BEKAERT

better together

Характеристики стального и полимерно-волокнистого бетонного материала на основе волокон

WAuteur(s)?HITEPAPER



СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация 3

Введение 4

Свойства материалов стали и полимерных волокон 4

Модуль Юнга волокон

Предел прочности волокон при растяжении

Плотность волокон

Вогнестойкость волокон

Сопротивление окислению

Смешиваемость волокон

Свойства стали и макроволоконного бетона 7

Упрочняющий эффект, измеренный в испытаниях набалках

Срок службы 8

Ползучесть стальных и макроволоконных бетонов

Агрессивная среда

Биодеградация морского волокнистого армированного бетона

Правила проектирования для стали и макроволоконных волокон 11

Контроль качества стали против макроволоконного бетона 11

Список литературы 13

БЕЛАЯ КНИГА: Характеристики стального и полимерного волокнистого бетона

Беноа де Рива

РЕФЕРАТ

Армирование волокнами используется в бетоне на протяжении тысячелетий. Тысячи лет назад римляне использовали армирование волокнами в своем бетоне — в виде конского волоса. В наши дни мы в особенности используем стальные и синтетические волокна. Синтетические волокна часто рекламируют как эквивалент стальным волокнам. Но действительно ли это так? Эта работа рассматривает различные характеристики материалов стальных и полимерных волокон, с особым вниманием к долгосрочной долговечности.

ВВЕДЕНИЕ

Стальной волокнистый бетон (SFRC) появился на рынке во второй половине 1970-х. В то время не существовало стандартов или рекомендаций, что было серьезным препятствием для принятия этой новой технологии. В то же время SFRC применяется с тех пор во многих различных строительных объектах, таких как полы на грунте, полы на сваях, туннельные оболочки, добыча полезных ископаемых, сборные элементы.

Сначала стальные волокна использовались для замены вторичного армирования или контроля трещин в менее критичных строительных частях. Сейчас стальные волокна широко используются в качестве основного и единственного армирования для промышленных плит полов, фундаментов, сборных бетонных изделий и туннельных работ.

Стальные волокна теперь рассматриваются для конструкционных целей, что помогает обеспечить стабильность и долговечность конструкции в:

- промышленные полы на сваях
- сборные элементы
- фундамент здания
- подвалы

Эта эволюция в области структурного применения была в основном следствием прогресса в технологии SFRC, а также исследований, проведённых в различных университетах и технических институтах, чтобы понять и количественно определить свойства материалов. В начале девяностых начали разрабатываться рекомендации по правилам проектирования стального волокнистого бетона.

С октября 2003 года доступны рекомендации Rilem TC 162-TDF по правилам проектирования стального волокнистого бетона.

Один из аспектов, способствующих использованию FRC, — это введение руководящих принципов по проектированию FRC. В 2013 году FIB представил Model Code 2010, в котором вставлена конкретная часть, касающаяся FRC. Этот документ вызвал большой интерес у сообщества бетонного строительства, и несколько документов считают Model Code 2010 в качестве ориентира.

Действительно, около тысячелетия назад поставщики микро-синтетических волокон начали предлагать макро-синтетические волокна. Микро-синтетические волокна обычно длиной 6–12 мм и диаметром 16–35 мкм, широко используются для снижения трещин усадки при пластическом усыхании, а также для снижения высверливания бетона во время пожара. Так как модуль Юнга полиолефина обычно составляет примерно от 3000 до 10000 МПа, обычно считается, что армирующий эффект этих волокон исчезает через пару часов твердения бетона, поскольку твердый бетон обычно имеет модуль Юнга около 30000 МПа. Макро-синтетические волокна обычно имеют размеры, равные стальным волокнам, длина от 15 до 60 мм, диаметр от 0,4 до 1,5 мм.

СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ СТАЛЬНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН

Армированный волокном бетон (FRC) — композитный материал, характеризующийся цементной матрицей и дискретными волокнами (дискретность). Матрица может быть выполнена из бетона или кладки. Волокна могут быть из стали, полимеров, углерода, стекла или натуральных материалов.

Свойства композита зависят от характеристик составляющих материалов, а также от их дозировки. Другие факторы, такие как геометрия, объемная доля и механические свойства волокон, связывание

WP_Сталь против синтетических волокон_EN.indd 4 16/07/2019 13:41:46

взаимодействие между волокном и бетонной матрицей, а также механические свойства матрицы, существенно влияют на свойства армированного волокнами бетона (FRC).

