

Алиа Мохамад Гияс*Киевский национальный университет строительства и архитектуры***ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ УСИЛЕНИИ ДРЕВНИХ СООРУЖЕНИЙ СИРИИ**

Одним из важных этапов в процессе осуществления ремонтных работ по реставрации памятников архитектуры, является система внешнего армирования. Новейшие технологические разработки, основанные на применение композиционных материалов, позволяют надёжно усилить несущие конструкции, тем самым увеличивая прочность и срок эксплуатации древнего сооружения. Усиление конструкций углеволокном, является самым эффективным способом, который, на сегодняшний день, является прогрессивным методом, дающим возможность значительно увеличить эксплуатационные возможности здания.

Усиление конструкций композиционными материалами, порой является единственным способом сохранения здания. Данная методика широко применяется во всём мире, для сохранения архитектурных памятников или исторических зданий, для сейсмической безопасности здания, а также для ремонта мостовых сооружений, так как по прочности и высоким функциональным свойствам, ей нет равных [2].

Углеродные композиционные материалы (углепластики) на основе фибры изготавливаются из продолговатых микроволокон, омоноличенных в отверждающем полимере (эпоксидные и полиакринитриловые смолы) Углеродные волокна обладают высоким модулем упругости, высокой прочностью и жесткостью, поэтому в настоящее время они находят все большее применение при создании композиционных материалов, и объем их производства за последние 10 лет увеличился на порядок

Углеродные волокна были разработаны еще в начале 60-х годов прошлого века в Великобритании. Они изготавливаются из различных исходных материалов, называемых прекурсорами.

Физико-механические свойства волокон сильно зависят от прекурсора и условий карбонизации (от степени насыщения исходного материала углекислым газом, т.к. они определяют степень дефектности образующегося кристалла).

Физико-механические свойства таких материалов определяются типом и количеством применяемых волокон, их ориентацией и распределением в поперечном сечении ленты, а также объемным соотношением волокон и отверждающего полимера в композите. Механические характеристики применяемых в строительстве волокон углеродных композиционных материалов приведены в табл. 1 [1].

Таблица 1 - Физико-механические свойства некоторых типов волокон

Тип фибры	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа	Деформация удлинения, %	Плотность, т/м ³
Углерод высокопрочный	3400 - 3900	200 - 250	1,5-2,5	1,75-1,95
Углерод высокомодульный	2900 - 4000	300 - 700	0,45-1,2	1,75-1,95

Наиболее распространенными формами композиционных материалов являются холсты различного плетения, полосы и пластины (рис.1). Холсты представляют собой гибкую ткань с одно- или двунаправленным расположением волокон.



Рис.1. Композитное углеволокно в виде холста

Для улучшения стабильности формы в поперечном направлении ткань снабжена специальными термопластиковыми волокнами. При установке на конструкции холсты утапливают в полимерный клей – матрицу, обеспечивающую их плотное прилегание к усиливаемой конструкции. Их выполняют непосредственно на строительном объекте. Полосы или пластины – это изготовленные в заводских условиях изделия из композиционного материала, непосредственно приклеиваемые на заранее подготовленную поверхность усиливаемой конструкции [3].

Процесс усиления включает в себя следующие этапы:

- подготовку поверхности - зачистку, выравнивание, закругление граней, вокруг которых будут обертываться композиты;
- проверку прочности сцепления связующего с поверхностью, на которую будут наклеиваться ткани или ленты, которая должна превышать минимальную указанную производителем для конкретной системы усиления; очистку поверхности от пыли, цементного молока, смолы, отвердителя, масел;
- нанесение грунтовочного слоя смолы для тканей или выравнивающей шпатлевки для лент;
- пропитку ткани связующим или нанесение клея на поверхность ленты и приклеивание композита к подготовленной поверхности;
- нанесение краски, противопожарной защиты и т.п.

После отверждения смолы пластик становится неотъемлемой частью усиленного элемента конструкции. Варианты нанесения усиливающих композитных материалов показана на рис.2.

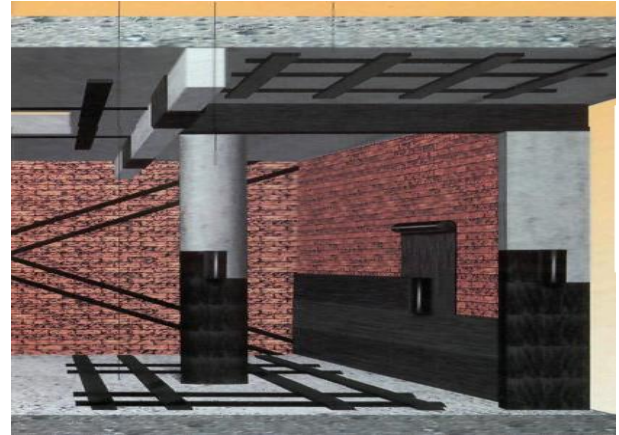


Рис.2. Варианты нанесения усиливающих композитных материалов.

Расчетные характеристики композитных материалов определяются на базе нормативных характеристик с учетом коэффициента надежности γ_f и коэффициента условия работы C_E , учитывающего влияние окружающей среды.

Расчетная прочность на растяжение углеволокна с учётом коэффициентов надежности и условия работы C_E определяется по выражению [1]:

$$R_{ft} = \frac{C_E R_f}{\gamma_f} \quad (1)$$

а расчетная деформация растяжения:

$$\varepsilon_{ft} = \frac{C_E \varepsilon_f}{\gamma_s} \quad (2)$$

Расчетные значения модуля упругости при растяжении E_{ft} принимаются равными их нормативным значениям:

$$E_{ft} = E_f = \frac{R_f}{\varepsilon_f} \quad (3)$$

Самым главным недостатком углеродных композиционных материалов является их довольно высокая стоимость, которая компенсируется рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими материалами, особенно в вопросах усиления зданий. Это возможность проведения работ без остановки технологического процесса, низкая плотность и малый вес, способность по-

БУДІВНИЦТВО

вторять практически любые формы усиливаемой конструкции, отсутствие громоздких приспособлений для монтажа, невосприимчивость к агрессивным средам [4].

