

Метод усиления повреждённых участков железобетонных опор ЛЭП кольцевого сечения с предварительно напряженной арматурой

А. И. Соловьёва, С.В. Георгиев, К.В. Кургин

Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону.

Аннотация: Железобетонные конструкции с предварительно напряжённой арматурой являются проблемой при возникновении необходимости их восстанавливать или усиливать, особенно когда предварительно напряженная арматура повреждена или имеет существенную коррозию. Обычно такие конструкции имеют большие габариты или перекрывают большие пролёты. Учитывая масштаб работ по замене таких конструкций, разработка вариантов усиления или восстановления является актуальным вопросом. Одной из наиболее сложных конструкций с предварительно напряженной арматурой является высотная опора ЛЭП кольцевого сечения. Её работа в естественной среде подвергается воздействию разрушающих факторов, которые приводят к удалению и разрушению предварительно напряженной арматуры. Данная статья посвящена разработке метода усиления повреждённого участка железобетонной опоры ЛЭП путём замены и предварительного напряжения разрушенного стержня. В работе приведена технология метода усиления и основные положительные свойства.

Ключевые слова: тяжелый бетон, опора ЛЭП, железобетон, сжатые элементы, резьбовые муфта, усиление.

Долгие годы в области усиления и восстановления железобетонных несущих конструкций зданий и сооружений применялись методы усиления, основанные на использовании бетона и металла [1-3]. Они отличались высокой надежностью и эффективностью, однако сложный процесс производства работ и высокая трудоёмкость технологии выполнения усиления не позволяет закрыть данный вопрос в строительстве [4].

В качестве новых методов и материалов усиления всё больше используются композитные материалы, основанные на углепластиках [5-7]. Их высокие прочностные свойства и модуль упругости, схожий с металлом позволяет эффективно решать вопросы усиления несущих железобетонных конструкций [8]. Отличительной чертой методов усиления, основанных на использовании композитных материалов является их простота выполнения [9,10]. Процесс усиления возможно производить в кратчайшие сроки с минимальным штатом специалистов, при этом использовать простые инструменты, такие, как углошлифовальные машины и перфораторы.

Вышедший в 2014 году свод правил по усилению железобетонных конструкций композитными материалами позволил на законодательном уровне применять данные системы при усилении реальных объектов в России. Однако, наряду с высокими прочностными свойствами композитных материалов, стоит недостаточная экспериментальная база, что не позволяет в полной мере использовать все свойства новых инновационных материалов.

Многочисленные научные исследования показывают [11,12], что свод правил существенно ограничивает весь потенциал композитных материалов, а для некоторых конструкций вообще делает новые методы усиления невозможными или неэффективными. Следовательно, поиски наиболее эффективных схем усиления, особенно касающихся новых материалов, основанных на углепластиках, являются актуальными.

В области проектирования несущих элементов, железобетонные конструкции условно можно разделить на простые и сложные. Простые – имеют маленькие расчетные пролеты, простую конфигурацию или работают как отдельные элементы, являющийся частью сложной системы. К ним относятся железобетонные изгибаемые и сжатые элементы, представленные в виде колонн, балок, плит перекрытий и др. Проектирование данных конструкций основывается на совместной работе арматуры и бетона, где все растягивающие напряжения воспринимает металлическая арматура.

К сложным железобетонным конструкциям относят изделия, отличающиеся большими габаритами, воспринимающие огромные нагрузки или перекрывающие большие пролеты. К таким конструкциям относятся массивные фермы, двускатные балки, колонны промышленных зданий, также высотные железобетонные опоры ЛЭП кольцевого сечения.

Отличительной особенностью подобных конструкция является сложный способ их изготовления, который включает процесс предварительного натяжения арматуры. Данный технический процесс

необходим для обеспечения требований по второй группе предельных состояний, а именно, по предельным прогибам и ограничению ширины раскрытия трещин в растянутой зоне, вследствие воздействия изгибающих моментов или растягивающих сил.

Предварительно напряжённая арматура выполняет свою функцию только при достаточной анкерровке её в теле бетона [13], для этого конструктивно обеспечивается необходимый защитный слой бетона.