Поведение бетона, армированного волокнами, представляет собой не просто сумму характеристик бетонной матрицы и волокон; для анализа поведения этого композитного материала необходимо учитывать также взаимодействие между ними, то есть передачу нагрузок от бетонной матрицы к системе волокон.

Поэтому для эффективной передачи нагрузки должны быть выполнены следующие три условия:

1. Достаточная площадь контакта (количество, длина, диаметр волокон).

2. Характер интерфейса волокно-матрица обеспечивает правильную передачу нагрузки.

3. Внутренние механические свойства волокна (модуль Юнга, анкеровка и прочность на растяжение) позволяют поглощать усилия без разрушения или чрезмерного удлинения волокна.

На самом деле, в гиперстатической или статически неопределимой конструкции, чем лучше контролируется образование трещин с самого начала (малые раскрытия), тем эффективнее будет процесс многообразного растрескивания и, следовательно, тем более пластичное поведение будет проявлять конструкция.

Стальные волокна значительно жестче бетона, тогда как синтетические волокна менее жесткие.

Модуль Юнга волокон

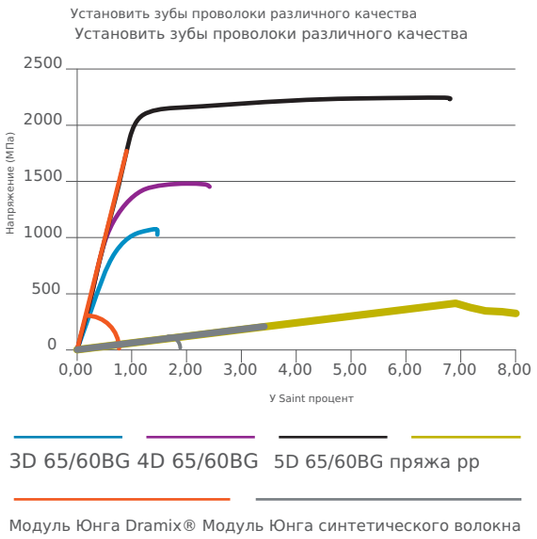
Армирующая способность волокна зависит от его анкеровки в бетоне, прочности на растяжение и модуля Юнга.

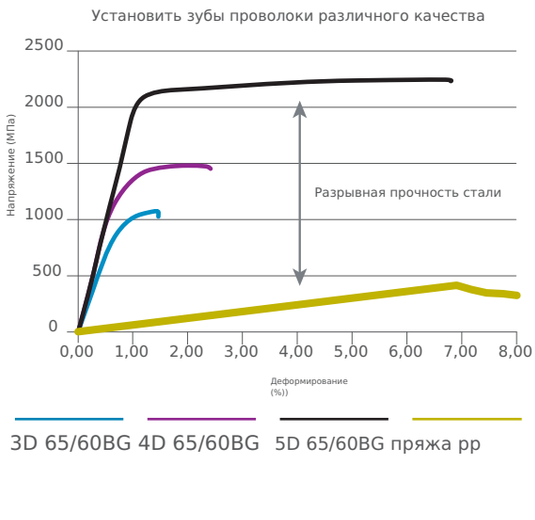
Модуль Юнга бетона обычно составляет 30 000 МПа, стального волокна — 210 000 МПа, а полиэтиленового волокна — от 3 000 до 10 000 МПа. Для хорошо закрепленных волокон и при одинаковой нагрузке удлинение полимерного волокна, а следовательно, и ширина трещины в бетоне могут быть значительно больше по сравнению со стальными волокнами. Это может повлиять на долговечность бетона, особенно в сочетании с традиционной

армированием.

	Бетон	Стальные волокна Dramix®	Синтетические волокна
Модуль Юнга	30 000 МПа	210 000 МПа	3 000 - 10 000 МПа
Прочность на растяжение	1 - 2,5 МПа	1 000 - 2 300 МПа	200 - 600 МПа
Потеря механических свойств		370° C	50° C
Температура плавления		1500° C	165° C
Ползучесть		370° C	>20° C

WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 5 16/07/2019 13:41:46





Если рассмотреть модуль Юнга разных видов волокон, мы получаем очень важное наблюдение — стальные волокна заметно жестче бетона (более высокий модуль Юнга), тогда как синтетические волокна менее жесткие, чем бетон (ниже модуль Юнга).

Разрушающая прочность волокон

Предел прочности стального провода обычно составляет 1,000–2,000 МПа, по сравнению с 300–600 МПа для преимущественно макро-синтетических волокон.

