

УДК 69.059.3

ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ



FEATURES OF REINFORCEMENT OF METAL STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

Карамова Римма Артуровна
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
rimmakaramova99@mail.ru

Логода Родион Алексеевич
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
rodiklag@gmail.com

Аннотация. Объектом исследования данной публикации являются композиты, или углеродное волокно. В статье рассмотрены особенности применения композитных материалов для усиления конструкций, приведены главные свойства и характеристики углеродного волокна, а также разновидности армирующих композитов. Упомянуты этапы, в которых возникает необходимость усиления конструктивных элементов, предоставляется перечень недостатков, возникающих при строительстве той или иной конструкции. Особое внимание уделяется традиционным методам армирования, указываются их разновидности и соответствующие недостатки. Кроме того, предоставлены рекомендации по армированию сжатых и внецентренно сжатых железобетонных элементов, таких как пилоны, колонны и стены, по армированию плит перекрытия и балок, кирпичной кладки. Рассмотрены мероприятия по устранению повреждений и восстановлению несущей способности элементов конструкций, в заключении проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: строительство, реконструкция, усиление металлических конструкций, композитные материалы.

Karamova Rimma Arturovna
Student,
Kuban State Technological University
rimmakaramova99@mail.ru

Logoda Rodion Alekseyevich
Student,
Kuban State Technological University
rodiklag@gmail.com

Annotation. The research object of this publication is composites, carbon fiber. The article discusses the features of the use of composite materials for strengthening structures, presents the main properties and characteristics of synthetic fibers, as well as varieties of reinforcing composites. The stages are mentioned in which it becomes necessary to strengthen structural elements. Special attention is paid to traditional methods of reinforcement, their varieties and corresponding disadvantages are indicated. In addition, recommendations are provided for the reinforcement of compressed and eccentrically compressed reinforced concrete elements such as pylons, columns and walls, for reinforcing floor slabs and beams, and brickwork. Measures to eliminate damage and restore the bearing capacity of structural elements are considered, in conclusion, an analysis of the results obtained is carried out.

Keywords: construction, reconstruction, reinforcement of metal structures, composite materials.

Необходимость усиления конструктивных элементов конструкций может возникнуть в два этапа: при строительстве или в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

При возведении конструкций возникают недостатки [2]:

- Снижение прочности бетона (коррозия, промерзание).
- Несоответствие диаметра арматуры марке стали, смещение или пропуск стержней, смещение закладных деталей.

- Стружки, трещины в бетоне.

- Отклонение толщины защитного слоя.

В процессе эксплуатации конструкций также возникают следующие недостатки:

- Физическое старение и повреждение строительных конструкций, что приводит к снижению несущей способности, жесткости и трещиностойкости.

- Изменение условий эксплуатации, что выражается в изменении размеров, типа и расположения грузов.

- Изменение расчетной схемы конструкции.

- Необходимость повышения надежности и долговечности конструкции.

- Изменение технологического цикла.

- Сохранение собственности.

Традиционные методы армирования конструкций включают использование железобетонных каркасов, в конструкции которых используется торкретбетон или расширяющийся цемент, так что каркас и колонна работают вместе. Недостатком этого метода является то, что работа останавливается перед положительными температурами, а этот метод очень трудоемок, уменьшая площадь помещения. Стальные кронштейны выполняют двойную функцию: они препятствуют поперечным деформациям армируемого элемента, то есть они увеличивают прочность на сжатие из-за объемного напряжения и воспринимают часть вертикальной нагрузки, то есть частично разгружают армируемый элемент. Недостатком метода является то, что стальные элементы необходимо защищать от коррозии, а сборка кронштейнов довольно громоздка [4, с. 121].

В последнее время широкое распространение получил метод армирования конструкций композитами (углеродным волокном), инжестирования и армирования предварительно натянутыми канатами.