Как показывает строительная практика по обследованию железобетонных конструкций, вследствие воздействия ряда негативных факторов, защитный слой бетона разрушается, и металлическая преднапряжённая арматура подвергается коррозии. Способы восстановления конструкции предусматривают замещение функций предварительно напряжённой арматуры другими элементами, к одним из которых можно отнести композитные материалы на основе углепластиков [14,15]. Однако, современная наука в области строительства не позволяет предварительно напрягать композитные материалы при восстановительных работах, что приводит к огромным перерасходам материалов, а, следовательно, и стоимости ремонтно-восстановительных работ.

Что же касается высотных опор ЛЭП кольцевого сечения, то, на сегодняшний день, методы усиления достаточно сложные и практически не используются, а поврежденные конструкции заменяется полностью [16]. Такое решение принимается вследствие недостаточного опыта в усилении подобных сложных конструкций.

Основной целью данного научного исследования является предложение и обоснование нового способа усиления железобетонных сложных опор ЛЭП кольцевого сечения, с предварительно напряжённой арматурой. Метод усиления является перспективным при следующих видах разрушения: коррозия бетона и арматуры вследствие воздействия

атмосферных осадков, частичное разрушение верхнего слоя опоры ЛЭП, с оголением арматуры и её повреждения.

Разработанный и предложенный способ усиления основывается на замене повреждённых участков металлической арматуры, новой. Замена производится путём накручивания через специальные натяжные муфты нового металлического стержня к существующему.

Технология предложенного способа усиления представлена ниже: - повреждённые участки очищаются, поврежденный бетон отбивается, арматура оголяется по всей длине поврежденного участка, при этом используются такие инструменты, как алмазные пилы и ударные перфораторы.

- повреждённая арматура отрезается и остатки металлического стержня, находящегося в теле бетона, отгибаются для нарезки на нем резьбы.

- после нарезки резьбы стержень отгибается в прежнее состояние, насколько это возможно.

- на металлическом стержне, который будет вставляться в повреждённую конструкцию, также нарезается резьбовое соединение и накручиваются металлические муфты.

- металлические муфты имеют правое и левое резьбовое соединение, при этом на новом стержне накручивается правое резьбовое соединение, а на существующих отрезках металлической арматуры накручиваются левое резьбовое соединение.

- металлические арматурные ремонтные стержни делаются размерами, равными расстоянию между отрезками существующих стержней.

- один металлический стержень вставляется между существующими отрезками стержней. Муфты раскручиваются в одном направлении таким образом, чтобы накрутиться на резьбовое соединение существующих отрезков на половину резьбового соединения, после чего муфты

раскручиваются в другом направлении и происходит стягивание нового стержня.

- стягивание отрезков стержней и нового стержня производится до уровня необходимого предварительного напряжения арматуры.

- необходимый уровень предварительного натяжения контролируется специальным ключом с силовым индикатором.

- после натяжения металлического стержня повреждённый участок зашпаклевывается специальной высокопрочной шпаклёвкой, используемой при усилении композитных материалов. Данная шпаклёвка обеспечивает надежную адгезию нового стержня к существующему бетону и обладает высокими прочностными свойствами, а также сопротивляется влиянию негативных факторов внешнего воздействия окружающей среды.

В результате, восстанавливается предварительное натяжение металлического стержня сложной железобетонной конструкции опоры ЛЭП. Данный способ усиления эффективен ещё тем, что не требует особых приспособлений при выполнении работ.

Надёжность локального предварительного напряжения арматуры доказана в работе [17], где учёные использовали метод локального предварительного натяжения металлических стержней А800 на железобетонных балках.

Литература

1. Гвоздев А.А. Восстановление основных конструкций капитальных зданий и сооружений // Под общей ред. и при участии д.т.н., проф. А.А. Гвоздева. – М: Стройиздат, 1947. 204с.
2. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Томск, Атлас схем и чертежей. 1990. 316с.

3. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: Усиление, восстановление, ремонт // М.: А.С.В, 2012. 312 с.
 4. Литвинов И.М. Инструкция по усилению и восстановлению железобетонных конструкций методом И. М. Литвинова // Харьков: Харьк. обл. полигр. ф-ка, 1948, 39 с.
 5. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // М: Стройиздат. 2004. 144с.
 6. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций // Бетон и железобетон. 2001. №6 С. 17-20.
 7. Соловьева А. И., Георгиев С. В., Меретуков З. А. Углеродное волокно - как хороший материал для усиления железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7232
 8. Устинов Б.В., Устинов В.П. Исследование физико-механических характеристик композитных материалов (КПМ) // Известия вузов. Строительство, 2009, № 11-12, С.118-125.
 9. Георгиев С. В., Соловьева А. И., Меретуков З. А. Сравнение методов усиления железобетонных стоек с точки зрения экономической эффективности // Инженерный вестник Дона. 2022. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485
 10. Георгиев, С. В., Меретуков З. А., Соловьева А. И. Сравнение методик усиления внешним армированием композитных материалов // Инженерный вестник Дона. 2021. №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221
 11. Георгиев, С. В., Меретуков З. А., Соловьева А. И. К определению прочности бетона, обжатого композитными материалами, расположенными в
-

поперечном направлении // Инженерный вестник Дона. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7225

12. Мухамедиев, Т. А. Изменения в своде правил по проектированию конструкций из бетона с полимерной композитной арматурой // Вестник НИЦ Строительство. 2021. № 3(30). С. 51-55.

13. Краснощеков Ю. В. Моделирование анкеровки арматуры в бетоне // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4. С. 64-69.

14. Караваев, И. В., Румянцева В. Е., Коновалова В. С. Влияние вида анкеровки на адгезию композитной арматуры к бетону // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2017. № 1. С. 115-117.

15. Польской П.П., Георгиев С.В. Влияние различных вариантов внешнего композитного армирования на жесткость гибких сжатых элементов // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826

16. Яновская А. В., Алексеева, А. С., Бортникова Д. А. Система контроля качества при установке железобетонных опор ЛЭП // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. В 6 частях, Уфа, 09 декабря 2017 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. С. 195-196.

17. Семенов Д. А. Расчетное обоснование длины анкеровки продольного стержня ненапрягаемой арматуры периодического профиля в бетоне // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2(49). С. 53-57.

References

1. Gvozdev A.A. Vosstanovlenie osnovnykh konstrukcij kapital'nykh zdaniy i sooruzhenij [Restoration of the main structures of capital buildings and structures]. M: Strojizdat. 1947. 204p.
 2. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Polishhuk A.I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstrukcij avarijnykh i rekonstruiruemykh zdaniy Tomsk, Atlas shem i chertezhej. [Restoration and strengthening of building structures of emergency and reconstructed buildings Tomsk, Atlas of diagrams and drawings]. 1990. 316p.
 3. Ivanov Ju.V. Rekonstrukcija zdaniy i sooruzhenij: Usilenie, vosstanovlenie, remont [Reconstruction of buildings and structures: Strengthening, restoration, repair]. M.: A.S.V, 2012. 312p.
 4. Litvinov I.M. Instrukcija po usileniju i vosstanovleniju zhelezobetonnykh konstrukcij metodom I. M. Litvinova [Instructions for the strengthening and restoration of reinforced concrete structures by the method of I. M. Litvinov]. Har'kov: Har'k. obl. poligr. f-ka, 1948, 39 P.
 5. Shilin A.A., Pshenichnyj V.A., Kartuzov D.V. Usilenie zhelezobetonnykh konstrukcij kompozitnymi materialami [Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials] M: Strojizdat. 2004. 144p.
 6. Hajutin Ju.G., Chernjavskij V.L., Aksel'rod E.Z. Beton i zhelezobeton. 2001. №6. pp. 17-20.
 7. Solov'jova A.I., Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7232
 8. Ustinov B.V., Ustinov V.P. Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. 2009. № 11-12. PP.118-125. 2009, № 11-12, pp.118-125.
 9. Georgiev S.V., Solov'jova A.I., Meretukov Z.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485
 10. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'jova A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221
-



11. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'jova A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7225
12. Muhamediev, T. A. Vestnik NIC Stroitel'stvo. 2021. № 3(30). pp. 51-55.
13. Krasnoshhekov Ju. V. Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. 2015. № 4(44). pp. 64-69.
14. Karavaev, I. V., Rumjanceva V. E., Konovalova V. S. Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX). 2017. № 1. pp .115-117.
15. Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826
16. Janovskaja A. V., Alekseeva, A. S., Bortnikova D. A. Konceptii fundamental'nyh i prikladnyh nauchnyh issledovanij: Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 6 chastjah, Ufa, 09 dekabrya 2017 goda. Ufa: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij", 2017. pp. 195-196.