Удельная плотность волокон

Удельная плотность стальных волокон обычно 7,850 кг/м³, по сравнению с 910 кг/м³ для полимерных волокон и 2,500 кг/м³ для бетона. Полимерные волокна легки, что благоприятно для здоровья и безопасности, но они легче воды и значительно легче бетона: полимерные волокна действительно плавают на воде, что создает риски на поверхности волокон, например, в напольных покрытиях. Плавающие волокна также могут создавать проблемы с безопасностью, блокируя насос в присутствии воды при проходке тоннелей и добыче. Плавающие волокна могут создать проблемы для любого осушения.

процесс: блокирование насоса — критическая проблема, которую вам нужно решить во всех зонах вашей галереи по очевидным соображениям безопасности.



Низкая плотность в сочетании с высоким возвратом при использовании процесса распыленного бетона может создать критическую экологическую проблему.



© Øyvind Ellingsen/Statens vegvesen

Пример: туннель Ryfast, Норвегия: Плавающая макро- синтетика

WP_Сталь vs синтетические волокна_EN.indd 6 16/07/2019 13:41:47

Огнестойкость волокон

Полипропиленовые волокна обычно плавятся при температуре около 160°C. Поэтому микрополипропиленовые волокна доказали свою пригодность для повышения огнестойкости. Точная причина этого пока полностью не выяснена, но в целом считается, что тонкие микроволокна начинают плавиться при экстремальных условиях пожара, оставляя небольшие каналы, через которые может выходить пар под давлением. В результате ожидается меньше повреждений и меньше отслаивания бетона.

Макросинтетические волокна также плавятся при такой же температуре, но они недостаточно тонкие, чтобы обеспечить бетону при пожаре необходимую сеть каналов. Кроме того, поскольку волокна плавятся, они менее подходят для тех строительных конструкций, где важен армирующий эффект волокон.

Устойчивость к окислению

Полимерные волокна не ржавеют, даже если они выступают на поверхности. Яркие стальные волокна могут показывать некоторое окрашивание, если они находятся на поверхности, но никогда не вызывают отслаивания бетона. Если по эстетическим причинам окрашивание недопустимо, как в некоторых сборных конструкциях, можно использовать оцинкованные стальные волокна.

Стальные волокна превращают хрупкий бетон в пластичный материал, способный выдерживать довольно большие деформации без потери несущей способности.

Смешиваемость волокон

Некоторые макросинтетические волокна склонны к фибрилляции во время смешивания. Этот процесс продолжается в автобетоносмесителе до полного разрушения всех волокон. Ухудшение качества при смешивании не происходит у стальных волокон.

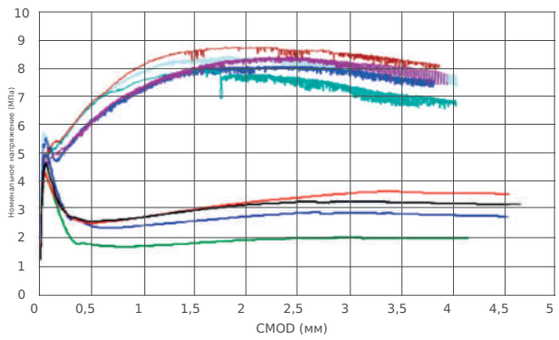
СВОЙСТВА БЕТОНА СО СТАЛЬНЫМИ И МАКРОСИНТЕТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ

Фибробетон хорошо известен своей пластичностью. Эффект волокон — это сочетание армирования и образования сетки. В частности, стальные волокна в основном изменяют поведение бетона: стальные волокна превращают хрупкий бетон в пластичный материал, способный выдерживать довольно большие деформации без потери несущей способности. Пластичность означает перераспределение нагрузки и более высокую несущую способность конструкции, при этом механические свойства самого бетона остаются неизменными.

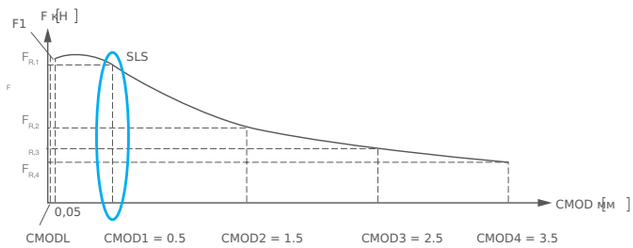
Армирующий эффект, измеренный в балочных испытаниях

В целом большинство макросинтетических волокон показывают довольно средние результаты в испытаниях на изгиб. Чистый армирующий эффект довольно слабый из-за низкого модуля Юнга и низкой прочности на разрыв. Как видно из графика, большинство макросинтетических волокон начинают работать при гораздо больших ширинах трещин, чем стальные волокна. Стальные волокна с анкеровкой, в зависимости от типа волокна, обычно работают оптимально при ширине трещин от 0,5 мм до 2,5 мм, тогда как макросинтетические волокна работают оптимально после 3 мм ширины трещины.

WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 7 16/07/2019 13:41:47



EN 14651 40 кг Dramix 4D 80/60BG против 8 кг макро высокопроизводительных (согласно report Университета Рима, опубликованному в туннельной беседе).



Из-за низкого модуля Юнга синтетических волокон ширина трещин очень значительная (>0,5 мм) до того, как волокна начнут работать.

Урок обучения

Гарантия DURABILITY 1. 35kg/m3 Dramix 5D65/60BG с учётом правильного состава смеси

- поведение после появления трещин при затвердевании
- класс прочности C40/50 4c мини

2 8kg/m3 синтетический волокнистый армированный бетон

- смягчение поведения после появления трещин
- класс прочности fr1k/flk > 0.4 трудно достигнуть

Мы должны помнить, что в соответствии с Model code 2010 армирование волокном может заменить (частично) обычное армирование на пределе прочности при соблюдении следующих условий: • fr1k/flk > 0.4; fr3k/fr1k > 0.5

f

Этот критерий трудно выполнить при использовании макроволокна по существующим в рынке дозировкам.

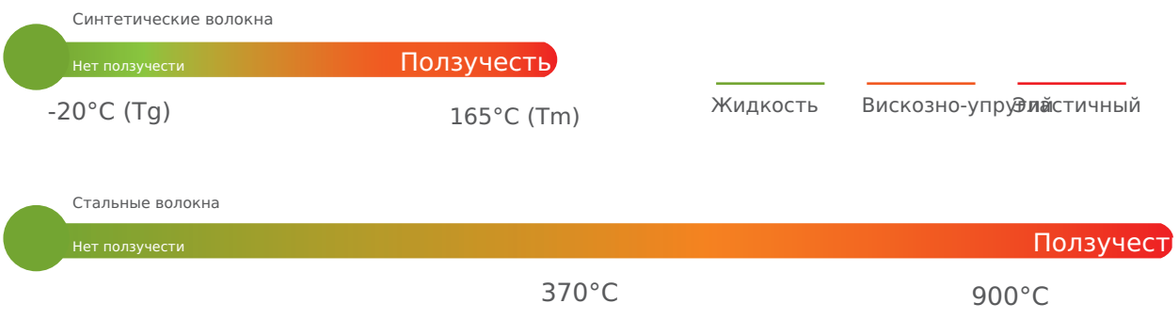
ПРОЧНОСТЬ

ползучесть стальной волокнистой и макро-статической волокнистой бетонной смеси

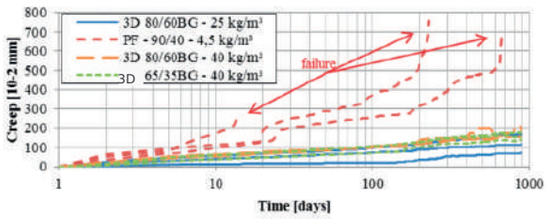
Ползучесть — это тенденция твёрдого материала медленно перемещаться или деформироваться постоянно под воздействием устойчивых напряжений. Это может происходить из–за длительного воздействия высоких уровней напряжения, которые все ещё ниже предела текучести материала.

Ползучесть более выраженная в материалах, подвергающихся нагреву в течение длительных периодов, и экспоненциально возрастает по мере приближения к их плавлению.

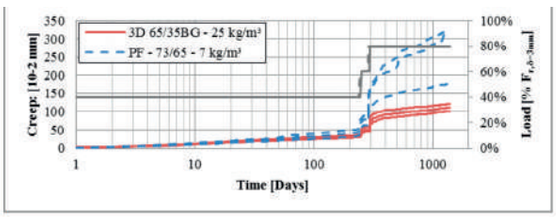
Опыт 14 лет испытаний ползучести стального и полимерного армированного волокном бетона (смотр. FRC-CREEP 2016 | RILEM TC 261-CCF) показывает, что подавляющее большинство протестированных образцов полимерного армированного волокном бетона выходят из строя при постоянной нагрузке, в то время как все образцы стального армированного бетона остаются целыми.