Углеродное волокно – это высокопрочный, линейно-эластичный материал с высоким модулем упругости. Углеродное волокно, в четыре раза превышающее предел прочности на разрыв по сравнению с лучшими сортами стали, намного легче железа (75 %) и алюминия (30 %). В настоящее время этот материал пользуется большим спросом в строительной отрасли. Такая популярность объясняется высокой прочностью материала [4, с. 125].

Армирующие композиты бывают трех видов:

– Ленты из углеродного волокна с эпоксидным клеем: для усиления мостов, больших пролетов. Длина рулона может достигать 250 погонных метров, материал обладает высокой жесткостью и несущей способностью.

– Углеродное полотно с эпоксидным клеем: для усиления балок, колонн, полов, поперечин, отверстий и других элементов гражданского строительства. Эти холсты достаточно гибкие, чтобы им можно было придать практически любую форму.

– Сетка из углеродного волокна на цементном связующем: для армирования кирпича и кирпичной кладки, а также железобетона. Они не только высокопрочные, но также пожаробезопасные и очень паропроницаемые.

Поскольку предельное удлинение этого материала намного больше, чем у бетона, в большинстве случаев рабочая сила в углеродных волокнах намного меньше, чем предельные силы, и разрушение образца, армированного углеродным волокном, обычно происходит вдоль контактного слоя между внешними поверхностями. арматурный элемент и бетон. Исключение составляет эксплуатация шпал из углеродного волокна.

Армирование сжатых и внецентренно сжатых железобетонных элементов, таких как пилоны, колонны и стены, с помощью внешнего армирования выполняется двумя способами. Первый метод – использовать бинты из углепластика, создающие «клип-эффект». Второй способ – установить полотно из углеродного волокна по длине сжатого элемента, которое послужит дополнительным рабочим армированием. Армирование гибких колонн производится как поперечными, так и продольными элементами внешнего армирования [6]. Продольные компоненты устанавливаются таким образом, чтобы положение физической оси сечения не изменялось.

Армирование плит перекрытия и балок производится приклеиванием углепластика в наиболее напряженных местах – обычно в центре пролета по нижнему краю конструкции. Это увеличивает их несущую способность по изгибающим моментам. Для решения таких задач подходят все виды углеродных материалов – ленты, ламели и сетки. Кроме того, для балок часто требуется усиление опорных зон с целью увеличения несущей способности под действием поперечных сил (по наклонной трещине). Для этого приклеиваются П-образные хомуты из углеродных лент или сеток. Углеродные ленты и рейки иногда используются в комбинации, потому что их способ установки и клей похожи. Использование угольных сеток, как правило, исключает использование лент и планок в связи с изготовлением «мокрых» работ.

Кроме того, при строительстве следует обратить особое внимание на то, чтобы продольные ремни были закреплены. Это следует делать, вставляя волокна за строительный участок на длину, достаточную для передачи усилия на ленту. Поскольку расчетная секция для столбов обычно расположена сверху и внизу столбов, это требование связано с необходимостью сквозных отверстий в панелях пола, что значительно затрудняет применение этого решения.

Наружное армирование углеродным волокном наиболее оправдано в случаях, когда: требуется высокая скорость работы и небольшое количество армированных конструкций, а также необходимо сохранить внешний вид конструкции [10, с. 31].

Армирование кладки осуществляется скобами из углеродного волокна (углеродное волокно) и является эффективной альтернативой стальным скобам, так как вовлечение их в работу армирующего элемента просто осуществляется во время монтажа полотна на армированный элемент через клей. слой.

Полные испытания кирпичных столбов показали увеличение несущей способности кирпичных столбов, армированных угольно-угольными бинтами, в 1,5–2,0 раза.

Использование элементов внешнего армирования из углеродного волокна позволяет регулировать силы в каменной конструкции на большой площади и минимально нарушать ее целостность. В полной мере это касается конструкций реконструируемых и реставрируемых зданий [5].

Использование элементов внешнего армирования из углеродного волокна для армирования вышеуказанных конструкций позволяет избежать установки точечных анкеров, которые предполагают большой объем материала в работе отдельного элемента, реализуя имеющиеся резервы конструкции. При уходе за неповрежденными участками в виде техники, дверных и оконных проемов.

