

УДК 693.55

ВИДЫ ФИБРОВОГО АРМИРОВАНИЯ

ВИДИ ФІБРОВОГО АРМУВАННЯ

TYPES FIBER REINFORCEMENT

Опанасенко Е.В., к.т.н., доц., Берестянская А.А., аспирант (Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков)

Опанасенко О.В., к.т.н., доц., Берестянська А.О., аспірант (Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

Opanasenko E.V., candidate of technical sciences, associate professor, Berestianska A.A., graduate (Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov)

Показана целесообразность дисперсного армирования бетона. Рассмотрены различные виды фибрового армирования бетона. Дана краткая характеристика каждой из фибр. Сделаны выводы о недостаточной изученности методов расчета фибробетона при различных воздействиях.

Показано доцільність дисперсного армування бетону. Розглянуто різні види фібрового армування бетону. Дано коротку характеристику кожної з фібр. Зроблено висновки щодо недостатню вивченість методів розрахунку фібробетону при різних впливах.

The authors describe the expediency of fiber-reinforced concrete. It's evaluated the effectiveness of various types of fibrous concrete. The brief description of each fiber type was shown in the article. The conclusions about the lack of knowledge of calculation methods of fiber-reinforced concrete under different loads were done on the base of critical analysis.

Ключевые слова:

Фибробетон, полипропиленовая, стеклянная, базальтовая, стальная фибры.

Фібробетон, поліпропіленова, скляна, базальтова, сталева фібри.

Fiber concrete, polypropylene, glass, basalt, steel fiber.

Вступление. Рост объемов применения бетона в строительстве, ужесточение условий эксплуатации бетонных конструкций требует постоянного совершенствования бетона с целью повышения его прочности,

трещиностойкости, огнестойкости и пр. В настоящее время наряду с использованием традиционного железобетона, все большее применение находят конструкции с модифицированным бетоном за счет введения различных добавок, в том числе фибр, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики материала конструкции. Фибра позволяет сделать материал более прочным, скрепляя внутреннюю структуру своими волокнами.

Анализ исследований. Введение фибр в бетон и их дисперсное расположение в объеме материала позволило сформулировать понятие композиционного материала на основе бетонной (цементной) матрицы. Одним из наиболее перспективных вариантов улучшения качества материалов, является их дополнение новыми связующими компонентами, например крепкими волокнами, которые делают исходный материал прочнее. Армированный фибрами бетон в несколько раз превосходит качественные характеристики обычного бетона. Однако недостаточная изученность стойкости волокон в цементной матрице бетона ограничивает области и объем применения фибробетона в строительстве, несмотря на то, что использование неметаллических волокон исключает ряд проблем, связанных с коррозией стальных фибр. Спектр областей применения фибробетона очень широк. И каждая из этих областей предъявляет к фибробетонным конструкциям свои специфические требования как по механическим, так и по реологическим свойствам. Проведенный обзор выявил недостаточную изученность поведения фибробетона при различных воздействиях, а также не совершенство методов расчета [1, 2].

Цели и задачи исследований. Выполнить сравнительный анализ характеристик различных видов фибрового армирования по вариационным показателям (прочностные, технологические и т.д.).

Виды фибрового армирования. *Полипропиленовая фибра.* При производстве фибробетона использование полипропиленовой фибры (фибрина) дает возможность снизить риск растрескивания и усадки бетона. Армирование полипропиленом делает поверхность бетона более крепкой, повышает общую водостойкость, материал становится устойчив к химическим соединениям. Такой бетон отличается повышенной сцепляемостью и износостойкостью. Снижается возможность расслоения, сокращается время строительных работ и их затратность. Бетон, армированный полипропиленовой фиброй, отличается от укрепленного стальными материалами большей прочностью, эластичностью, стойкостью к перепадам температур и пожаробезопасностью. Армирующие полипропиленовое фиброволокно изготавливается непрерывным методом из гранул чистого полипропилена посредством экструзии, а также вытяжки при нагревании (рис. 1).

Полипропиленовая фибра, распределяясь по всему бетону-матрице, обеспечивает трехмерное упрочнение бетона по сравнению с традиционной

стальной арматурой, которая обеспечивает лишь двухмерное упрочнение. Она легко распределяется и перемешивается в цементных замесах и не наносит вреда подающему и смешивающему бетон оборудованию, благодаря своим характеристикам используется для всевозможных работ. Полипропиленовое фиброволноко по большей части используется для стяжки пола, строительства фундамента и конструкции зданий, а также она эффективна при изготовлении армированных пенобетонных блоков, строительных сухих смесей, гидроизоляции, теплоизоляции и т.д.

