

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/148TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/148TVN615>)

УДК 624.042

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
Россия, г. Саратов¹

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ)»

Филиал в г. Сочи, Россия, Сочи
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: bridgeart@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Россия, г. Пенза

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
Россия, г. Саратов

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Россия, г. Пермь
Профессор
Доктор технических наук
E-mail: bridgesar@mail.ru

Чесноков Георгий Владимирович

АО «НИИГрафит» предприятие Госкорпорации «Росатом»
Россия, г. Москва

Отдел строительных проектов
Руководитель проекта
E-mail: gchesnokov@niigrafit.org

Михалдыкин Евгений Сергеевич

«НИИГрафит» предприятие Госкорпорации «Росатом»
Россия, г. Москва

Отдел строительных проектов
Главный инженер по строительству
E-mail: emihaldikin@niigrafit.org

¹ 410054, Саратов, Политехническая 77

О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 4. Опыт применения трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов

Аннотация. Рассматривается мировой опыт применения полимерных композиционных материалов в трубобетонных и иных конструкциях, в которых бетон работает в пространственно-напряженном состоянии за счет ограничения деформаций, создаваемых оболочкой из полимерных композиционных материалов. Кратко рассмотрено применение клефанерных и картонных труб для изготовления мостов, а также и стеклопластиковых труб для создания опор. Особое внимание уделено исследованию применимости трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов в мостостроении. При этом рассмотрены результаты и лабораторных и полевых испытаний.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы; трубобетон; фибропластики; гибридные конструкции; мосты; испытания; применение трубобетона в мостостроении.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 4. Опыт применения трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/148TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

Введение

В первой части настоящей работы [1] приведены сведения о труботетоне, особенностях работы компонентов труботетона – металлической оболочки и бетонного сердечника, описаны приемы обеспечения совместной работы металлической трубчатой оболочки и бетонного ядра: приваривание стержней к внутренней поверхности труб, создание предварительного напряжения применением бетона на расширяющемся цементе. Также рассмотрен альтернативный прием – исключение сцепления бетонного ядра с металлической оболочкой. Приведены данные об эффективности труботетона по сравнению с металлическими и железобетонными конструкциями и кратко освещена история создания труботетонных конструкций с металлической оболочкой.

Рассмотрен опыт применения труботетонных конструкций с металлической оболочкой в строительстве, в частности при возведении высотных зданий. Описано применение труботетона при создании 58-этажного здания в Сиэтле (США), 57-этажного здания в Японии, 46 - этажного здания в Австралии. Более подробно рассмотрен опыт Китая в сфере применения труботетона для возведения высотных зданий и сооружений (72 - этажного здания, телевизионной башни в Гуанчжоу). Приведены экономические, конструкционные, эксплуатационные и технологические преимущества труботетонной технологии. Затем рассмотрен опыт применения труботетона с металлической оболочкой в транспортном строительстве и отмечена роль российских ученых и инженеров. Описан опыт создания железнодорожного труботетонного моста через реку Исеть, отмечен значительный вклад Китая в труботетонное мостостроение. Сделан вывод об эффективности применения труботетона и в высотном строительстве и в мостостроении и предложено использовать труботетон с металлическими оболочками из старогодных труб.

Во второй части настоящей работы [2] рассмотрено современное состояние проблемы расчета труботетонных конструкций с металлической оболочкой. Проанализировано более 40 диссертационных работ по исследованию труботетонных конструкций. Показано, что в России широкое применение труботетонных конструкций сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и расчету. Несмотря на весьма обстоятельные исследования в этой области, до сих пор нет надежной и приемлемой для практического использования расчетной модели труботетонного сечения в предельном состоянии. Поэтому дальнейшие исследования в этой области необходимы, полезны и перспективны. Также отмечено, что с 1980 года в Академии строительных наук Китая, проводились большие экспериментально-теоретические исследования труботетонных колонн из обычных и высокопрочных бетонов и совершенствовались методы их расчета. Поэтому в последние десятилетия труботетон широко применяется в КНР, где создана нормативная база его массового использования в строительстве. Идеология возведения труботетонных конструкций базируется на научных работах.

российских, украинских и белорусских инженеров и ученых, но в России стандарты и технические условия для ее применения отсутствуют. В конце статьи приведено описание двух групп методов расчета труботетонных конструкций с металлической оболочкой и их сравнение. Отмечается, что рассмотренные методы нуждаются в дальнейшем совершенствовании и верификации с использованием экспериментальных данных, что позволит повысить точность расчетов и обеспечить более высокую их надежность.

