

УДК 691.328.43

К.А. Сарайкина, В.А. Шаманов

Пермский государственный технический университет

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ БЕТОНОВ

Рассмотрены области применения дисперсно-армированных бетонов в строительстве. Приведены перспективы использования базальтофибробетонов в России. Описаны направления повышения щелочестойкости базальтовых волокон.

Ключевые слова: дисперсное армирование, бетон, стекловолокно, щелочестойкость, базальтофибробетон.

Современное строительство неразрывно связано с задачами, имеющими отношение к повышению эффективности строительного производства, снижению стоимости и трудоемкости технологических процессов, экономному использованию материальных и энергетических ресурсов, применению новых прогрессивных материалов.

Дисперсно-армированные бетоны в настоящее время являются одним из перспективных конструкционных материалов. Такие бетоны представляют собой одну из разновидностей обширного класса композиционных материалов, широко применяемых в различных отраслях промышленности. Дисперсное армирование осуществляется волокнами-фибрами, равномерно распределенными в объеме бетонной матрицы.

С одной стороны, дисперсное армирование позволяет существенно повысить прочность на растяжение, трещиностойкость и ударную вязкость бетонных материалов, а с другой – растет заинтересованность строительных организаций в получении эффективных армированных бетонных конструкций, к которым современное строительство предъявляет все более высокие требования.

Необходимо учесть и то, что рост производства промышленной продукции приводит к непрерывному увеличению потребления природных ресурсов, повышению расхода энергии, увеличению образующихся отходов, загрязнению окружающей среды. Поэтому выбор материалов для строительства требует строгого учета всех этих факторов.

Важными в настоящее время являются вопросы экономии энергии, необходимой для производства различных строительных материалов. Известно, что количество энергии, требующейся для производства бетонов, оказывается минимальным по сравнению с количеством энергии (приведенной к единому эквиваленту), необходимой для изготовления стали, алюминия, стекла, кирпича, пластмасс. Производство бетонных материалов помимо этого требует меньшего, по сравнению с производством стали расхода воды и в меньшей степени влияет на загрязнение окружающей среды. Армирование бетонов приводит к соответствующему повышению энергоемкости материала. Так как применение армированных сталью бетонов осуществляется в широких масштабах, становится существенной проблема максимального сокращения расхода металла и наиболее рационального его использования в бетоне. Альтернативой стальной арматуры могут выступать различные неметаллические волокна.

Номенклатура искусственных волокон, используемых для армирования материалов, весьма обширна: от чрезвычайно дефицитных, например, из карбида или нитрида кремния, бора, углерода, сапфира, вольфрама, до сравнительно доступных для применения в массовом строительстве – стальных, стеклянных, базальтовых, полимерных. В качестве армирующих элементов для бетонов могут использоваться и природные волокна: древесные (целлюлозные), бамбуковые, тростниковые, джутовые и др.

Однако не все волокна отвечают требованиям, которые предъявляются к арматуре бетонов. Известно, что изделия, армированные полипропиленовыми волокнами, характеризуются значительными деформациями даже при небольших нагрузках растяжения. Кроме того, такие изделия с течением времени теряют свои прочностные свойства, имеют высокую истираемость поверхности и горючесть при воздействии на волокно открытого пламени. Углеродные волокна, характеризующиеся отличными прочностными показателями, имеют высокую стоимость, поэтому использование их в качестве арматуры требует специального обоснования. Изучение возможности замены стекло- и базальтоволокном других волокон в бетоне показало, что получаемый прочный и относительно легкий композит с высокой вязкостью разрушения представляется весьма перспективным [1].