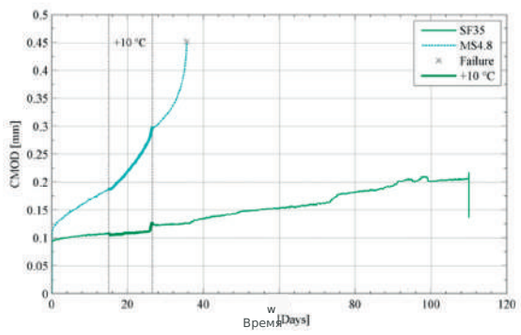
WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 8 16/07/2019 13:41:47



Программа B1: EN14488-5 размером 600 мм x 600 мм x 100 мм при FR 60%, δ=3 мм



Программа B2: EN14488-5 размером 600 мм x 600 мм x 100 мм при FR 40%-60%-80%, δ=2 мм



CMOD увеличивается экспоненциально при перепаде температуры на 10°C

Агрессивная среда

Основной фактор, определяющий долговечность бетонной конструкции, — это достижение низкой проницаемости, что снижает проникновение потенциально вредных веществ. Низкую проницаемость достигают благодаря правильному составу бетона.

Контроль микротрещинообразования также является важным параметром. Волокна успешно используются в гибридных фундаментах и проектах подвалов для уменьшения ширины трещин до 0,2 мм или даже меньше.

Волокна имеют преимущество над обычным армированием в том, что распределяются случайным образом по всей конструкции из бетона. Однородное армирование позволяет перераспределить растягивающие напряжения, что приводит к большему количеству равномерно распределённых микротрещин ограниченной ширины и глубины. Чтобы получить прочный бетон и обеспечить соответствие свойств материала требованиям проекта, процесс нанесения должен соответствовать следующим критериям, чтобы обеспечить бетон высокой прочности с минимальной изменчивостью качества:

- полностью перемешанный однородный бетон, включая волокна;
- снизить риск влияния человека на качество бетона; автоматическое дозирование должно использоваться по возможности, чтобы сертифицированная установка расфасовки могла применить бетон хорошего качества.

«Прочность SFRC, а особенно коррозия стальных волокон, была опорой множества исследовательских проектов на протяжении последних десятилетий. Существующая литература по прочности SFRC обширна и охватывает широкий спектр, включая различные механизмы ухудшения и условия воздействия.... Для стали армированного бетона минимальная защита бетона (cmin) применяется только для необязательно вставленного арматурного стального изделия, но не для стальных волокон. Волокна могут ржаветь возле поверхности и вызывать изменение цвета ржавчины, если это необходимо. Влияние на долговечность не задано.”

(DAfStb, ноябрь 2012)

WP_Сталь против синтетических волокон_EN.indd 9 16/07/2019 13:41:48

Мы должны помнить

- Когда трещина не превышает открытия 0,3 мм в волокнистом бетоне, она образует очень извилистый и порой прерывистый путь, что затрудняет циркуляцию агрессивных агентов.

- Если открытие трещины не превышает 0,3 мм, могут возникнуть самовосстанавливающиеся механизмы, и продукты коррозии (в случае металлических волокон) могут осаждаться внутри трещин. Эти два физических механизма, соответственно, блокируют трещины и предотвращают циркуляцию агрессивных ионов.

Пример передового опыта в норвежском дорожном тоннеле

С ноября 2015 года макро-полимерное волокно запрещено в норвежском дорожном тоннеле, и на данный момент единственной альтернативой является стальное волокно. Это было новостью в последнем издании NPRA. Фоновая информация объяснена в публикации «Запрет полимерного волокна в FRSC на норвежских дорогах» от Synove A Myren во время симпозиума по распыленному бетону 2018 года.

Тем временем была опубликована масштабная НИОКР-программа и очень полное современное документальное состояние дела профессором Хагелиа. Основной вывод, полученный в ходе программы Durable Structures (2012-2015), предоставил новые данные по дизайну долговечного распыленного бетона, подвергающегося агрессивным экологическим нагрузкам.

Признано, что данные по долговечности все еще представляют лишь 25 % предполагаемого срока службы, и остаются неопределенности относительно конечного срока службы многих изученных бетонов с W/C примерно 0.45 и выше. Однако использование постоянно более качественных бетонных смесей в новых проектациях, сейчас указанных W/C = 0.40, в комбинация с минимальной толщиной 100 мм в секциях подводных тоннелей, похоже, представляет собой очень прочный дизайн, также для железобетона с арматурой из стальных волокон.

Биодеградация морского бетона с волокнами

Недавно синтетические волокна использовались в качестве альтернативы номинальным стержням арматуры в бетонной морской конструкции у побережья Файлд в Англии. Эта конструкция обеспечивает отличную платформу для изучения влияния морской среды на долговечность и механическую прочность синтетических волокон и окружающего бетона.

Известно, что зеленые водоросли и другие виды могут вызывать значительное разрушение бетона через биорастворение.