В третьей части настоящей работы [3] приведена информация о состоянии транспортной инфраструктуры и обоснована выгода применения полимерных композиционных материалов в строительстве за счет экономической выгоды снижения затрат на эксплуатацию. Даны сравнительные характеристики различных полимерных композиционных материалов, приведено их сравнение со сталью при различных температурах

и режимах нагружения. Дан обзор применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве. Дано описание двух основных (самых распространенных) направлений применения композитов в транспортном строительстве – строительство цельнокомпозитных пролетных строений (главных несущих элементов пролетных строений) и армирование железобетонных конструкций полимерной композитной арматурой. Дана характеристика композитной арматуры и представлено ее сравнение с металлической арматурой. Приведены примеры мостовых сооружений с цельнокомпозитными пролетными строениями, композитными главными балками и железобетонной плитой проезжей части, применение сэндвич-панелей в транспортном строительстве. Описан опыт применения полимерной композиционной арматуры в транспортном строительстве. Так же описан пример применения гибкой углепластиковой арматуры при возведении мостовых сооружений – подвесного пешеходного моста и малых автодорожных мостов. Приведен отечественный опыт строительства пешеходных и автомобильных мостов с применением полимерных композиционных материалов.

В этой части статьи будет рассмотрен опыт применения полимерных композиционных материалов в трубобетонных и иных конструкциях, в которых бетон работает в пространственно–напряженном состоянии за счет ограничения деформаций, создаваемых оболочкой из полимерного композиционного материала.

4.1. Применение клеефанерных труб

Следует заметить, что волоконно-усиленные композиты применялись для изготовления трубчатых конструкций еще до появления стеклопластика. Например, как отмечает в своем сообщении [4] Крыжановский И.И., фанерные трубы, изготовленные с использованием слоев шпона с ориентированными волокнами древесины и терморезактивного связующего, были разработаны в 1880-1888 гг. в Санкт-Петербурге Огнеславом Костовичем для последующего применения в конструкции дирижабля. В 1931 – 1933 годах тонкостенные фанерные трубы применялись в конструкции самолета ЛК – 1, который и назывался соответственно НИАИ-1! Фанера – 2». Вообще фанерные трубы выпускались в СССР с 1945 года в основном на основе фенолформальдегидных смол, а позднее в Чешской республике на фенол-резорциновых и меламиновых смолах. Из этих труб изготавливались силовые элементы строительных конструкций: мостов, мачт, колонн и других конструкций.

С применением клеефанерных труб по проекту А.М. Димова был изготовлен пешеходный мост в ЦПКиО им. С.М. Кирова в Санкт-Петербурге (рис. 1). По результатам кратковременных и длительных исследований мостов с несущими конструкциями из клеефанерных труб было издано учебное пособие [5]. Внутри труб были пропущены предварительно напряженные металлические тяжи, закрепленные в стальных узловых подушках, которые работали совместно с трубами и при растяжении и при сжатии. Для соединения труб использовались специальные металлические заглушки. То есть, можно сказать, что мосты на самом деле были как-бы деревометаллическими.



*Рис. 1. Мост с несущими элементами из фанерных труб конструкции А.М. Димова.
Источник: <http://wikimapia.org/14138780/ru/Пешеходный-мост>*

Так как дерево, как композитный материал биологического происхождения обладает ползучестью, то при проектировании и расчете конструкций из клефанерных труб следует учитывать перераспределение напряжений в элементах с течением времени вследствие ползучести.

Интересно то, что в 1986 году было издано пособие по проектированию деревянных конструкций [6], утвержденное приказом по ЦНИИСК им. Кучеренко от 28 ноября 1983 г. № 372/л, в котором, как отмечается в пункте 2.7, в качестве элементов деревянных конструкций допускалось применение деревянных труб марок Ф-1 и Ф-2. То есть по сути дела применение таких конструкций в строительстве разрешалось.

4.2. Пешеходный мост из картонных труб

Этот мост был запроектирован японским дизайнером Шигеру Баном (Shigeru Ban), который до этого широко применял бумагу и картон для создания сооружений. Этот мост перекрывает протоку на реке Гардон на юге Франции (рис. 2, 3) и располагается в восьмистах метрах от Пон дю Гар - самого крупного римского виадука, сохранившегося до наших дней.

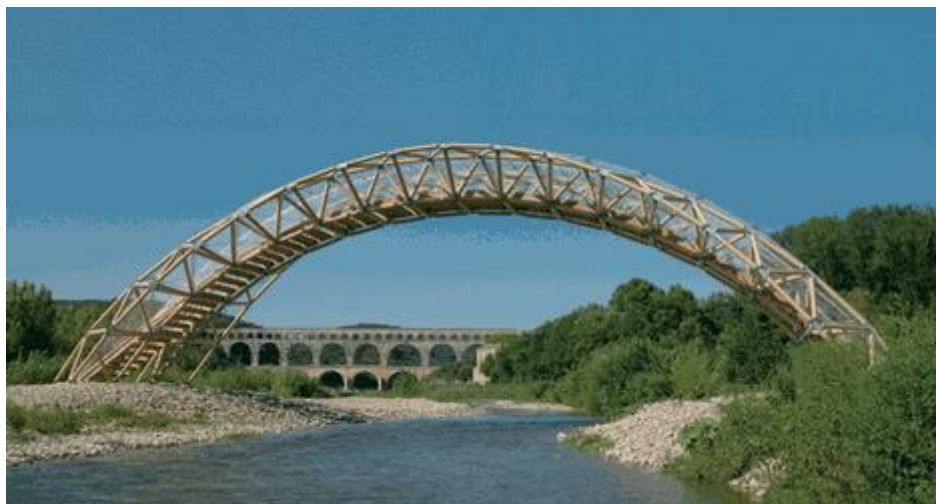


Рис. 2. Арочный мост из картонных труб.

