

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ю. В. Халтурин, А. В. Кузовенко

Ключевые слова: композитные материалы, фиброармированные пластики, усиление конструкций.

В ближайшие годы в нашей стране необходимо будет реконструировать значительное количество гражданских и промышленных зданий и сооружений. Затраты при этом могут быть значительно снижены за счет усовершенствования технологических процессов производственных режимов (промышленные здания) и максимального использования существующих площадей. Зачастую реконструкция сопровождается изменением нагрузок на строительные конструкции и изменением их первоначальных конструктивных схем, что нередко приводит к необходимости увеличения несущей способности конструкций и, следовательно, их усиления.

Необходимость усиления строительных конструкций в процессе эксплуатации возникает не только при реконструкции, но и по причине их износа в результате непредусмотренных проектом изменений технологии производства, различных повреждений и т. п.

Поскольку в производственных зданиях и сооружениях преобладают железобетонные строительные конструкции, обобщение и анализ существующих предложений по проектированию и применению эффективных способов усиления таких конструкций, и их соответствующая систематизация имеет важное значение.

С появлением высокопрочных искусственных углеродных и арамидных волокон появились современные методы и технологии, позволяющие восстанавливать и увеличивать несущую способность конструкций. С их помощью можно в короткие сроки и с минимальными трудозатратами значительно увеличить срок службы строительных конструкций зданий и сооружений. Несмотря на высокую стоимость композитов, использование их для усиления строительных конструкций во многих случаях оказывается экономически целесообразным, т. к. работу можно выполнять без вывода сооружения из эксплуатации, при этом значительно сокращается трудоемкость производства

Основные случаи, когда возникает необходимость в усилении конструкций:

- общее неработоспособное техническое состояние объекта, что требует обязательного незамедлительного ремонта в целях его дальнейшей безопасной эксплуатации;
- объект находится в работоспособном техническом состоянии, конструкции сохраняют относительно высокую прочность, но требуется произвести их усиление в связи с увеличением действующих или перспективных нагрузок;
- усиления конструкций, связанные с изменением функций объекта, его отдельных конструкций или элементов.

Композитные системы усиления, используемые во многих странах в течение двух десятилетий, хорошо зарекомендовали себя как в обычных условиях, так и в зонах сейсмической активности. Преимущество данного метода усиления – простота и невысокая трудоемкость.

Внешнее армирование композитными материалами (фиброармированными пластиками, далее ФАП) на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон используется для продольного и поперечного армирования стержневых элементов, для создания армирующих усиливающих оболочек на колоннах и опорах мостов, эстакад, консолях колонн, для усиления плит, оболочек, элементов ферм и других конструкций. Рациональной степенью усиления с помощью системы ФАП является диапазон 10-60 % от начальной несущей способности усиливаемой конструкции. Система усиления ФАП может применяться, если фактическая прочность на сжатие бетона конструкции составляет не менее 15 МПа. Это ограничение не распространяется на усиление сжатых и внецентренно сжатых элементов горизонтальными обоймами, когда важна только механическая связь обоймы с конструкцией.

Наиболее предпочтительны для усиления железобетонных конструкций композитные материалы на основе углеродных воло-

кон. Они обладают высокой прочностью на растяжение и сжатие и близким к стали модулем упругости, а также стойкостью к различным агрессивным средам. Сегодня выпускаются углеродные ленты с прочностью на растяжение 3500 МПа и более, и модулем упругости – 230-240 ГПа, т. е. этот материал примерно в 8 раз прочнее и в 5 раз легче используемой в строительстве арматурной стали А500. Аналогичные материалы на основе арамидных волокон имеют меньшую прочность на сжатие, а стеклопластики – относительно низкий модуль упругости.

Модуль упругости композитных материалов имеет важное значение при усилении строительных конструкций, особенно при использовании композиционных усиливающих элементов без предварительного напряжения.

Только жесткие элементы внешнего армирования могут уменьшить напряжения в существующей арматуре. Элементы внешнего армирования из стеклянных или арамидных волокон должны быть значительно толще, чем из углеродных из-за относительно низкого модуля упругости. Однако при применении толстых пластин внешнего армирования возникает проблема обеспечения совместной работы усиливающих композитных элементов с бетоном конструкции из-за возникновения больших касательных напряжений на границе бетон-композит и опасности хрупкого разрушения от сдвига. Исследования показали, что толстые элементы усиления из стеклопластика не достигают расчетной прочности, толщина элемента усиления не должна превышать 1/50 ширины его сечения.

Благодаря высокой коррозионной стойкости ФАП, возможно усиление конструкций в условиях агрессивной среды. Использование системы ФАП не останавливает начавшиеся процессы коррозии арматурной стали в бетоне. Поэтому перед усилением конструкции необходимо обработать бетонную поверхность мигрирующим ингибитором коррозии арматурной стали, а при отделении защитного слоя – оголить арматуру и обработать её грунтом-преобразователем ржавчины и затем восстановить защитный слой специальными полимерцементными ремонтными составами, обеспечивающими высокую адгезию к «старому» бетону, предотвращение развития коррозии арматуры.

Технически и технологически усиление ФАП эффективнее традиционных способов усиления с помощью, например, стальных

обойм. Для обеспечения расчетной совместной работы стальной обоймы с усиливаемым элементом требуется включить элементы обоймы в работу, что достигается путем создания в обойме усилий преднапряжения. Обоймы из углехолста или ламелей включаются в работу усиливаемого элемента через клеевой слой непосредственно во время монтажа. При использовании обойм из ФАП увеличивается общая пластичность сечения из-за способности развить при сжатии более высокую деформацию до разрушения. Обойма ФАП может также отсрочить искривление стальной продольной арматуры, работающей на сжатие, и усилить место нахлесточного соединения стальной продольной арматуры. Обоймы ФАП также используются для повышения сейсмостойкости колонн, опор мостов и т. п.

