

## **КЕРАМЗИТОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ**

*Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, Р. П. СЕМЕНЮК, М. Ю. ДАШКЕВИЧ*  
*Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь*

Применение полимерных волокон для дисперсного армирования тела бетона позволяет повысить его сопротивление ударным и взрывным нагрузкам [1]. Армирование легких бетонов полимерной фиброй может оказаться более эффективным по сравнению с тяжелым бетоном, потому что, во-первых, легкие бетоны имеют значительно более высокие значения пределов микротрещинообразования, а дисперсное армирование позволит улучшить эти показатели, а во-вторых, применение полимерной фибры повышает водонепроницаемость бетона, что особенно актуально при использовании пористых заполнителей.

Поскольку полимерная фибра обладает низким модулем упругости, значительно меньшим по сравнению с модулем упругости тяжелого бетона, принято считать, что подобное армирование незначительно влияет на прочность бетона [1, 2]. Однако модуль упругости легкого бетона существенно ниже в сравнении с бетонами на плотных заполнителях: согласно EN 1992 для расчета модуля упругости легких бетонов применяется понижающий коэффициент  $(\rho/2200)^2$ , где  $\rho$  – расчетная плотность. Таким образом, значение понижающего коэффициента составляет 0,228–0,868, т. е. для бетонов с небольшой плотностью применение полимерной фибры будет более эффективно, т. к. разница в значении модулей упругости бетона и армирующих элементов не будет значительной.

Это позволит повысить не только стойкость к воздействию ударных нагрузок, но также основные прочностные характеристики: прочность при осевом сжатии, изгибе и растяжении.

Однако введение полимерной фибры накладывает некоторые ограничения: в работе [1] доказано, что применение полимерных волокон ограничивает содержание в бетонной смеси крупного заполнителя, т. е. невозможно получить беспесчаные или малопесчаные бетоны, эффективно армированные полимерным волокном. Причем в качестве мелкого заполнителя должен добавляться плотный песок (лучше речной или кварцевый), т. к. введение пористого мелкого заполнителя значительно снижает прочность бетонной матрицы [3–6]. Особенность легких бетонов в том, что пористые заполнители, используемые для их производства, сильно различаются по прочностным характеристикам, поэтому в каждом конкретном случае необходимо делать пробные замесы для подбора состава бетонной смеси.

Процент армирования полимерной фиброй, согласно экспериментальным данным разных исследователей [1, 2, 7–12], не должен быть ниже 0,5 % и выше 1,5 % от массы цемента. В случае несоблюдения этих требований применение фибры оказывается неэффективным: большое содержание волокон в бетонной смеси (свыше 2 %) повышает ее вязкость и снижает удобоукладываемость, а ввиду разницы в значении модулей упругости роль армирующих волокон полимерная фибра может выполнять только при небольшом ее содержании.

Кроме того, при перемешивании очень сложно добиться равномерного распределения фибровой арматуры в теле бетона, поэтому количество фибр должно быть сравнительно небольшим и технология перемешивания бетонной смеси должна неукоснительно соблюдаться: сначала перемешиваются сухие компоненты (заполнители и вяжущее), затем порционно добавляется фибра, смесь снова тщательно перемешивается и только после этого затворяется водой [13].

Полимерная фибра может вводиться как дополнительный армирующий элемент при неизменном составе бетонной смеси либо взамен цемента по массе [12]. В ходе исследований планируется экспериментально установить, какой из вариантов может считаться предпочтительным в случае использования белорусских сырьевых материалов.

Испытание пробных серий опытных образцов в виде кубов подтверждает выводы, сделанные на основе аналитического обзора, применительно к керамзитобетону, изготовленному на основе белорусского сырья. Состав бетонной смеси подбирался согласно [14]. Опытные образцы были армированы полипропиленовой фиброй. В результате установлено, что при содержании фибры 0,5 % от массы цемента кубиковая прочность керамзитобетона повысилась примерно на 20 % по сравнению с прочностью контрольных (неармированных) образцов, а при содержании фибры более 2 % прочность оказалась меньше прочности контрольных образцов.

#### Список литературы

- 1 Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции : [монография] / Ф. Н. Рабинович. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 560 с.
- 2 Yoo-Jae Kim. Mechanical Properties of Fiber Reinforced Lightweight Concrete Containing Surfactant / Yoo-Jae Kim, Jiong Hu, Soon-Jae Lee, Byung-Hee You // *Advances in Civil Engineering*. – 2010. – Vol. 2010. – Article ID 549642. – 8 p. – Электронная публикация. – Режим доступа : <http://dx.doi.org/10.1155/2010/549642>. – Дата доступа : 18.06.2018.
- 3 Chandra, S. Lightweight aggregate concrete. Science, Technology, and Applications / Satish Chandra, Leif Berntsson. – Norwich, New York, U.S.A.: Noyes Publications / William Andrew Publishing, 2002. – 407 p.
- 4 Clarke, J. L. Structural Lightweight Aggregate Concrete / John L. Clarke. – Glasgow, UK: Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman & Hall, 2005. – 161 p.
- 5 Gunasekaran, Mr. M. Development of Light Weight Concrete by using Autoclaved Aerated Concrete / Mr. M. Gunasekaran, G. Saranya, L. Elamaran, P. Sakthivel, P. Suresh // *IJRST – International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. – Vol. 2, is. 11. – 2016. – P. 518–522.
- 6 Зінченко, С. В. Міцність та деформативність конструкцій із цементно-золяного керамзитобетону : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / С. В. Зінченко ; Одеська держ. академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2010. – 21 с.
- 7 Singh, S. K. Polypropylene Fiber Reinforced Concrete: An Overview / S. K. Singh // Электронная публикация. – Режим доступа : <https://www.nbmcw.com/tech-articles/concrete/26929-pfrc.html>. – Дата доступа : 18.06.2018.
- 8 Ramujee, K. Strength Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete / Kolli Ramujee // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. – Vol. 2, is. 8. – 2013. – P. 3409–3413.
- 9 Anthony Nkem Ede. Optimal Polypropylene Fiber Content for Improved Compressive and Flexural Strength of Concrete / Anthony Nkem Ede, Abimbola Oluwabambi Ige // *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. – Vol. 11, is. 3. – Ver. IV. – 2014. – P. 129–135.
- 10 Abdulkader Ismail A. Mechanical Properties of Carbon Fiber Lightweight Aggregate Concrete Containing Acrylic Polymer / Abdulkader Ismail A., Ibrahim Ahmed S., Noor Salah Najim // *Anbar Journal for Engineering Sciences*. – Vol. 6. – No. 3. – 2013. – P. 358–373.

11 **Pothisiri, T.** Effects of Mixing Sequence of Polypropylene Fibers on Spalling Resistance of Normal Strength Concrete / T. Pothisiri, C. Soklin // Engineering Journal. – Vol. 18, No. 3. – 2014. – P. 55–64.

12 **Tomas, U.** Influence of Polymer Fiber on Strength of Concrete / U. Tomas, Jr. Ganiron // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2013. – Vol. 55. – P. 53–66.

13 **Емельянова, И. А.** Моделирование процесса перемешивания бетонной смеси с полипропиленовой фиброй / И. А. Емельянова, В. И. Шевченко // Технологии бетонов: Информационный научно-технический журнал. – М., 2014. – № 3 (92). – С. 36–38.

14 Рекомендации по подбору составов, изготовлению и применению модифицированных химическими и минеральными добавками конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного керамзитобетонов / РУП «Институт БелНИИС». – Минск, 2013. – 38 с.