Источник: <http://been-seen.com/travel-blog/art-and-design/paper-bridge>



Рис. 3. Дизайнер Шигеру Бан на своем мосту из картонных труб.

Источник: <http://been-seen.com/travel-blog/art-and-design/paper-bridge>

По замыслу дизайнера такое расположение сооружений создает любопытный контраст между каменным памятником архитектуры и бумажным творением, между древней и современной технологиями. По сути дела мост представляет собой две пространственные арочные фермы из трубчатых элементов, на узлы которых опирается проходящая часть моста. Материал несущих элементов моста - труб – экологический картон, полученный путем переработки макулатуры. Мост выполнен из 281 картонных труб диаметром 11,5 при толщине стенок 11,9 миллиметра. Ступеньки отформованы из переработанного бумажного и пластмассового вторсырья, в качестве устоев используются деревянные короба, заполненные песком и погруженные в грунт. Соединение трубчатых элементов производится с помощью металлических узловых элементов (рис. 4), что позволяет производить легкий монтаж и демонтаж. Сборка моста выполнялась группой из 30 студентов в течение 6 недель. Сам мост весит 7,5 тонн и в состоянии выдержать нагрузку 20 пешеходов. При испытаниях моста на ступени были уложены пластиковые емкости с водой общим весом 1,5 тонны.



*Рис. 4. Вид на несущую арочную ферму и узловые элементы моста.
Источник: <http://been-seen.com/travel-blog/art-and-design/paper-bridge>*

4.3. Применение труб из стеклопластика

В 1977 году в Высоковольтном научно-исследовательском центре Всесоюзного электротехнического института (ВНИЦ ВЭИ, г. Истра Московской области) был спроектирован и построен самый большой в мире генератор импульсных напряжений (ГИН) [7]. По конструкции он представляет собой башню высотой 39,3 м состоящую из 15 этажей, на верху которой размещается куполообразный тороидальный металлический экран высотой 3 м (рис. 5).

Такие генераторы обычно имеют значительную высоту и их несущая часть должна выдерживать большую полезную нагрузку от располагающегося технологического оборудования, а также выдерживать воздействие ветровой, снеговой и других, в том числе и специальных нагрузок, а значит, чем меньше у них будет собственный вес, тем они будут эффективнее. Кроме того, в соответствии со специальными требованиями, вертикальные несущие элементы этого сооружения должны изготавливаться из материала с диэлектрическими свойствами. Этот материал с целью обеспечения достаточной долговечности должен иметь высокую электрическую и механическую прочность, а также обладать высокими электроизоляционными свойствами, радиопрозрачностью и коррозионной стойкостью, и быть негигроскопичным.



Рис. 5. Башня генератора импульсных напряжений.
Источник: <http://x-faq.ru/index.php?topic=1040.0>

Сформулированные требования оказалось возможным выполнить, применив пустотелые стеклопластиковые колонны диаметром 320 мм и толщиной стенок от 25 до 50 мм (колонны верхних этажей имеют вдвое большую толщину стенок, чем). Высота колонн каждого этажа составляла 2 м. Башня генератора опирается на основание в виде железобетонного восьмигранного в плане стакана, со стенками толщиной 90 см и дном толщиной 120 см. Несущий каркас башни представляет собой стержневую систему, в виде пространственной рамы с циклической симметрией, выполненной из стеклопластиковых колонн-стоек трубчатого сечения, и междуэтажных перекрытий высотой 320 мм. Предварительно-напряженные растяжки на каждой из шести граней выполнены из гирлянд стеклянных изоляторов ПС-30А. Башня имеет навесные стеновые ограждения из стекла толщиной 6 мм на уровне первого и второго ярусов, а на остальных ярусах - из стеклопрофилитовых блоков размером 50x250x2000 мм.