Проведенные экспериментальные исследования с фиброй длиной 2мм, 4мм и 12мм дали возможность получить графики зависимости прочности при сжатии и изгибе от содержания фибры. Авторами был сделан вывод о том, что прочность фибробетона при сжатии и изгибе возрастает с увеличением размера и содержания фибры, однако при этом прочность при изгибе практически вдвое ниже прочности при сжатии [3].

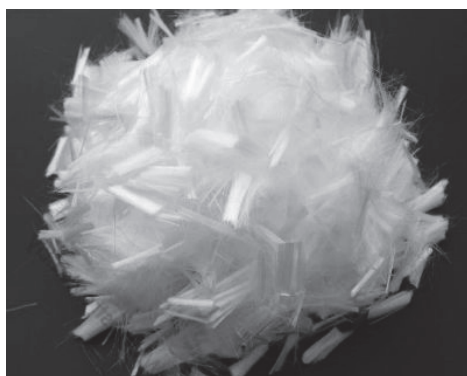


Рис. 1. Полипропиленовая фибра

Стеклопанная фибра. Стекловолокно – экологичный материал, не содержащий вредных добавок, не подверженный гниению и коррозии. Стеклопанная фибра состоит из тончайших стеклонитей длиной до 12 мм, диаметром 5-7 мкм, получаемых путем резки ровинга или комплексной нити (рис 2). Стеклопаннные волокна обладают высоким пределом прочности при растяжении и вязкой упругостью, благодаря чему она широко применяется для армирования композиционных материалов [4, 5].

Бетон с добавлением стекловолокна характеризуется высокой ударной стойкостью и пластичностью, а по термостойкости, водонепроницаемости, огнеупорности и износостойкости во много раз превосходит марочный бетон. Главное преимущество стеклофиброармирования перед армированием другими видами фибры – придание растворам при застывании высокой стойкости к трещинообразованию и расслаиванию. Стеклофибробетон

рекомендуется применять в конструкциях, работающих: преимущественно на продавливание и атмосферные воздействия; на сжатие при внецентренно приложенной продольной силе; на изгиб.



Рис. 2. Стекловолоконная фибра

Исследования и эксплуатация стеклофибробетона показали возможность повышения прочности в 2 раза. Однако впоследствии оказалось, что стекловолокно разрушается щелочью цементного камня, из-за чего его применение приостановилось. В связи с этим были разработаны щелочестойкие волокна (боросиликатное и др.). Фибробетон с щелочестойким стеклянным волокном обладает высокими показателями прочности при изгибе и растяжении.

Стеклофибробетон при своем производстве требует наличия специального оборудования. На заводах фибру из стекловолокна замешивают непосредственно в бетонную смесь и затем используют для изготовления фибробетонных конструкций. Стекловолокно, содержащееся в фибробетоне, дает возможность понизить затратность производства, уменьшить трудоемкость, увеличить прочность, надежность и срок службы строительных сооружений и изделий.

Стальная фибра. Стальная фибра является самым прочным и востребованным материалом для улучшения качества бетона. Она открывает большие возможности в строительстве – обеспечивает прочные конструкции высокого качества, которые не портятся под внешними воздействиями. Сталефибробетон имеет специфические свойства, которые позволяют превзойти обычный бетон, и в мировом производстве занимает немалую долю (12-16%) в суммарном объеме используемого бетона. Металлическая фибра, в отличие от полипропиленовой и стеклянной, улучшает механические характеристики бетона после набора им прочности, т.е. выполняет силовые функции. В качестве металлической фибры используются отрезки стальной проволоки, толщиной 0,1-0,5 мм и длиной от 1 до 5 см (рис. 3).

Сталефибробетон имеет повышенную прочность на разрыв, практически не дает усадки и трещин в процессе эксплуатации. Для получения высокопрочных сталефибробетонов необходимо выполнить ряд условий: волокна должны иметь одинаковые свойства и типоразмеры, иметь хорошее сцепление с раствором и бетоном, равномерно распределяться в бетонной матрице,

а их материал должен препятствовать образованию и развитию коррозии и химическому взаимодействию с материалом матрицы.