Как и любая другая технология армирования, у этого варианта есть свои недостатки. Во-первых, это дороговизна материала – углепластика. Также требуется дополнительная противопожарная защита [7, с. 650]. Бетонную поверхность необходимо подготовить очень тщательно, чтобы обеспечить надежное сцепление. Монтаж композитных материалов также требует высокого уровня квалификации со стороны рабочих и соблюдения технологического цикла.

В настоящее время основным нормативным документом в области применения усиления конструкций углепластиком является СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами».

Расчеты также могут быть основаны на разрешительных документах типа «Методические указания по армированию железобетонных конструкций композитными материалами». При разработке рекомендаций использовались положения стандартов АСІ, а также экспериментальные исследования лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ, а также анализ зарубежных авторов [8, с. 263].

При армировании столбов последовательность установки каркаса из углепластика происходит в несколько этапов.

К мероприятиям по устранению повреждений и восстановлению несущей способности относятся следующие мероприятия: удаление хрупких участков бетона, зачка трещин (шириной от 0,3 до 5 мм), трещинного шва (шириной до 0,3 мм), антикоррозийная обработка армирование, грунтовка поверхности, заделка трещин и дыр от пакеров, восстановление бетонного покрытия. После устранения повреждений поверхность необходимо подготовить перед ее армированием углеродными лентами: шлифование поверхности, скругление острых углов (скос с ножкой > 20 мм), грунтование поверхности (при необходимости), нанесение линий разметки в соответствии с схема наклеек, очистка, удаление пыли с поверхности, нанесение слоя клея, укладка подготовленных армирующих элементов, прикатывание армирующих элементов на основу, нанесение последнего слоя клея на поверхность армирующих элементов, удаление пыли с поверхности, нанесение клеевого слоя, который размещает подготовленные армирующие элементы, армирующие элементы на базовых валках и наносит последний слой клея на поверхность армирующих элементов [9, с. 21].

В результате получаем: восстановление несущей способности, компенсация продольных и поперечных дефектов арматуры, минимальные затраты времени без увеличения размеров конструкции. Допускается любой отделочный материал после армирования.

Таким образом, можно констатировать, что усиление строительных конструкций пластиком, армированным углеродным волокном, в настоящее время является чрезвычайно энергоэффективным методом, который предлагает ряд значительных преимуществ в широком диапазоне применений по сравнению с армированием традиционными методами: сохраняется первоначальное сечение элемента конструкции, стены укреплены, несущие конструкции и плиты перекрытия усилены, масса конструкций не

увеличена, композитные материалы обладают высокой устойчивостью к коррозии, простотой применения, сжатыми сроками для изготовления работ можно избежать строительства сложных строительных лесов, нет подъемного оборудования, нет габаритных ограничений – длина полотен и ламината не менее 50 метров. Работы по армированию можно проводить без остановки эксплуатаций зданий и сооружений.