После 25 лет эксплуатации с целью оценки состояния и определения возможностей продолжения эксплуатации ГИН 6 МВ, в 2001 году проводилось обследование состояния несущих элементов сооружения [8], в процессе которого оказалось, что: состояние основания и конструкций перекрытий удовлетворительное. Состояние стеклопластиковых колонн-стоек также удовлетворительное, на них не обнаружено каких-либо вмятин, трещин, выколов, других повреждений. Ограждения из стеклопрофилита на 2% блоков имели незначительные повреждения в виде трещин. В процессе обследования в районе расположения башни 24 июля 2001 года наблюдался сильный шквалистый ветер с дождем и градом, причем максимальная усредненная скорость воздушного потока доходила до 30 - 35 м/с. Обследование после урагана показало, что стеклопрофилитовые ограждения впервые за все двадцать пять лет эксплуатации на всех этажах потрескались в большом количестве, однако повреждений несущих элементов башни не обнаружено, что свидетельствует о надежности ее конструкции. При дополнительном исследовании изменения свойств стеклопластиковых колонн на образцах установлены следующие значения предела прочности стеклопластика: на растяжение 55,8 МПа, на изгиб 106,5 МПа, на сжатие 123,1 МПа. При определении прочности на сжатие цилиндрических фрагментов стеклопластиковых колонн длиной 300 мм установлено значение прочности 127 Мпа, а цилиндры разрушались при нагрузке 266 т. Испытания пустотелых цилиндров длиной от 100 до 400 мм, вырезанных из стеклопластиковых колонн этой же самой партии, проводимые 25 лет назад, показали величину разрушающей нагрузки 340 т, то есть за четверть века несущая способность цилиндрических пустотелых стеклопластиковых колонн снизилась на 22%. Для большей уверенности в поведении конструкции башни было проведено конечно-элементное моделирование ее напряженно-деформированного состояния: на действие собственного веса башни, включая ограждающие конструкции и вес внешних экранов; на действие длительно-действующей нагрузки от технологического оборудования; на действие статического ветрового давления, пульсационной ветровой нагрузки и нагрузки от подъемно-транспортного оборудования. В результате расчетов установлено, что максимальное напряжение в колоннах от опасного сочетания указанных нагрузок равно 41.5 Мпа, что меньше значений прочностных характеристик, полученных по результатам испытаний. Как видно, использованные стеклопластиковые колонны оказались способными выдерживать большие сжимающие осевые нагрузки, причем предел прочности на сжатие материала колонн составил 150-160 МПа, что всего в три раза меньше прочности стали Ст3.

Результаты этих испытаний показывают достаточно большую надежность использованных стеклопластиковых пустотелых колонн.

Фирмой Pearson (Sustainable solutions) (<http://www.pearsonsustainable.com/>) были предложены пустотелые трубчатые композитные сваи из стекловолокна для сооружения доков, причалов, портов и защиты мостовых сооружений. Как утверждают разработчики, их композитные сваи лучше, чем деревянные стальные или бетонные, так не гниют, не ржавеют, не растрескиваются и обеспечивают самую большую долговечность по сравнению с любым доступным материалом. Эти сваи экологически инертны и потому их используют при строительстве «чистых» пристаней для яхт и прибрежной недвижимости (рис. 6).



Рис. 6. Композитные сваи Пирсона. Источник: <http://www.pearsonpilings.com/commercial.html>

Интересно, что попытка залить стеклопластиковые пустотелые сваи Пирсона бетоном привела лишь к незначительному (на несколько процентов) увеличению их несущей способности. У таких свай повышалась жесткость и инерционная масса, но несущая способность на изгиб не увеличивалась, так как бетон начинал растрескиваться еще до того, как материал оболочки начинал деформироваться.

4.4. Исследование применимости трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов в мостостроении

4.4.1. Цель исследования. Наиболее распространенными трубобетонными конструкциями с оболочкой из полимерных композиционных материалов (так же, как и в случае со стальной оболочкой), являются конструкции, работающие на сжатие и внецентренное сжатие. Такими конструкциями являются колонны, сваи, мостовые опоры.

Трубобетонные колонны, сваи и опоры со сплошным сердечником, изготовленные заливкой готовой оболочки из полимерных композиционных материалов бетонной смесью, широко применяются при строительстве морских сооружений, то есть там, где традиционные материалы показывают низкую долговечность из-за агрессивного воздействия морской воды [9]. В мостовых сооружениях такие опоры так же активно применяются благодаря своей долговечности, в условиях, где это экономически оправдано [10]. На автомобильной дороге 40 в Вирджинии железобетонные опоры старого моста подверглись значительному коррозионному разрушению (вертикальные трещины на полную высоту опор, растрескивание и отслаивание бетона в зонах опирания, образование целой сетки трещин раскрытием до 1,6 мм). Поэтому было решено заметить старый мост на новый 5 - пролетный железобетонный мост, у которого 3 из 4 промежуточных опор представляли собой ряд из десяти предварительно напряженных железобетонных свай квадратного поперечного сечения (508*508 мм), причем каждая свая выдерживала проектную осевую нагрузку 667 кН. При спонсорской помощи Федеральной дорожной администрации было принято решение использовать при устройстве второй опоры альтернативный вариант - заполненные бетоном