Рис. 3. Стальная фибра

Для повышения прочности сцепления фибры с бетоном желательно, чтобы она имела периодический профиль, загнутые концы или волнистое очертание. Армирование бетона металлической фиброй способствует увеличению его прочностных характеристик: предел прочности при растяжении, сжатии и изгибе увеличивается, повышается ударная прочность [6]. Значительно повышается деформативность, долговечность, износостойкость, морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость, надежность и коррозионностойкость бетонных конструкций. Повышение физико-механических свойств сталефибробетона позволяет снизить массу бетонных конструкций.

Целесообразность применения стальной фибры заключается в следующем:

- бетон, армированный фиброй, по свойствам аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, но армирование фиброй получается дешевле, чем укладка двойной арматуры;
- применение фибрового армирования дает возможность усилить углы конструкций и регулировать толщину элемента;
- фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру.

Следует отметить, что стальную фибру надо рассматривать как разновидность арматуры. Поэтому, как и в случае стержневой арматуры,

подбор марки стали для фибры должен зависеть от назначения и условий использования сталефибробетона.

Выпускаемая в мире стальная фибра различается как по способу своего изготовления и исходному материалу, так и по форме фибры и областям ее применения. По способу своего изготовления и исходному материалу стальную фибру можно разделить на фибру, полученную путем формовки и резки тонкой проволоки и как ее разновидность – полученную рубкой снятых с эксплуатации канатов, рубки тонкого листа, фрезерования слябов, вытяжки из расплава.

Сталефибробетон используют при возведении каркасов зданий и строительстве монолитных бетонных сооружений. Фибробетон со стальными волокнами также применяется при устройстве водоотводных каналов и шахт канализационных колодцев, водоочистных резервуаров и плотин. Пол из фибробетона, имеющего в своем составе стальную проволоку, способен выдерживать значительные нагрузки, что с успехом применяется при возведении промышленных и сельскохозяйственных зданий. Сталефибробетон выгодно использовать в сухом и влажном торкретбетоне (методом набрызга), для укрепления сводов, склонов горных автодорог, восстановления и усиления старых бетонных колонн, прогонов и других несущих конструкций, отделки тоннелей. Эффективно применение сталефибробетона для монолитных конструкций и сооружений – аэродромных покрытий, пролетных конструкций мостов, и пролетных перекрытий зданий, ирригационных каналов, взрыво- и взломоустойчивых и оборонных сооружений, а также для конструкций верхних строений железнодорожного пути.

Зарубежный опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия, убедительно доказал технико–экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях [7].

Изготовлением стальной фибры заняты, как правило, мощные производители обычной стержневой и проволочной арматуры или металлоизделий. Наиболее ярким примером в этом плане является Япония, где 7 крупных фирм выпускают стальную фибру, рубленную из листа или проволоки, фрезерованную из сляба, вытянутую из расплава.

Базальтовая фибра. Базальтовая фибра — это волокна, введение которых повышает прочность бетона на растяжение, имеющие ряд преимуществ, поскольку являются одними из самых прочных минеральных волокон. Фибра базальтовая представляет собой отрезки комплексного базальтового волокна в виде рассыпчатых монофиламентов (рис. 4). Длина волокна может быть 3,6,13,15,18,25,27,30 мм, возможно 40, 50 мм, диаметр отдельного волокна – 13-20 мкм.

Исследования показывают, что качество бетона значительно улучшается даже при небольших добавках базальтового волокна. Повышается стойкость к нагрузкам, долговечность, стойкость к образованию трещин, понижается

вероятность деформации. Немаловажным является то, что применение такого материала позволяет, без какого либо ущерба прочности, уменьшить массу конструкций в целом [8]. Уникальность базальтовой фибры в том, что она изготавливается из природного камня и имеет прекрасные показатели химической стойкости. Базальтовая фибра имеет ряд существенных преимуществ, начиная от цены и экологической безопасности, физико-технических характеристик и заканчивая тем, что его трудно подделать [9].



Рис. 4. Базальтовая фибра

Преимущества базальтовой фибры: пределы прочности бетонной конструкции на изгиб, сжатие и осевое растяжение увеличиваются, также увеличиваются морозостойкость, водонепроницаемость, огнестойкость, стойкость поверхности к истираемости и к ударным и динамическим нагрузкам, а вероятность появления усадочных трещин уменьшается.