Эффективность стеклофибробетона подтверждена зарубежным и отечественным опытом его применения в различных областях строительства. Первые упоминания об армировании бе-

тонных конструкций стекловолокном относятся к 1941 году. В начале 50-х годов XX века в СССР был разработан стеклофибробетон на основе фибры из алюмоборосиликатного стекла, которое, однако, оказалось нестойким в щелочной среде твердеющего бетона. В Англии было разработано щелочестойкое стекловолокно марки «Цем-Фил», нашедшее широкое применение в мировой строительной практике. Из-за особенности свойств стеклофибробетон был использован при возведении ряда ответственных сооружений. Дисперсно-армированный бетон в мостостроении применялся в Берлинском парке (1988) для реконструкции пешеходного двухпролетного моста, в Лос-Анджелесе и Санта-Монике (США), в рамках программы повышения сейсмостойчивости мостовых конструкций (1993), нашли применение защитные облицовки колонн с использованием матов на основе фибробетона. Предлагаемые компанией «Каблан» (Казахстан, 2010) фибробетонные конструкции позволяют находить нестандартные архитектурные решения для получения вариантов разрезки фасада, приближения его пластики к лучшим образцам классической архитектуры. Панели из фибробетона fibreC (стекловолокно) производителя Rieder будут использованы для облицовки крыши и фасада при строительстве крупнейшего в мире центра энергетических исследований в Саудовской Аравии.

На автомагистрали в г. Детройте (США) было уложено дорожное покрытие толщиной 80 мм из фибробетона с 0,8–1,5 % армирования по объему. Крупнейшая в штате Техас стоянка для танков площадью 22 572 м была сооружена из фибробетона с 1,5 % армирования по объему. Лаборатория инженерных исследований армии США провела испытания на военном аэродроме, где взлетно-посадочные полосы были сооружены из обычного бетона и из фибробетона. Толщина взлетно-посадочных полос из обычного бетона 25,4 см, из фибробетона – 15,2 см (на 40 % меньше). После 700 циклов загрузки (взлетов и посадок) покрытие из обычного бетона практически было выведено из строя, в то время как фибробетонное выдержало 4500 циклов, т.е. долговечность фибробетонного покрытия оказалась в 6,4 раза выше бетонного [3].

Главный компонент стеклофибробетона, определяющий его уникальные свойства и исключительные эксплуатационные характеристики, – это стекловолокно, выполняющее функции арматуры в бетонной матрице. Между тем бетонные матрицы на основе портландцемента обладают значительной щелочностью.

Причем эта щелочная среда присутствует в бетоне не только на этапе его производства, но и сохраняется в нем впоследствии. Когда стеклянные волокна применяют в качестве армирующего материала в сочетании с портландцементом, волокно должно противостоять воздействию содержащейся в цементе щелочи в течение длительного времени. Волокно из обычного алюмосиликатного стекла не стойко в щелочной среде бетона, поэтому для армирования используют стекло другого химического состава – на базе циркония.

Производственная практика выявила, что армирование бетона стекловолокном, обладающим высокой химической устойчивостью к щелочной среде, стало возможным благодаря направленной выработке волокон из стекол специальных составов.

Производством стеклянной фибры в настоящее время занимается множество зарубежных компаний. В Японии массово производится щелочестойкое стекловолокно «Эрфайб», а для специального применения создано более стойкое к воздействию щелочей стекловолокно «Эрфайб-супер». Мировым лидером является японский стекольный концерн «Ниппон Электрик Глас» / (Nippon Electric Glass Co. Ltd, NEG). Известны и другие производители, такие как: Fibre Technologies International Ltd (Бристоль, Англия), L'Industrielle De Prefabrication (Прист, Франция), Cem-Fil (Чикаго, США) и др. В настоящее время началось производство стекловолокна в Китае.

В России исследования и разработки по созданию стеклофибробетонов и конструкций с их применением основываются в значительной мере на фундаментальных исследованиях, относящихся к технологии изготовления, теории, расчету и проектированию железобетонных конструкций. До 2003 года щелочестойкое стекловолокно в России производил концерн «Техстекло». В настоящее время, совместно с германской компанией «P-D Glasseiden GmbH Oschatz», ведется строительство завода стекловолокна и продукции на его основе в г. Елабуга.