фибропластиковые трубы в количестве 10 штук. Предварительно было решено провести лабораторные, но полномасштабные испытания таких свай в условиях нагружения продольной и поперечной нагрузкой и сравнить результаты с результатами испытания предварительно напряженных железобетонных свай [10]. На рис.7 приведены схемы сравниваемых железобетонной сваи квадратного сечения и круглой трубобетонной сваи внутренним диаметром 625 мм и толщиной стенки 5,41 мм. Стеклопластиковая труба заполнялась бетонной смесью с расширяющими добавками с целью уменьшения усадки и улучшения сцепления с стеклопластиковой трубой. Заметим, что усадка в закрытых формах обычно значительно меньше, чем в обычных железобетонных элементах. Оказалось, что на 28 день прочность бетона железобетонной сваи равна 40 Мпа, а прочность бетона в трубобетонной свае – 41,4 Мпа.

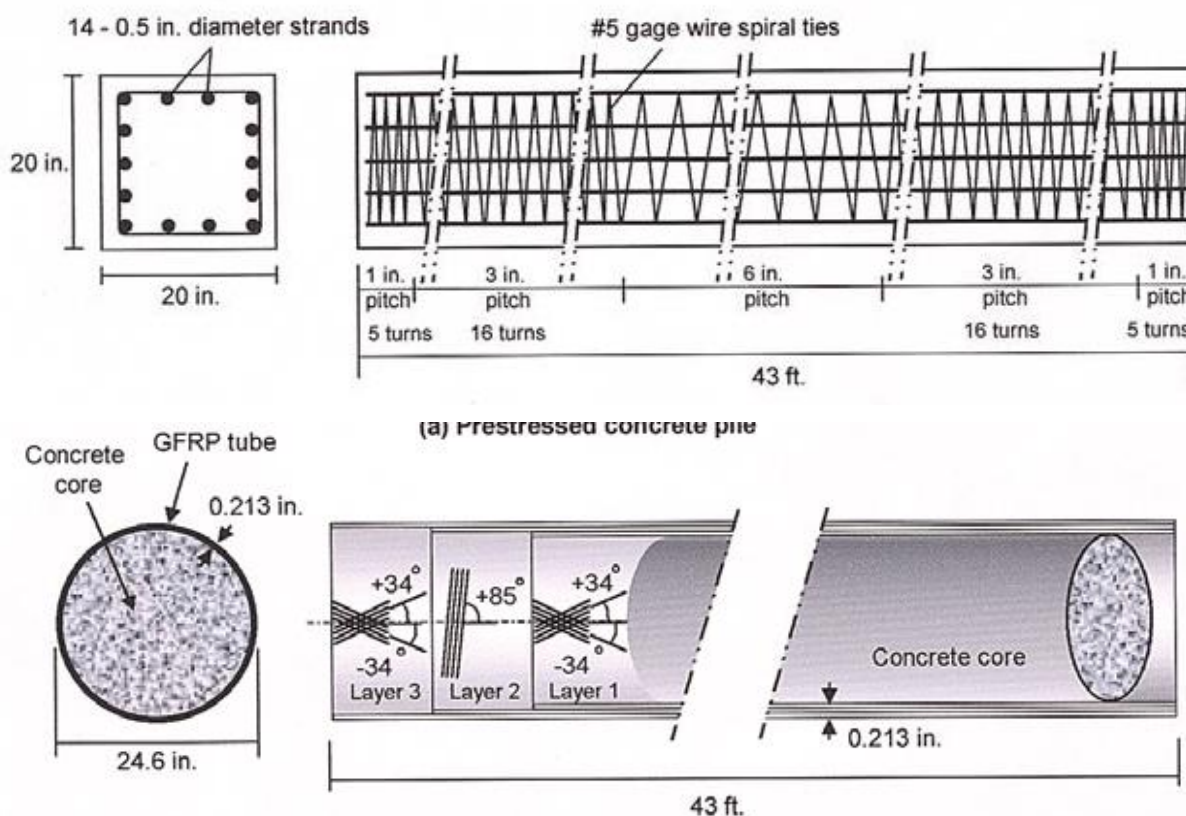


Рис. 7. Геометрия и армирование свай: а) преднапряженной железобетонной; б) трубобетонной с фибропластиковой оболочкой [10]

В процессе испытаний трубобетонных свай с оболочкой из стеклопластика исследовалась изгибная жесткость, прочность и форма разрушения. Было изготовлено два трубчатых полномасштабных образца, идентичных тем, которые предполагалось применять в опорах моста, для заполнения использовался бетон прочностью 33 Мпа, причем процедура заполнения труб была идентична той, которая применялась для заполнения трубчатых свай для моста. Эти трубобетонные образцы подвергались четырехточечному изгибу с выделением зоны чистого изгиба в средней части. Расстояние между опорами 5,0 м, а расстояние между точками приложения нагрузок 1,5 м. Рисунок 8 иллюстрирует процесс испытания образца, во время которого контролировалась скорость нагружения 1,3 мм/мин. В процессе испытаний измерялся прогиб в середине пролета, фибровые напряжения на растянутой и сжатой стороне в зоне чистого изгиба, а также проскальзывание между бетонным сердечником и трубой из полимерного композиционного материала.