Базальтовые волокна абсолютно не токсичны, обладают низкой возгораемостью и отличаются простотой введения в бетонные смеси. Такие фиброволокна обеспечивают бетону трехмерную прочность. Базальтовая фибра абсолютно устойчива к физическим повреждениям во время перемешивания, не корродирует (что характерно для стальной фибры), легко распределяется, не образуя сгустков, даже при добавлении в уже залитую смесь.

Структура бетона с применением базальтовых волокон (базальтоцемента) близка к структуре армоцемента с арматурой из стальных сеток. Однако базальтоцемент обладает более высокой прочностью и деформативностью, т.к. армирующий его базальт обеспечивает более высокую степень дисперсности армирования камня и сам базальт обладает более высокой прочностью, чем большинство видов стальных сеток. Кроме того, базальтоцемент может переносить большие упругие деформации, потому что базальтовое волокно при растяжении пластических деформаций не имеет, а по упругости превосходит сталь. Значительное увеличение деформативности и прочности цементного камня происходит за счет устранения базальтовыми волокнами влияния концентрации напряжений.

Главной трудностью при выполнении разнообразных строительных работ является то, что растворы плохо сцепляются с основой, и после высыхания и затвердения начинают трескаться. Введение базальтовой фибры в полной мере помогает разрешить этот вопрос.

Базальтовая фибра эффективно применяется при работах с устройством фибробетонных полов, в производстве пенобетона, для предотвращения трещинообразования бетонных и гипсовых изделий. Базальтовое волокно хорошо зарекомендовало себя в различных ячеистых бетонах, пескобетоне, торкретбетоне и т.д. Также базальтовая фибра применяется для бетонных плит перекрытий, плит фундаментов и в конструкциях с высокой степенью пожарной безопасности. Особенно широко и выгодно использовать базальтовую фибру при строительстве гидросооружений. Базальтовое фиброволокно позволяет до 8% сократить расход цемента при сохранении тех же технических характеристик готовых изделий.

Выводы. Обобщенный накопленный опыт показывает, что использование дисперсно-армированных бетонов различной плотности и прочности позволяет повысить качество и снизить ресурсопотребление при возведении новых, а также при реконструкции существующих строительных объектов. Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что разработка и производство фибробетонов значительно улучшают целый комплекс показателей строительных конструкций. Применение того или иного вида фибры зависит от назначения и характера эксплуатации конструкции. Существующие методы расчета недостаточно учитывают особенности работы фибробетонных конструкций при различных воздействиях.

1. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. – М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 559 с. 2. Берестянская, А.А. Особенности расчета и проектирования сталефибробетонных конструкций [Текст] / А.А. Берестянская, Н.Н. Гаврилко, И.В. Быченко // Сталезалізобетонні конструкції: зб. наук. ст. – Полтава, 2014. – Вип. 11. – С.34-40. 3. Рымар, Т.Э. Свойства фибробетона с полипропиленовой фиброй [Текст] / Т.Э. Рымар, А. С. Шишина // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля №17(188) Ч.1.– Луганск, 2012. – С.109-112. 4. Серых, И.Р. Прочность стеклофибробетона / И.Р. Серых, Л.А. Панченко // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т.9. № 2. С. 43-47. 5. Fiber Concrete on Composite Knitting and Industrialsand KMA for Bent Designs / S.V. Klyuyev, R.V. Lesovik, A.V. Klyuyev, A.V. Netrebenko, N.V. Kalashnikov// World Applied Sciences Journal, 2014. V. 30. № 8. P. 964 – 969. 6. Талантова, К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона [Текст] : автореф. дис. док. тех. наук : 05.23.01 / Талантова Клара Васильевна ; Новосибирск, 2010. – 30 с. 7. Al Khalaf, M.N. Effects of Fibre Surface Composition on Mechanical Properties of Steel Fibre Surface Reinforced Mortars / M. N. Al Khalaf, C. L. Page, A. G. B. Ritchie // Cement and Concrete Research. 1980. - Vol. 10. - P. 71 - 77. 8. Боровских, И. В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Боровских Игорь Викторович; Казань 2009. – 24 с. 9. Artemenko, S.E., 2003. Polymer Composite Materials Made from Carbon, Basalt, and Glass Fibers. Structure and Properties, Fiber Chemistry 35(3), pp. 226-229.