Исследование Питера Хьюгеса (November 2012 Concrete international) показывает, что биологическая активность может привести к ослаблению связи между макро- синтетическими волокнами и бетонной матрицей.

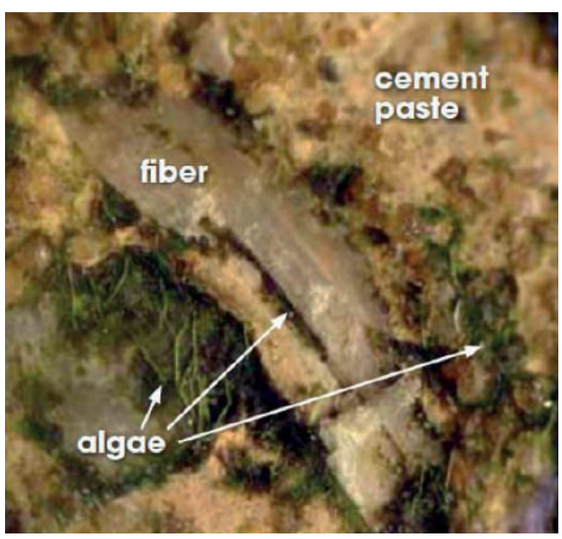


Рисунок: Рост водорослей на нижней стороне волокон внутри цементно-пастоwej матрицы и интерфейс пасты волокно-цемент.

WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 10 16/07/2019 13:41:48

Механизм, описанный выше, вреден для долгосрочной работоспособности полимерных волокон и существенно влияет на стойкость поверхности бетона. Это исследование водорослей дало новые данные о колонизаци и водорослями и открывает перспективу более детальных исследований механического биоповреждения макросинтетических волокон, армирующих морской бетон.

- ISO 13 270 Пункт 3.1 Примечание 1 к записи: Стальные волокна являются подходящим армирующим материалом для бетона, поскольку их коэффициент термического расширения равен коэффициенту бетона, их модуль Юнга как минимум в 5 раз выше, чем у бетона, а ползучесть обычных волокон из углеродистой стали может происходить только при температуре выше 370 °C.

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ И МАКРОСИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

- С октября 2003 года для бетона с стальными волокнами доступны руководящие принципы проекта Rilem TC 162-TDF [1]. Пока что для макросинтетических волокон нет аналогичного руководства.
- Волокна, модуль Юнга которых значительно зависит от
    - времени и/или
    - термо-гидрометрические явления не охвачены данным Стандартным кодексом

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА С СТАЛЬНЫМИ И МАКРОСИНТЕТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ

В рамках контроля качества производства тесты на вымывание довольно распространены для проверки дозировки волокон в свежем бетоне. Это всегда занимает много времени, но намного проще, когда магнит может удалить волокна, как в случае со стальными волокнами.

Краткое описание армирующих свойств стальных и синтетических волокон

	Стальные волокна	Макро- синтетические волокна · Микро- синтетические волокна	
Поведение пластической усадки	☒	☒	☑
Армирование усадки при высыхании	☑	☑	☒
Армирование пластической усадки	☒	☒	☑
Несущая способность армирования SLS	☑	☒	☒
Несущая способность армирования ULS	☑	☑	☒
Долгосрочное армирование	☑	☒	☒

WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 11 16/07/2019 13:41:48

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфические технические достоинства и слабые стороны различных волокон зачастую менее известны и приводят к путанице.

Волокна для бетона встречаются во всех цветах, формах, размерах и материалах. Сегодня основную часть волокон, используемых в бетоне, можно условно классифицировать на 3 семьи для подземного применения:

1. Волокна из стали: конструктивное применение, контроль трещин, долговечность, проектирование SLS и ULS

2. Микроскопические синтетические волокна: пожаробезопасность и предотвращение трещин от усадки при пластической деформации.

3. Макро-синтетические волокна: негравиторные применения, когда SLS не важен и когда огнестойкость не критична. В основном используются для временных конструкций с большими деформациями.

Нет хорошего или плохого продукта, но правильный продукт должен использоваться для правильного применения.

Основная цель этой статьи — предложить понимание технической эффективности различных материалов.

Эта статья поможет ответить, какое волокно использовать/указать для какого применения и почему, на основе хорошего понимания свойств материалов.

Сталь фенет бетон доказал за годы своей надёжности как строительный материал. После 40 лет опыта первые руководящие принципы по стальным волокнам бетона вышли в октябре 2003 года, а Model Code — в 2010 году. Бетоны с волокнами, например макро-сложные синтетические волокна, всё сильнее понимаются и могут применяться в некоторых конкретных технических контекстах.