Рис. 8. Испытательная установка для испытаний трубобетонного образца на изгиб [10]

4.4.2. Результаты испытаний. Среднее значение несущей способности по изгибающему моменту составило $502 \text{ кН}\cdot\text{м}$, растрескивание начало происходить при значении момента $126,1 \text{ кН}\cdot\text{м}$, что значительно меньше предельного момента. При этом в процессе испытаний наблюдалось вертикальное подергивание трубы во время образования трещин, причем после появления первых трещин увеличение кривизны происходило практически линейно. Полное смещение оболочки относительно сердечника на каждом конце трубобетонного образца составило $9,4 \text{ мм}$. У обоих образцов разрушение происходило путем обрыва фибр на растянутой стороне, как показано на рис. 9.

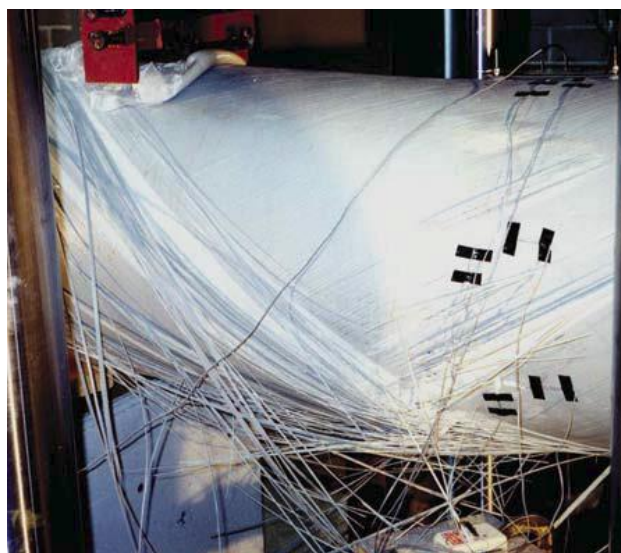


Рис. 9. Наступление предельного состояния из-за разрушения фибропластиковой трубы в растянутой зоне [10]

Несмотря на хрупкий характер разрушения трубобетонного образца, он выдерживал свой собственный вес и после разрушения, как это видно на рис. 8. На рис. 10 видно поперечное сечение бетонного сердечника после удаления полимерной композитной оболочки. Сжимаемая часть поперечного сечения отличается по своей текстуре от растягиваемой части, в которой произошло растрескивание, причем расстояние от контура до нулевой линии составляло 152 мм .

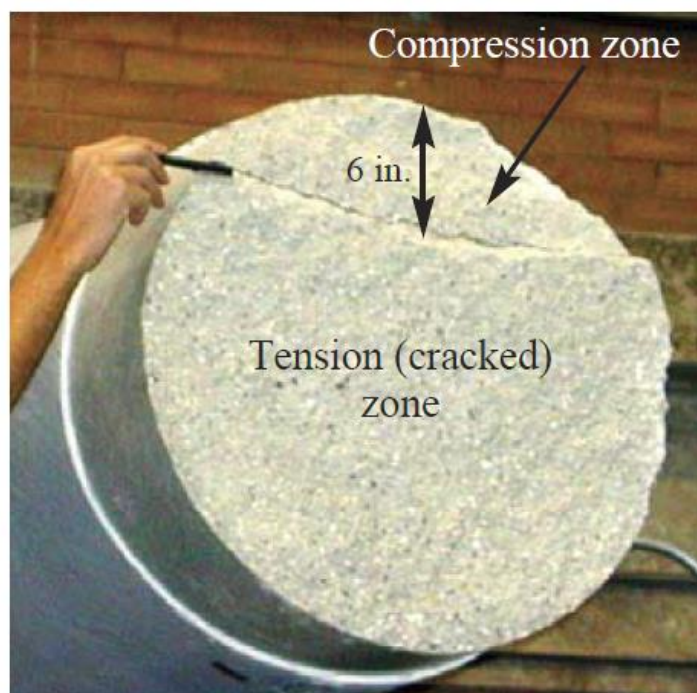


Рис. 10. Поперечное сечение бетонного ядра в месте разлома [10]

4.4.3. Испытания материалов. Для подтверждения данных о механических свойствах материала, представленных изготовителем полимерной композиционной трубы, производились и испытания и расчет по классической теории. Для этого из трубы в продольном направлении вырезались полоски шириной 25 мм и длиной 762 мм. Для того, чтобы исключить влияние концентрации напряжений в месте закрепления фибропластиковых образцов, их концы вставлялись в полые стальные трубки длиной 305 мм и закреплялись эпоксидной смолой; при этом рабочая длина образца между концами трубок составляла 152 мм. После отверждения эпоксидной смолы, образцы испытывались на растяжение, причем в захватах испытательной машины закреплялись стальные трубки на концах. На рис. 11 показаны образцы после разрыва, а также приведена экспериментальная кривая напряжение – деформация для осевого направления фибропластиковой трубы в сравнении с данными производителя и расчетами по теоретической модели.

