Формирование границы раздела волокно-матрица в фибробетоне

Даниил Олегович Попов,
студент магистрант
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
E-mail: popovd94@gmail.com

Юрий Владимирович Пухаренко,
д-р техн. наук, профессор

Фибробетон — это бетон, в структуру которого введены и равномерно распределены волока различной химической природы в качестве армирующего материала [1]. Данный материал обладает повышенными (в сравнении с обычным бетоном) характеристиками, а именно: трещиностойкостью, ударной вязкостью, сопротивлением истираемости, прочностью на растяжение. Как материал, фибробетон представляет собой композит, состоящий из цементной матрицы и дискретных волокон. Дисперсная арматура является рыхлым материалом в виде совокупности дискретных волокон разного происхождения, типа и размеров.

Перспективы производства дисперсно-армированных высокопрочных и особовысокопрочных бетонов, которые начинают использоваться в передовых странах, и, которые, к сожалению, не востребованы в России, диктуют необходимость экспериментально-теоретического обоснования выбора оптимального геометрического фактора и формы стальной фибры для армирования бетонов. С позиций создания наиболее прочных анизотропных фибробетонных композитов, упрочненных не только в макрообъеме изделия, но и во всех его микрообъемах с низкой степенью дискретного расположения стальных волокон, фибра должна иметь микромасштабный уровень дисперсности. Зарождающиеся и развивающиеся микротрещины в бетонной матрице при средовых (усадочных) и силовых эксплуатационных воздействиях должны быстро гаситься стальными волокнами.

Первый патент на конструкцию с применением фибробетона был получен более века назад, однако до сих пор остаётся много открытых вопросов, касающихся управлением свойствами данного композита. Обращаясь к открытым материалам по вышеизложенной тематике, наиболее частыми работами являются исследования, связанные с проектированием составов фибробетонов, при которых авторы проводят опыты по определению сцепления различных видов волокон с цементной (бетонной) матрицей, а затем проводят подбор состава, изменяя длину и количество волокна в композите. При таком подходе, параметр адгезионной прочности считается постоянным и зависящим в основном от материала самой фибры.

Альтернативным подходом является управление прочностью на границе раздела волокно-матрица, что позволит повысить прочность сцепления. Перед тем, как делать предположения о работе тех или иных методов управления свойствами, необходимо рассмотреть основные принципы поведения композитного материала: формирование его структуры, границы раздела, процессы разрушения материала.

В работах, публикуемых на кафедре ТСМиМ СПбГАСУ неоднократно отмечается, что зависимость прочность-коэффициент объемного армирования" носит нелинейный характер, но имеет условные участки, на которых структура композита различна. При недостаточном

армировании идёт незначительный прирост прочности, так как волокна удалены друг от друга на значительное расстояние. При увеличении процента армирования, волокна начинают работать вместе, образуя, в местах их нахождения, зоны сосредоточенного армирования [2]. Волокна в композите становятся зонами повышенной плотности. Такой материал в значительной мере проявляет свойства композита, предотвращая раскрытие трещин и, тем самым, увеличивая ударостойкость и прочность. При дальнейшем увеличении процента армирования, волокна образуют пространственный фиброцементный каркас (если конечно введение волокон не производилось ориентировано одному из пространств). Именно при такой структуре можно наблюдать максимальную прочность фибробетона. При дальнейшем увеличении процента содержания волокна, прочность композита снижается. Причина тому — уменьшение расстояния между волокнами и недостаточная толщина матричного слоя. При таких условиях цементное тесто неспособно пропитать весь объём волокна, вследствие чего, ухудшается сцепление отдельных участков каркаса, начинаются процессы растрескивания.

При формировании структуры композита отмечается глубокая степень гидратации цементного камня на поверхности фибры. Таким образом, на поверхности волокна образуется плотный прочный слой цементного камня, который и является контактной зоной композита, через которую происходит взаимодействие фазы дисперсной среды с волокном. Продукты гидратации вяжущего будут иметь разный химический и фазовый состав в зависимости, в том числе, от материала фибры, которая так или иначе вступает в химическую реакцию с матрицей.

Литература

1. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Дис. ... д-ра техн. наук/ Ю.В. Пухаренко: СПбГАСУ. — СПб, 2005. — 315 с.
2. Пухаренко Ю.В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы. 2004. № 10. С. 47–50.
3. Опбул Э.К., Седип С.С. Трещиностойкость изгибаемых элементов из дисперсно армированного железобетона с высокопрочной арматурой без предварительного напряжения // Вестник Технические и физико-математические науки. 2014. № 3. С. 43–53.