Данные по ползучести, сопротивлению сдвигу, контролю трещин, долговечности, методам проектирования, устойчивости ... на данный момент отсутствуют для бетона с макро синтетическими волокнами, но опыт придёт.



Benoit De Rivaz

Беноа де Риваз имеет степень инженера-строителя Университета Парижа VI. Его бакалавриат и магистратура сосредоточены на армированном и монолитном бетоне. Он начал как инженер на стройплощадке для туннелирования в разных международных проектах более 10 лет для крупных французских подрядчиков. Позже он присоединился к Bekaert в разделе «Исследования и развитие с Dramix в туннельных приложениях» на более чем 10 лет. Сегодня Беноит является Глобальным менеджером по техническому бизнес-развитию в Bekaert Maccaferri Underground Solutions. Беноит является членом различных международных комитетов: AITES (WG12 по распылённому бетону), ITA-CET фонда, AFTES (рабочая группа по предварительно изготовленным сегментам), Efnarc (исполнительный комитет), Asquapro (комитет по распылённому бетону) и ITA TECH (член правления).

WP_Сталь против синтетических волокон_EN.indd 12 16/07/2019 13:41:48

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

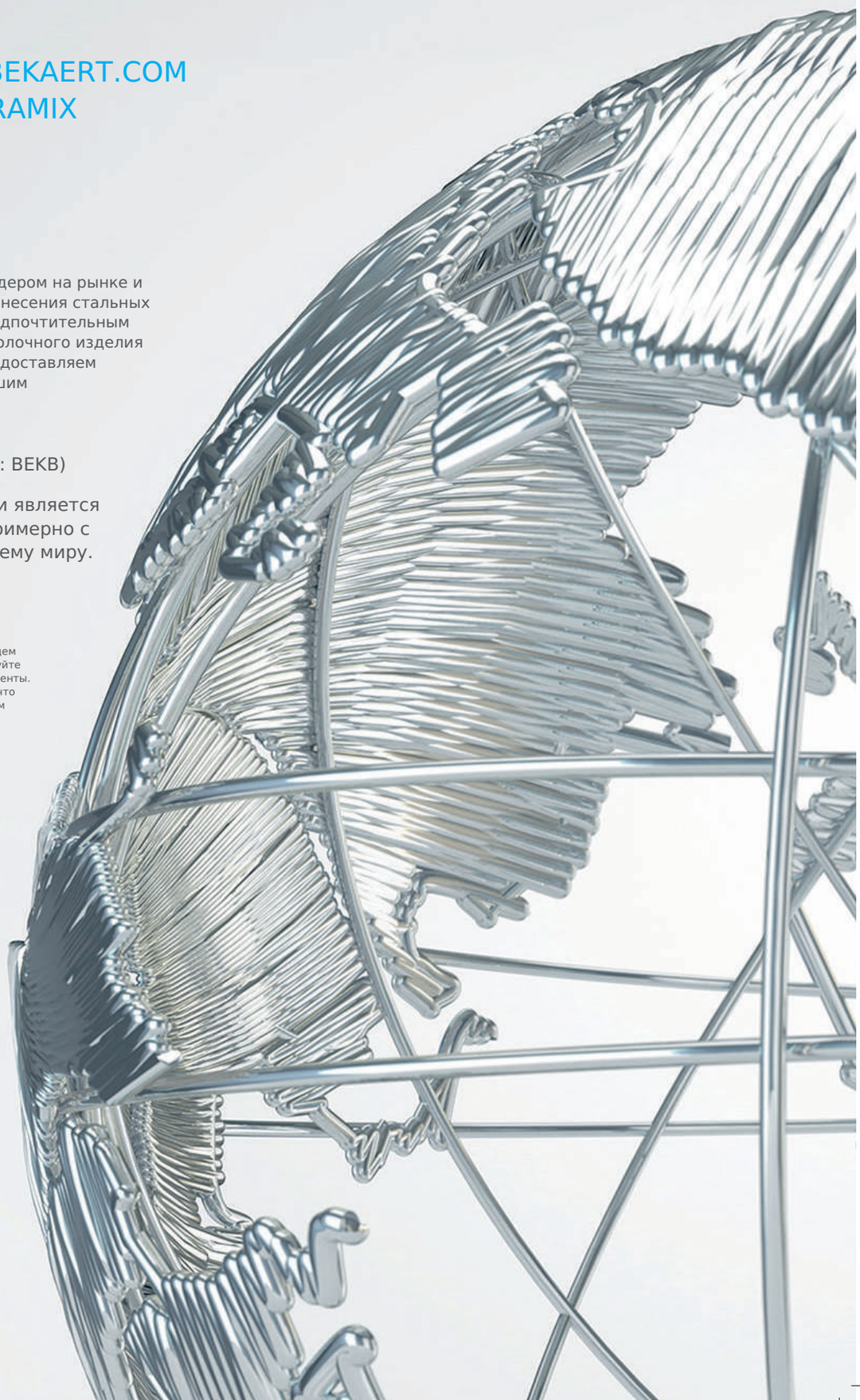
[1] Rilem TC162-TDF: «Методы испытаний и проектирования для стального фибробетона», TC Membership, председатель Л. Вандевалле, Materials and Structures, том 36, октябрь 2003, стр. 560-567 [2] Эволюция международных проектов в развитии стального фибробетона, М. Вандевалле, доклад на конференции в Бергамо, сентябрь 2004 [3] Поведение стального и синтетического фибробетона после трещинообразования при изгибе, Дж. МакКей и Ж.-Ф. Троттье, Shotcrete: More Engineering Developments – Bernard, 2004 Taylor and Francis Group, Лондон, ISBN 04 1535 898 1 [4] Ползучесть трещиноватых панелей из фибробетона, армированного волокнами, Э.С. Бернард, Shotcrete: More Engineering Developments – Bernard (ред.), 2004, Taylor and Francis Group, Лондон, ISBN 04 1535 898 1 [5] «Kriechversuche an Kunststoffmakrofaserbetonen, Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Faserbetonen unter Biegezugbeanspruchung, ein Zwischenbericht», Тобиас Баст, Андреас Эдер, Вольфганг Кустерле, материалы «Vilser Baustofftag 2007», Вильс, Австрия, 2007 [6] Метод испытания металлического фибробетона — измерение предела прочности