

Прочностные характеристики полиэтиленерефталатфибробетона

А.В. Киянец

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

Аннотация: Данная статья содержит результаты исследования прочностных характеристик бетона с добавлением различного количества и формы волокон вторично переработанного полиэтиленерефталата (ПЭТ). В целом, использование волокна в бетоне из отходов ПЭТ-материалов (полученных механическим измельчением), а не подвергнутых термической обработке, может повысить прочность на разрыв. Прочность на сжатие снижается. Промышленный флекс не рекомендуется использовать в качестве волокна (добавки) в бетон, так как это приводит к снижению прочностных характеристик. Повышенная прочность на разрыв обеспечивается за счет использования специально подготовленного ПЭТ-волокна. Проведенное исследование доказало возможность использования в бетоне ПЭТ-волокна из отходов ПЭТ-материалов (полученного механическим измельчением). ПЭТ-волокно рекомендуется использовать в бетонных конструкциях для повышения прочности на растяжение.

Ключевые слова: бетон, бетонная матрица, фибра, дисперсное армирование, полиэтиленерефталат, прочность на растяжение, прочность на сжатие.

Введение

Дисперсное армирование бетона различными видами фибры в отличие от дискретного армирования стержневой арматурой сетками и каркасами имеет ряд преимуществ, отмеченных многими учеными [1]. За счет хаотичного трехмерного распределения арматуры бетон получает возможность воспринимать (без разрушения) растягивающие напряжения вне зависимости от направления приложения нагрузки [2]. Это, например, в отличие от железобетона, который хорошо работает на растяжение только вдоль направления арматуры в зоне действия нагрузок. Такая особенность фибробетона предопределила его область применения в конструкциях с активным воздействием динамических, ударных и знакопеременных нагрузок [3-5]. Также фибробетон имеет и технологические преимущества: существенно снижаются или вовсе исключаются трудозатраты на армирование конструкций, уменьшаются нагрузки на вертикальную опалубку [6, 7].

Свойства фибробетона как композитного материала зависят от свойств бетона (матрицы) и свойств и вида применяемой фибры (волокна). Широко известен и применяется в практике строительства сталефибробетон (фибробетон со стальной фиброй), на основе которого возведены и эксплуатируются ответственные сооружения и конструкции: тоннели, фундаменты, мосты, дороги, аэродромы и т.д. [8, 9].

Для сталефибробетона разработаны нормативные документы по проектированию и технологии производства работ, специализированное оборудование, позволяющее надежно применять его [10]. Это даёт возможность говорить о перспективности развития технологии бетона с добавкой различного вида фибры (волокон) на основе других материалов: стеклопластика, базальта, полипропилена и т.д. Учитывая предыдущие наработки и перспективы развития данной темы, целью настоящего исследования является получение фибробетона с применением фибры из продуктов вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ).

Для этого необходимо решить ряд научно-исследовательских задач: 1) Проверить возможность применения промышленного флекса (прямого продукта вторичной переработки ПЭТ мусора, без какой-либо специальной обработки) в качестве добавки в бетон; 2) Оценить влияние формы специально изготовленных волокон на характеристики фибробетона; 3) Изучить зависимость прочностных характеристик фибробетона от количества добавленной ПЭТ-фибры.

Методы исследований

Исследование свойств бетонных смесей с применением фибры из материалов вторичной переработки ПЭТ-бутылок проводилось в несколько этапов: создание и испытание образцов из бетона без добавления ПЭТ-фибры, с добавлением промышленной ПЭТ-фибры (флекса), с добавлением

различного количества гладкой ПЭТ-фибры; с добавлением различного количества ребристой ПЭТ-фибры. Затем проводился анализ полученных результатов и делались выводы.

Фибра добавлялась в количестве 1,2 и 3% от массы цемента. Для проведения исследований применялись стандартные методики. Применялся бетон класса В30 следующего состава: цемент М400 – 442 кг; песок – 446 кг; щебень фракции 5-20 мм – 1254 кг; вода – 207 л.