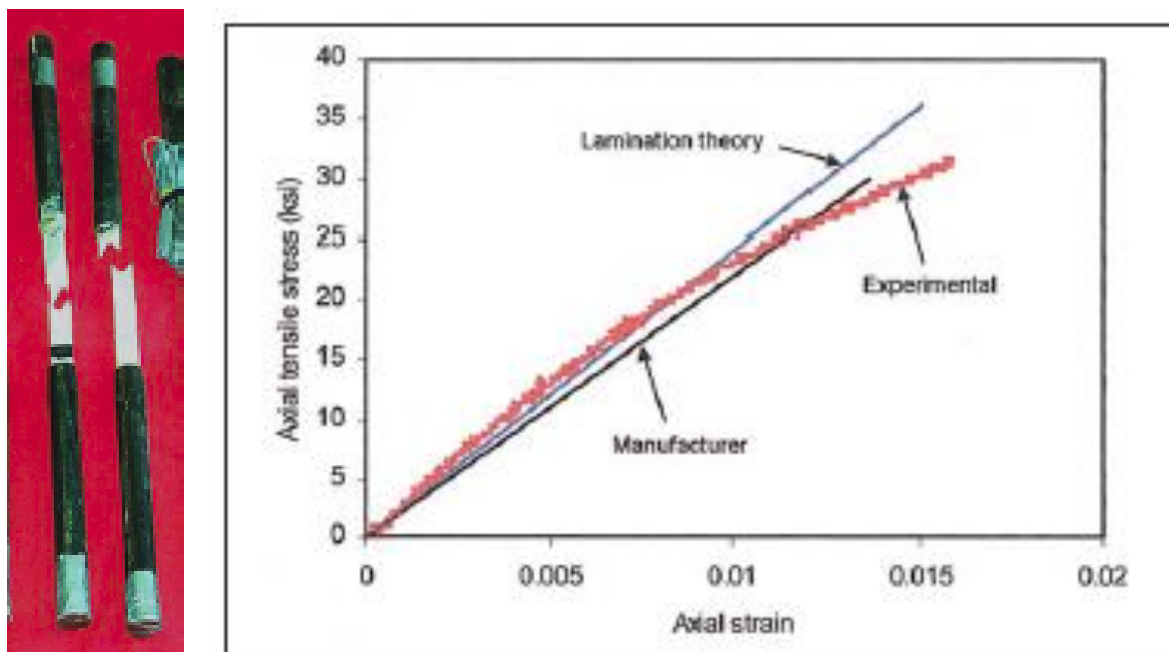


Рис. 11. Образцы после разрыва (а) и кривые деформирования образца [10]
 Механические свойства стеклопластика приведены в таблице 1 [10, 11].

Таблица 1

Механические свойства	В осевом направлении	В окружном направлении
Прочность на растяжение, Мпа	206,7	352,8
Прочность на сжатие, Мпа	104,0	
Модуль упругости, Мпа	15151,1	17686,6
Коэффициент Пуассона	0,32	0,34

Заключение

В следующей части статьи «О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 5. Опыт применения трубобетонных арок и гибридных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов» будет рассмотрено сравнительное исследование поведения трубобетонной сваи с фибропластиковой оболочкой и предварительно напряженной железобетонной сваи, а также результаты полевых испытаний трубобетонной сваи с фибропластиковой оболочкой и предварительно напряженной железобетонной сваи. Также будет рассмотрено применение трубобетонных арочных конструкций с оболочкой из фибропластиков и гибридных трубобетонных конструкций в малом мостостроении. И там же будут сделаны окончательные выводы по результатам исследований, описанных в этой и последующей статьях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/95TVN415.
2. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/112TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/112TVN415.
3. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 3. Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/27TVN515.
4. Крыжановский И.И. Композиты и гибридные структуры: история и современность // COMPOSITES-CIS 2014. The 4th International conference. Budva, Montenegro, September 25th, 2014. P.1.
5. Димов А.М., Быстров В.А. Структурные конструкции автодорожных и городских мостов малых и средних пролетов. Учебное пособие. Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2006 г. 119 с.
6. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. М. Стройиздат. 1986. 143 с.
7. Бондалетов В.Н. Создание ГИН 6 МВ наружной установки // Отчет о НИР (закл.); Истра: ИО ВЭИ имени В.И. Ленина; № РК 76.001.1976 г. 772; 85 с.
8. Щербаков Ю.В. Открытый Высоковольтный Испытательный Стенд ВНИЦ ВЭИ, г. Истра // Отчет о НИР (закл.); Истра: ВНИЦ ВЭИ имени В.И. Ленина; № РК 01.2001.08.256; 2001 г. 143 с., 17 рис., табл., 72 ист., 8 прил.
9. Christopher D.P. Baxter, Antonio Marinucci, Aaron S. Bradshaw and Russell J. Morgan. Field study of composite piles in the marine environment // University of Rhode Island Transportation Center. URITC PROJECT NO. 536153. 2005.68 p.
10. Amir Fam, Miguel Pando, George Filz, Sami Rizkalla. Precast Piles for Route 40 Bridge in Virginia Using Concrete Filled FRP Tubes // PCI JOURNAL – May-June 2003, page 2-15.
11. Fam, A.Z., “Concrete-Filled Fiber Reinforced Polymer Tubes for Axial and Flexural Structural Members”, Ph.D. Thesis, The University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada, 2000, 261 pp.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Russia, Saratov
Moscow state automobile & Road technical university
Sochi branch, Russia, Sochi
E-mail: bridgeart@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich.

