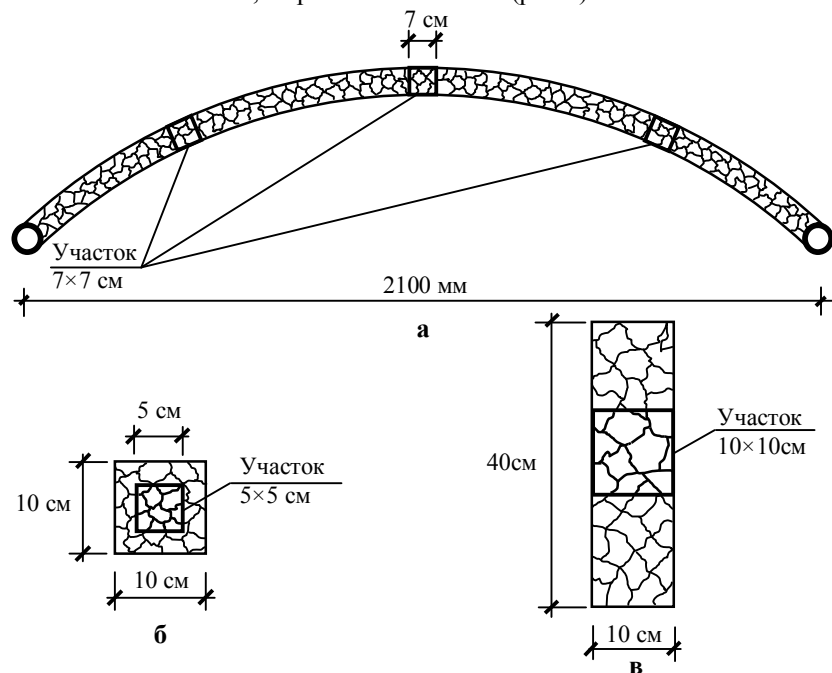


Рис.4. Участки для определения технологической поврежденности: **а** – в арках; **б** – в кубах; **в** – в призмах

Результаты исследований. Средние значения полученных коэффициентов поврежденности для образцов из обычного тяжелого бетона и бетона с добавлением полипропиленового фиброволокна приведены в табл.1.

Таблица 1
Средние значения коэффициентов технологической поврежденности исследуемых образцов

Вид бетона	Средние коэффициенты поврежденности $K_{пл}$		
	кубы	призмы	арки
Тяжёлый бетон	4,66	3,06	3,86
Тяжёлый бетон, армированный полипропиленовым фиброволокном	5,23	2,93	4,34

Приняв за эталон среднеарифметическое значение коэффициентов поврежденности образцов из тяжелого бетона, получаем следующие результаты: в кубах из фибробетона поверхностное трещинообразование увеличивается на 12,2%; в призмах – уменьшается на 4,2%; в арках – увеличивается на 12,4% [6].

Выводы. Применение в составе тяжелого бетона полипропиленового фиброволокна повышает образование поверхностных технологических трещин в кубах и арках, в призмах получено незначительное уменьшение технологической поврежденности. Поскольку технологическая поврежденность влияет на физико-механические свойства бетона, а область применения фибробетона весьма широка и он имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным бетоном, дальнейшее изучение свойств бетона, армированного полипропиленовым фиброволокном, представляет научный и практический интерес.

1. Фибробетон. Технологии будущего на службе настоящего // Федеральный строительный рынок. Вып.74. – Санкт-Петербург, 2009. 2. ТУ У 24.7-32781078-001:2006. Волокно армирующее полипропиленовое ВАП (фибра). Днепропетровск, 2004. – 31 с. 3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. О.: Город Мастеров, 1998. – 168 с. 4. Выровой В.Н. Способ выявления трещин в бетонных и железобетонных конструкциях на неорганическом вяжущем / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.С.Макарова, С.А.Абакумов / Полож. рещ. №5008907/33 (059304) от 03.07.91. 5. Бараев А.В. Технологическая поврежденность бетона, модифицированного добавкой «Пенетрон Адмикс». Дипломная научная работа магистра. Одесса, 2012. – 66 с. 6. Вороненко В.В. Технологическая поврежденность бетонов разных составов и ее влияние на физико-механические свойства бетона. Дипломная научная работа магистра. Одесса, 2012. – 79 с.