Были изготовлены серии образцов для различных испытаний. Образцы испытывались в сухом состоянии в возрасте 28-ми суток.

Испытания по определению прочности на сжатие проводились на образцах кубах размерами 100x100x100 мм, прочность на растяжение при изгибе определялась на образцах 100x100x400 мм.

Результаты

На основе полученных экспериментальных данных составляем графики зависимости прочности бетона на сжатие и растяжение при изгибе от различных факторов.

Как показали результаты эксперимента, при добавлении ПЭТ-фибры прочность на сжатие всех видов образцов снижается. Для контрольных образцов с 0% ПЭТ фибры прочность на сжатие составляет 49,3 МПа. Наибольший сброс прочности наблюдается у образцов с добавлением промышленного флекса. При максимальном количестве добавленной фибры (3%) прочность снижается на 25 % (37,1 МПа). Для образцов с гладкой фиброй максимальный сброс прочности составил 20% (39,5 МПа). У образцов с ребристой фиброй прочность на сжатие упала на 15% (42,3 МПа). Уменьшение прочности на сжатие можно объяснить низким сцеплением между поверхностью ПЭТ-фибры и бетонной матрицей.

Другой характер имеют значения прочности исследуемых составов на растяжение. Добавление ПЭТ фибры в бетон обеспечивает прирост прочности на растяжение. Прочность на растяжение бетона без добавок 3,6 МПа. Для образцов с флексом прочность возрастает до 122% (4,4 МПа), при добавлении 1% фибры. У образцов с гладкой фиброй прочность достигает 166% (5,8 МПа), при 1% армирования фиброй длиной 3 см. У образцов с ребристой фиброй - до 153% (5,5 МПа).

Также стоит отметить, что при испытаниях образцов-призм с добавлением гладкой и ребристой фибры, размерами 400x100x100мм, на растяжение при изгибе, было замечено, что при потере прочности образца, он практически не терял показателей устойчивости и держал свою форму под собственным весом, после прекращения нагрузки.

Для исключения неоднозначности влияния различных факторов и облегчения определения зависимости прочностных характеристик от параметров применяемой фибры, в графиках был введен обобщенный показатель прочности бетона R :

$$R = R_{bt}/R_b \quad (1)$$

Где R_{bt} – прочность бетона на растяжение, R_b – прочность бетона на сжатие.

Оценивая влияние типа применяемой фибры на прочность бетона (рис. 1), можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальной является фибра с ребристой (неровной) формой. Такая форма позволяет более прочно закрепляться фибре в бетоне и обеспечивает передачу растягивающих напряжений от бетона на ПЭТ-волокно. Это способствует повышению прочностных характеристик.

Увеличение количества вводимой фибры также определяет улучшение прочностных характеристик (рис. 2). Необходимо отметить, что данная зависимость имеет переменчивый характер (в пределах эксперимента), но лучше всего описывается прямой линией.