Несмотря на преимущества углепластиков по сравнению с другими материалами, особенно в вопросах усиления зданий, данный вид усиления еще не получил широкого распространения в Сирии.

Опрос широкого ряда проектных и строительных организаций показал, что в Сирии в принципе не применяется усиление конструкций с использованием углепластиков. Конечно, многие слышали, видели и что-то читали об углепластиках, но никто не применял их в существующих конструкциях, нет ни одного реального примера. Отсутствие инженерных решений по применению углепластиков в стране, прежде всего, объясняется отсутствием опыта, недостаточной обеспеченностью нормативной и расчетной литературой, разрушающими военными действиями и, конечно, высокой стоимостью материала.

При реставрационных работах в Сирии применяют «старые» и трудоемкие методы усиления. Так, колонны памятников архитектуры в Сирии усиливают при помощи стальных обоев или иных металлических конструкций (рис.3), но эффективнее было бы применить углеволокно (рис.4).



Рис. 3. Усиление колонн комплекса Такие Сулеймани, Дамаск

Ведь обеспечить необходимую совместную работу стальной обоймы и усиленного столба можно, лишь создав в

обойме начальные усилия путем нагрева хомутов и применения расширяющихся расстановок. А это процесс трудоемкий, нетехнологичный и несовременный. Обоймы из углехолста включаются в работу усиленного элемента просто во время его монтажа через клеевой слой.

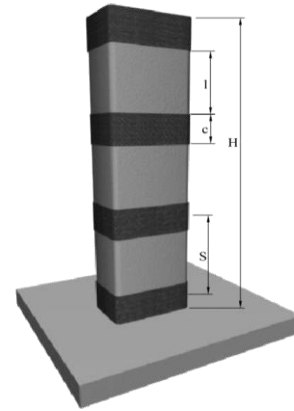


Рис.4 Усиление колонны при помощи КПМ

Круговое обертывание композитных материалов 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 [5].

Для определения необходимой площади композита определяют по СНиП 2.03.01-84 недостающую площадь продольной арматуры $A_{s,def}$. [1]

Требуемая площадь композита составляет:

$$A_f = \frac{R_f E_f}{R_s E_s} A_{s,def} \quad (4)$$

где R_f – нормативная прочность на растяжение КПМ; E_f – модуль упругости КПМ; R_s – расчетная прочность стержневой арматуры на растяжение; E_s – модуль упругости стержневой арматуры; $A_{s,def}$ – недостающая площадь продольной арматуры.

Также в архитектуре Сирии изобилуют различные формы арок, которые обычно восстанавливают методом набетонки (рис.5), хотя легче применить усиление углеволокном.



Рис.5. Усиление арок традиционным методом набетонки, а опор арки обоймами.

Элементы внешнего армирования из углеволокна дают возможность в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции и при этом сводить к минимуму нарушения ее целостности. Это в полной мере справедливо для конструкций реконструируемых и реставрируемых зданий.

Использование композиционных материалов может положить начало новому направлению реконструкции железобетонных инженерных сооружений, обеспечивающему существенное сокращение трудоемкости, стоимости и сроков выполнения работ. Применение углеродных композиционных материалов в качестве усиления – перспективное направление строительной отрасли, которое, надеемся, найдет свое развитие в Сирии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами (к СП 52-101-2003). - М.: 2008.
2. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами/ Шилин А.А. - М.: Стройиздат, 2004. – 140с.
3. Усиление композитными материалами из углеродных волокон Sika CarboDur [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа до стр.: <http://stopwater.ru/info/kart.html>.
4. Усиление конструкций композитными материалами из углеродных волокон. [Электронный ресурс] / Золотов С.// Строительство и недвижимость. –2001.– 18. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by>
5. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мін-регіонбуд України 2009р. – 75с.
6. Алиа М.Г. Конструктивные и технологические приемы усиления памятников архитектуры Сирии / Алиа М.Г.// «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне :НУВГП, 2013. – Вип.27 – С.280-287.
7. Алиа М.Г. Особенности усиления каменных конструкций при реконструкции памятников архитектуры Сирии. / Алиа М.Г.// «Науковий вісник будівництва». – Харків: ХНУБА, 2014. – Вип.2(76). – С.71-75.
8. Алиа М.Г. Особенности восстановления арочных конструкций при реконструкции памятников архитектуры Сирии. / Алиа М.Г.// «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне :НУВГП, 2014. – Вип.28 – С.470-476
9. www.composit.pro.

Компания «Центр ЭнергоСтрой» представлена на строительном рынке Украины с 2005 года и за это время зарекомендовала себя как высококвалифицированный и надежный партнер.

ООО «Центр ЭнергоСтрой» выполняет следующие виды работ:

- Вентилируемые фасады (композит, керамогранит) с использованием подконструкции НВФ «Энергия» (для системы с облицовкой керамогранитной плиткой) и НВФ «Энергия-К» (для системы с облицовкой композитными кассетами);
- Быстровозводимые каркасные здания и сооружения по технологии «сэндвич», «наборной сэндвич»;
- Системы «мокрого» утепления;
- Кровли плоские (эксплуатируемые, неэксплуатируемые); скатные (металлочерепица, битумная черепица, профнастил);
- Общестроительные работы;
- Инженерные сети: электротехнические, сантехнические работы; слаботочные сети.

<http://centerbud.com.ua/>