Отечественный опыт характеризуется эффективным применением стеклофибробетонных цокольных плит и панелей с различным рельефом. В коттеджном строительстве применялись большеразмерные панели совмещенной кровли с рельефом классической черепицы. Эффективно используется стеклофибробетонная декоративная плитка на белом датском цементе для устройства навесных вентилируемых фасадов многоэтажных зданий. Для малоэтажного строительства перспективно применение

изделий с листовой стеклофибробетонной обшивкой, в том числе и в многослойных панелях с легкой теплоизоляцией. В монолитном домостроении и при реконструкции существующих зданий оптимальным решением является применение стеклофибробетонных навесных панелей, в результате чего становится возможным обновлять фасады и кардинальным образом изменить архитектурный облик реконструируемых зданий. Успешно используется стеклофибробетон в специальных областях строительства и при благоустройстве. Долговечность и стойкость стеклофибробетона в условиях воздействия внешней среды позволили применить стеклофибробетонные изделия в инженерных сооружениях на МКАД, на третьем транспортном кольце г. Москвы в качестве несъемной опалубки-облицовки путепроводов в пролетных строениях, системах водостоков на скоростных автомагистралях, для облицовки тоннелей [2].

Однако объем применения стеклофибробетона в России значительно ниже по сравнению с зарубежными странами. Это объясняется высокой стоимостью и сложностью технологии получения щелочестойкого цирконийсодержащего стекловолокна.

Альтернативой дорогостоящему стекловолокну в России может выступать базальтовое волокно, сырьевая база для производства которого доступна и практически не ограничена. Так, например, в Пермском крае (г. Оса) успешно функционирует и динамично развивается компания по производству высококачественного непрерывного базальтового волокна и изделий из него. К тому же базальтовое волокно является наиболее оптимальным по показателю соотношения цены и качества. Перспективы использования базальтовых волокон в качестве армирующих компонентов бетонных матриц существенно зависят от устойчивости волокон к воздействию щелочной среды гидратирующихся цементов.

При твердении цементного камня образуется агрессивная среда, в контактной зоне «волокно — цементная матрица» появляются новообразования в результате взаимодействия гидроксида кальция портландцемента с оксидом кремния волокна, наблюдается растворение поверхностного слоя и утонение волокон. При этом образцы, армированные волокнами, практически полностью утрачивают исходную прочность. В настоящее время работы по решению данной проблемы ведутся в нескольких направлениях:

1. Разработка эффективных защитных покрытий (аппретов) для базальтового волокна.

2. Обработка базальтоцементных конструкций различными составами и способами.

3. Создание новых видов малощелочных вяжущих, неагрессивных по отношению к базальтовому волокну, или модифицирование известных вяжущих с помощью различных добавок для снижения агрессивного воздействия на волокна.

Применение базальтовых волокон для армирования бетонов позволит изготавливать конструкции сложной конфигурации (коллекторы, подземные водные каналы и т.д.); решит проблемы морозостойкости и долговечности изделий (волокна не поддаются электрохимической коррозии, в отличие от обычной арматуры, которая является электрическим проводником и подвергается катодному эффекту); уменьшит общий вес конструкций. Кроме того, волокно заменит традиционное армирование, связанное с применением конструктивной стальной арматуры, уменьшит ее объемы, тем самым снизит трудозатраты и себестоимость готового изделия.

Библиографический список

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: моногр. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 560 с.

2. Габидуллин М.Г., Багманов Р.Т., Шанкараев А.Я. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона // Известия КГАСУ. – 2010. – № 1. – С. 268–273.

3. Официальный сайт компании «Профасад-стратегия». – URL: [http:// www.profasad.ru/news/](http://www.profasad.ru/news/) (дата обращения: 26.02.2011).

Получено 26.04.11