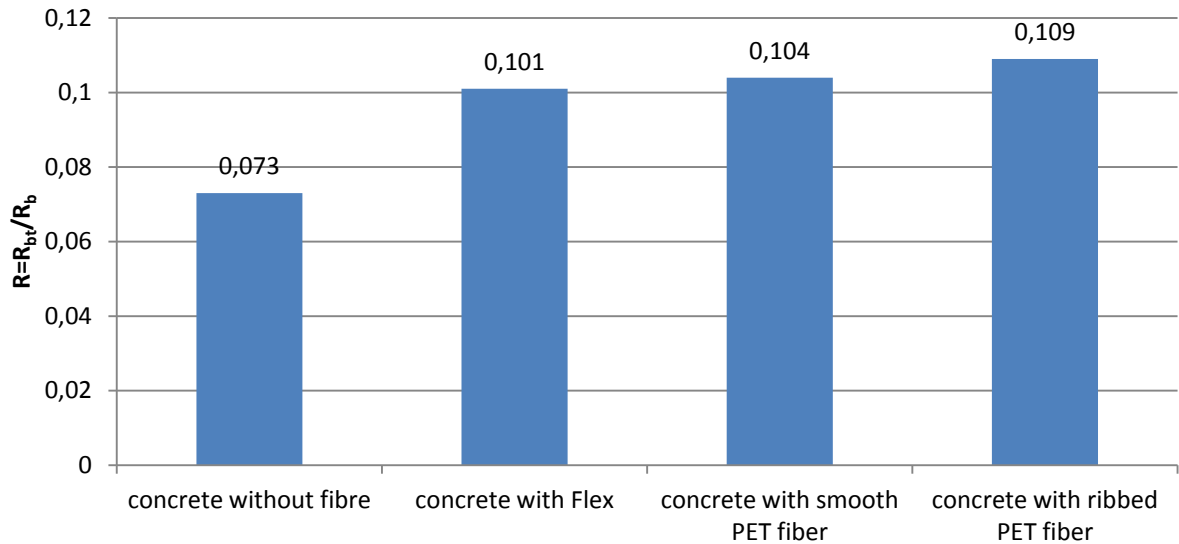


Рис. 1. Зависимость прочности фибробетона от типа применяемой ПЭТ-фибры.

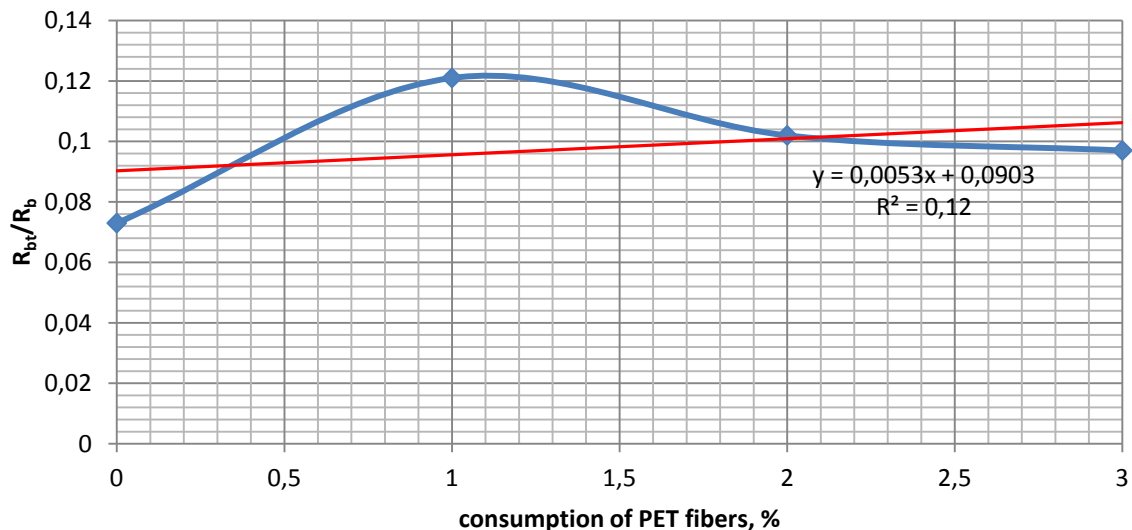


Рис. 2. Зависимость прочности фибробетона от количества вводимой ПЭТ-фибры.

Влияние длины применяемой фибры также имеет линейный характер зависимости. При увеличении длины применяемой фибры прочность увеличивается. Это можно объяснить увеличением эффективной площади сцепления фибры и бетонной матрицы с увеличением размеров применяемого ПЭТ-волокна. Данный эффект отмечался в работах других исследователей [11].

Заключение

В целом, использование волокна в бетоне из отходов ПЭТ-материалов (полученных механическим измельчением), а не подвергнутых термической обработке, может повысить прочность на разрыв. Прочность на сжатие снижается.