Литература

1. О задачах исследования адаптивного управления электростанциями на базе конвертированных авиационных ГТУ / Б.В. Кавалеров [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 11. – С. 65–77.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 400 с.
3. Скоропешкин В.Н., Скоропешкин М.В. Адаптивная система автоматического регулирования // Наукоедение: интернет-журнал. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL : <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN214.pdf> (дата обращения: 09.04.2015).
4. Бондарко В.А. Адаптивное векторное управление асинхронным электродвигателем на основе метода рекуррентных целевых неравенств // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 9. – С. 120–135.
5. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем / под ред. А.Ф. Дьякова. – М. : Изд-во НЦ «ЭНАС», 2000. – 504 с.
6. Тюрин С.Ф., Греков А.В., Громов О.А. Принцип восстановления логики ПЛИС для критических приложений путем адаптации // Журнал мировых прикладных наук. – 2013. – № 26 (3). – С. 328–332. DOI: 10.5829 / idosi.wasj.2013.26.03.13474.
7. Тюрин С.Ф., Громов О.А. Алгоритм поиска остаточного базиса отказоустойчивых интегральных схем с программируемой логикой // Электротехника. – 2013. – № 84 (11). – С. 647–651. DOI: 10.3103 / S1068371213110163.
8. Интеллектуальная система управления энергией для оптимальной экономической работы микросетей / Ч. Чен [и др.] // Возобновляемая энергетика, IET. – май, 2011. – Вып. 5. – № 3. – С. 258–267.
9. Радж Кристобер Асир, Мохан М.Р. Метод имитации отжига, основанный на эволюционном программировании, для решения проблемы обязательств агрегата // Электроэнергетика и энергетическая система. – 2007. – № 29.
10. Liserre M., Sauter T., Hung J.Y. Энергетические системы будущего: интеграция возобновляемых источников энергии в интеллектуальную электросеть через промышленную электронику // Журнал IEEE Industrial Electronics Magazine. – март, 2010. – С. 18–37. – URL : <http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2010.935861>
11. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композициях и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
12. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
13. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
14. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
15. Леонова А.Н., Бибииков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 16–21.

References

1. On the research tasks of adaptive control of power plants on the basis of converted aviation GTUs / B.V. Kavalеров [et al.] // Vestnik of Perm National Research Polytechnic University. Electrical Engineering, Information Technologies, Control Systems. – 2014. – № 11. – P. 65–77.

2. Rotach V.Ya. Theory of automatic control: textbook for universities. – М. : MPEI Publishing House, 2005. – 400 p.
3. Skoropeshkin V.N., Skoropeshkin M.V. Adaptive system of automatic control // Naukovedenie: internet-journal. – 2014. – № 2 [Electronic resource]. – URL : <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN214.pdf> (date of access: 09.04.2015).
4. Bondarko V.A. Adaptive vector control of asynchronous electric motor on the basis of the method of recurrent target inequalities // Automation and telemekhanics. – 2010. – № 9. – P. 120–135.
5. Ovcharenko, N.I. Automation of the electrical power stations and the electrical power engineering systems (in Russian) / Under edition of A.F. D'yakov. – М. : Publishing house of the National Center «ENAS», 2000. – 504 p.
6. Tyurin S.F., Grekov A.V., Gromov O.A. Principle of FPGA logic reconstruction for critical applications by adaptation // Journal of World Applied Sciences. – 2013. – № 26 (3). – P. 328–332. DOI: 10.5829 / idosi.wasj.2013.26.03.13474.
7. Tyurin, S.F., Gromov, O.A. Algorithm of search of residual basis of fail-safe integrated circuits with programmable logic // Electrotehnika. – 2013. – № 84 (11). – P. 647–651. DOI: 10.3103 / S1068371213110163.
8. Intelligent energy management system for optimal economic performance of microgrid / C. Chen [et al.] // Renewable Energy, IET. – May, 2011. – Issue. 5. – № 3. – P. 258–267.
9. Raj Cristober Asir, Mohan M.R. Evolutionary programming based annealing simulation method for solving unit commitment problem // Electric Power and Power System. – 2007. – № 29.
10. Liserre M., Sauter T., Hung J.Y. Energy systems of the future: integration of renewable energy sources into smart grid through industrial electronics // IEEE Industrial Electronics Magazine. – March, 2010. – P. 18–37. – URL : <http://dx.doi.org/10.1109/MIE.2010.935861>
11. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their influence on the properties of materials // In the collection: Development and innovation in construction. collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
12. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern ways of strengthening building structures carbon composite materials // In the collection: Actual issues of urban construction, architecture and design in the resort regions. Materials of the Second All-Russian scientific-practical conference. – 2015. – P. 75–79.
13. Leonova A.N., Sofjanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building constructions by composite polymeric materials in conditions of high and low temperatures // Perspectives of science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
14. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Dignities and disadvantages of different methods of reinforcing reinforced concrete columns // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnical Bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
15. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovations in construction. Materials of the III International Scientific-Practical Conference. – 2020. – P. 16–21.