Системы ФАП также могут быть использованы для усиления наклонных к продольной оси сечений. Усиление достигается наклеиванием ФАП в поперечном направлении к оси элемента или перпендикулярно потенциальным трещинам в опорном сечении.

Композитные материалы, армированные стеклотканью, углеродными или арамидными волокнами, могут применяться на внешних поверхностях для восстановления утерянной несущей способности колонн в случае потери части сечения арматуры вследствие ее коррозии или для повышения несущей способности в случае увеличения действующих нагрузок.

Круговое обертывание ФАП вокруг определенных типов элементов, работающих на сжатие, создает ограничение деформированию в поперечном направлении путем создания обоймы с ориентацией волокон в поперечном направлении и приводит к увеличению прочности при сжатии. При увеличении сжимающих нагрузок обойма испытывает растяжение, сдерживая развитие поперечных деформаций. Вклад продольно расположенных волокон на прочность при сжатии бетонного элемента игнорируется. Для надежной работы обоймы необходим ее плотный контакт с элементом; величина сцепления с бетоном здесь решающего влияния не оказывает.

Данную технологию можно применять при решении всевозможных задач по ремонту и усилению (восстановление несущей способности) конструкций:

- ремонт и усиление «старых» конструкций (мостов, чаш бассейнов, балок, колонн), требующих повышения несущей спо-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

собности из-за старения материалов и увеличения расчетных эксплуатационных нагрузок;

- переоборудование, перепрофилирование промышленных и общественных зданий;
- восстановление после пожаров, взрывов и других чрезвычайных ситуаций;
- исправление дефектов проектирования или возведения зданий, таких как недостаточное армирование в изгибаемых элементах или низкая прочность бетона на сжатие в колоннах;
- усиление конструкций для повышения сейсмоустойчивости здания или сооружения;
- благодаря высокой коррозионной стойкости, возможно усиление конструкций в условиях агрессивной среды.

Основные конструктивные решения усиления:

- усиление балок, плит (рисунок 1), пилонов, консольных свесов на действие изгибающих моментов (для плит – как «положительных», так и «отрицательных»), путем установки углепластиков в зонах растяжения, компенсирующих продольную арматуру;
- усиление балок по поперечной силе в зонах опирания, путем устройства U-образных хомутов, служащих дополнительной поперечной арматурой;
- усиление колонн различного сечения (рисунок 2) путем создания вокруг них обойм, сдерживающих поперечные деформации, тем самым повышая прочность бетона конструкции на сжатие.



Рисунок 1 – Усиление железобетонного перекрытия фиброармированными пластиками

Преимущества усиления ФАП:

- остановка разрушающих процессов, протекающих в теле конструкции;

- значительное увеличение межремонтного периода, благодаря высокой коррозионной стойкости внешнего армирования;
- возможность подбора необходимой степени усиления – ленты можно клеить в несколько слоев, а также – с определенным шагом;
- сжатые сроки проведения работ;
- во многих случаях есть возможность проведения работ без вывода конструкции из эксплуатации;
- отказ от тяжелых средств механизации;
- незначительное увеличение объемов и собственного веса конструкций.



Рисунок 2 – Усиление железобетонной колонны фиброармированными пластиками

В настоящее время усиление строительных конструкций композиционными материалами зачастую является менее трудоемким и энергозатратным процессом по сравнению со всеми другими аналогичными способами усиления. Это обстоятельство имеет важное значение при ремонте и усилении многих конструкций, например, мостовых на автодорожных и железнодорожных магистралях (рисунок 3), когда их отказ (временное прекращение эксплуатации) во время проведения ремонтных работ приводит к значительным финансовым потерям. Всем этим можно объяснить расширяющийся объем применения усиления строительных конструкций композиционными материалами как за рубежом, так и в нашей стране.

Так распоряжением Федерального дорожного агентства России от 1 апреля 2013 г. № 413-р (подразделениям Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных до-

рог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации) с 01.04.2013 г. рекомендован к применению отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.3.027-2013 «Рекомендации по применению тканевых композиционных материалов при ремонте железобетонных конструкций мостовых сооружений».



Рисунок 3 – Усиление мостовых балок фиброармированными пластиками

Увеличение несущей способности элементов мостовых конструкций ФАП возможно при необходимости пропуска сверхнорматив-

ной нагрузки (тяжеловесного транспортного средства) и восстановления несущей способности (снизившейся, например, из-за уменьшения сечения арматуры из-за коррозии, повреждения бетона, увеличения постоянной нагрузки на сооружение).

Применение на территории Алтайского края современных технологий и материалов при усилении строительных конструкций позволит увеличить межремонтные сроки и сократить объем бюджетных средств, выделяемых на ремонт и реконструкцию зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко, Ф. С. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях / Ф. С. Власенко, А. Е. Раскутин // Электронный научный журнал "Труды ВИАМ". – 2013. – № 8.
2. Рязанцев, В. Ю. Методы усиления и восстановления зданий и сооружений с использованием элементов внешнего армирования из углеволокна / В. Ю. Рязанцев, В. А. Беляев // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений», 05.04.2013 г.
3. Чернявский, В. Л. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В. Л. Чернявский, Ю. Г. Хаютин, Е. З. Аксельрод, В. А. Клевцов, Н. В. Фаткуллин. – М. : ООО «ИнтерАква», 2006. – 113 с.