Промышленный флекс не рекомендуется использовать в качестве волокна (добавки) в бетон, так как это приводит к снижению прочностных характеристик. Повышенная прочность на разрыв обеспечивается за счет использования специально подготовленного ПЭТ-волокна.

Проведенное исследование доказало возможность использования в бетоне ПЭТ-волокна из отходов ПЭТ-материалов (полученного механическим измельчением) ПЭТ-волокно рекомендуется использовать в бетонных конструкциях для повышения прочности на растяжение.

Литература

1. Головнев С.Г. Современные строительные технологии: монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
2. Kiyaneets A.V. Technological Parameters of Magnesia Mortars // ICIE 2017 Procedia Engineering, Volume 206, 2017 – pp. 826-832.
3. Rudnov V., Belyakov V., Moskovsky S. Properties and Design Characteristics of the Fiber Concrete // ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. – pp. 1536-1542.

4. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Abakarov A.D., Shorstova E.S., Gafarova N.G. The effect of particulate reinforcement on strength and deformation characteristics of fine-grained concrete // Magazine of Civil Engineering, Volume 75, 2017. – pp. 66-75.
5. Nizina T.A., Balykov A.S., Volodin V.V., Korovkin D.I. Fiber fine-grained concretes with polyfunctional modifying additives // Magazine of Civil Engineering, Volume 72, 2017. – pp. 73-83.
6. Pogorelov S.N., Semenyak G.S. Frost Resistance of the Steel Fiber Reinforced Concrete Containing Active Mineral Additives // ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. – pp. 1491-1495.
7. Pikus G.A., Manzhosov I.V. Pressure of Fiber Reinforced Concrete Mixtures on Vertical Formwork Panels International // ICIE 2017 Procedia Engineering, Volume 206, 2017. – pp. 836-841.
8. Gao J., Sun W. and Morino K. Mechanical properties of steel fiber-reinforced, high-strength, lightweight concrete // Cement and Concrete Composites, Volume 19, 1997. – pp. 307-323.
9. Mohammadi Y., Singh S. P., Kaushik S. K. Properties of steel fibrous concrete containing mixed fibres in fresh and hardened state // Construction and Building Materials, Volume 22, 2008. – pp. 956-972.
10. Pikus G.A. Steel Fiber Concrete Mixture Workability // ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. – pp. 2119-2123.
11. Songa P.S. Mechanical properties of high-strength steel fiber-reinforced concrete // Construction and Building Materials, 2004. – pp. 669-673.

References

1. Golovnev S.G. Sovremennyye stroitelnyie tehnologii: Monografiya [Modern construction technologies: Monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ., 2010. 268 p.



2. Kiyanets A.V. ICIE 2017 Procedia Engineering, Volume 206, 2017. pp. 826-832.
3. Rudnov V., Belyakov V., Moskovsky S. ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. pp. 1536-1542.
4. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Abakarov A.D., Shorstova E.S., Gafarova N.G. Magazine of Civil Engineering, Volume 75, 2017. pp. 66-75.
5. Nizina T.A., Balykov A.S., Volodin V.V., Korovkin D.I. Magazine of Civil Engineering, Volume 72, 2017. pp. 73-83.
6. Pogorelov S.N., Semenyak G.S. ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. pp. 1491-1495.
7. Pikus G.A., Manzhosov I.V. ICIE 2017 Procedia Engineering, Volume 206, 2017. pp. 836-841.
8. Gao J, Sun W. and Morino K. Cement and Concrete Composites, Volume 19, 1997. pp. 307-323.
9. Mohammadi Y., Singh S. P., Kaushik S. K. Construction and Building Materials, Volume 22, 2008. pp. 956-972.
10. Pikus G.A. ICIE 2016 Procedia Engineering, Volume 150, 2016. pp. 2119-2123.
11. Songa P.S. Construction and Building Materials, 2004. pp. 669-673.