Penza State University of Architecture and Construction
Russia, Penza
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Russia, Saratov
Perm national research polytechnic university
Saratov, Perm
E-mail: bridgesar@mail.ru

Chesnokov Georgiy Vladimirovich

«Research institute Grafit»
Russia, Moscow
E-mail: gchesnokov@niigrafit.org

Mikhaldykin Eugeny Sergeevich

«Research institute Grafit»
Russia, Moscow
E-mail: emihaldikin@niigrafit.org

About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 4. The application of tube-confined concrete piles with fiber reinforcement plastic shell

Abstract. The international experience of application of polymer composites in tube confined and other structures in which the concrete works in the spatial stress state by limiting the deformations generated by the shell from polymer composite materials is considered. Briefly considered the use of plywood pipes and cardboard pipes for the manufacture of bridges, and glass tubes to create pillars. Special attention is paid to study the applicability of tube-confined concrete piles with a shell from polymer composites in bridge construction.

The results of laboratory and field tests, of the behavior of composite and prestressed concrete piles are discussed. The possibility of using composite arch with a shell made from fiber reinforcement plastic in small bridge construction briefly stated.

Keywords: polymer composite materials; tube-confined concrete; fiber reinforcement plastics; hybrid construction; bridges; testing; application of tube-confined concrete with fiber reinforcement plastic shell in bridge engineering.

REFERENCES

1. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. O probleme rascheta trubobetonykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast' 1. Opyt primeneniya trubobetona s metallicheskoj obolochkoy // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/95TVN415.
2. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. O probleme rascheta trubobetonykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast' 2. Raschet trubobetonykh konstruktsiy s metallicheskoj obolochkoy // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/112TVN415.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/112TVN415.
3. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. O probleme rascheta trubobetonykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast' 3. Opyt primeneniya polimernykh kompozitnykh materialov v mostostroenii // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN515.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/27TVN515.
4. Kryzhanovskiy I.I. Kompozity i gibridnye struktury: istoriya i sovremennost' // COMPOSITES-CIS 2014. The 4th International conference. Budva, Montenegro, September 25th, 2014. P.1.
5. Dimov A.M., Bystrov V.A. Strukturnye konstruktsii avtodorozhnykh i gorodskikh mostov malyykh i srednykh proletov. Uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg, SPbGASU, 2006 g. 119 s.
6. Posobie po proektirovaniyu derevyannykh konstruktsiy (k SNiP II-25-80) / TsNIISK im. Kucherenko. M. Stroyizdat. 1986. 143 s.
7. Bondaletov V.N. Sozdanie GIN 6 MV naruzhnoy ustanovki // Otchet o NIR (zakl.); Istra: IO VEI imeni V.I. Lenina; № RK 76.001.1976 g. 772; 85 s.
8. Shcherbakov Yu.V. Otkrytyy Vysokovol'tnyy Ispytatel'nyy Stend VNITs VEI, g. Istra // Otchet o NIR (zakl.); Istra: VNITs VEI imeni V.I. Lenina; № RK 01.2001.08.256; 2001 g. 143 s., 17 ris., tabl., 72 ist., 8 pril.
9. Christopher D.P. Baxter, Antonio Marinucci, Aaron S. Bradshaw and Russell J. Morgan. Field study of composite piles in the marine environment // University of Rhode Island Transportation Center. URITC PROJECT NO. 536153. 2005.68 p.
10. Amir Fam, Miguel Pando, George Filz, Sami Rizkalla. Precast Piles for Route 40 Bridge in Virginia Using Concrete Filled FRP Tubes // PCI JOURNAL – May-June 2003, page 2-15.
11. Fam, A.Z., “Concrete-Filled Fiber Reinforced Polymer Tubes for Axial and Flexural Structural Members”, Ph.D. Thesis, The University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada, 2000, 261 pp.