на изгиб (предел пропорциональности (LOP), остаточная прочность)». EN1461:2005, 3 апреля 2005. [7] Fib Bulletins 55-56: Model Code 2010 – Первый полный проект. (2010) [8] ISO 13 270: Стальные волокна для бетона — Определения и спецификации. (Первое издание 2013-01-15) [9] Тоннель — это искусство: Марк Вандевалле NV Bekaert SA 2005 [10] FIB Bulletin 83 сборные сегменты тоннелей из фибробетона, современный отчет fib WP 1.4.1 [11] Оптимизация проектирования SCL в Bank - комбинированный подход к облицовке, материалы World Tunnel Congress 2017 – Surface challenges – Underground solutions. Берген, Норвегия. [12] Проект Brite Euram: подраздел по долговечности [13] Взгляд консультанта на долговечные и устойчивые бетонные тоннельные конструкции на Ближнем Востоке, Карола Эдвардсен COWI WTC 2018 Дубай [14] Запрет полимерных волокон в FRSC в норвежских дорожных тоннелях – Симпозиум по торкрет-бетону 2018 Трондхейм С. Йнове А. Мирен, Пер Хагелия и Эйвинд Бьонтегаард NPRA [15] Биодеградация морского фибробетона: исследование возможного механизма ускоренного разрушения, Питер Хьюз, Concrete Journal International, ноябрь 2012 [16] ОПЫТ 14 ЛЕТ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ СТАЛЬНОГО И ПОЛИМЕРНОГО ФИБРОБЕТОНА - FRC-CREEP 2016 | RILEM TC 261-CCF Международный семинар RILEM по ползучести в трещиноватых сечениях фибробетона, Валенсия, 9-10 марта 2016

WP_Steel vs syntetic fibres_EN.indd 13 16/07/2019 13:41:48

BEKAERT

лучше вместе

INFOBUILDING@BEKAERT.COM
BEKAERT.COM/DRAMIX



Bekaert является мировым лидером на рынке и в технологиях обработки и нанесения стальных проводников. Чтобы быть предпочтительным поставщиком стального проволочного изделия и решений, мы постоянно предоставляем ценность высшего уровня нашим

клиентам по всему миру.
Bekaert (Euronext Brussels: BEKB)

был основан в 1880 году и является глобальной компанией примерно с 30 000 сотрудников по всему миру.

Запас изменений сохранён

Все детали описывают наши продукты в общем виде. Для заказа и проектирования используйте только официальные спецификации и документы. Настоящая информация дана без указания, что иное, все товарные знаки, упомянутые в этом буклете, являются зарегистрированными товарными знаками NV Bekaert SA или его дочерних компаний. © Bekaert 2019

Ответственный редактор:
Жиль Дебюшер - 07 2019