

Усиление железобетонного безбалочного перекрытия с нарушенным защитным слоем бетона композитными материалами.

А. И. Соловьёва¹, М.Ю. Беккиев²

¹ *Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону*

² *Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова*

Аннотация: Тенденции современного общества требуют быстрого решения вопросов по восстановлению аварийных зданий и сооружений. Новые методы усиления несущих конструкций зданий нацелены на уменьшение трудозатрат, сроков производства работ и необходимости в сложном оборудовании. В области усиления железобетонных конструкций такими методами являются композитные системы усиления, хорошо зарекомендовав себя в работе с изгибаемыми и сжатыми элементами, имеются области, где их использование ещё не изучено. К одной из таких относится усиление железобетонных безбалочных перекрытий, в которых нарушен защитный слой бетона.

Данная статья посвящена разработке метода усиления композитными материалами, где был нарушен защитный слой бетона. При этом внутренний момент пары сил уменьшает несущую способность элемента порядка 30%. В статье представлены преимущества нового метода композитного усиления и приведён возможный пример его использования на реальном объекте.

Ключевые слова: бетон, железобетон, композитный материал, углеволокно, углепластиковые ламели, углеламинат, гибкость, сжатые элементы, безбалочное перекрытие.

Железобетонные несущие конструкции на сегодняшний день занимают лидирующее место в современном строительстве. Наряду со строительством новых зданий и сооружений растёт потребность в восстановлении или усилении существующих несущих элементов [1-3]. Одним из наиболее перспективных и используемых методов строительства является устройство безбалочных перекрытий жилых и общественных зданий [4]. Перекрытия подобных зданий возводятся с использованием инвентарной опалубки. Бетонирование перекрытия производится непрерывно с соблюдением всех норм и технологий выполнения работ [5,6]. Однако известны случаи нарушения технологии бетонирования, которые приводят к уменьшению несущей способности перекрытия на 15-20% [7]. Обычно это связано с

уменьшением прочности бетона на сжатие и ошибками обеспечения проектного защитного слоя бетона.

Как известно, монолитное безбалочное перекрытие проектируется с большим запасом прочности сжатой зоны бетона [8]. Если технология возведения перекрытий позволяет обеспечивать необходимое количество арматуры в растянутой зоне, то обеспечение ей проектного положения может быть нарушено из-за несовершенства технологии производства работ. Зачастую такие ошибки возникают, когда увеличивается защитный слой бетона при установке неправильного размера фиксаторов или подъёма (опускание) металлического каркаса в процессе бетонирования, а также известны случаи прогиба опалубки, вследствие чего защитный слой бетона в конструкции увеличивается [9].

Подобные ошибки приводят к увеличению защитного слоя растянутой арматуры, что влечёт за собой уменьшение внутреннего момента сил. Например, при условии выполнения железобетонного перекрытия толщиной 16 см, защитный слой бетона принимается равным 2,5 см, что является конструктивным значением для большинства диаметров растянутой арматуры. При возможном нарушении увеличении защитного слоя бетона, в связи с приведёнными ранее ошибками технологии выполнения работ, внутреннее плечо моментов сил может существенно снизиться до 10-7,5 см. При таком уменьшении внутреннего плеча сил перекрытия, несущая способность падает на 33%. Подобные ошибки значительно уменьшают несущую способность железобетонного перекрытия, и могут сделать конструкцию аварийной.

Из возможных вариантов исправления подобных технологических ошибок применяется полная замена перекрытия, что является достаточно трудоёмкой и дорогостоящей работой или вариант усиления безбалочного перекрытия.

Традиционные методы усиления подразумевают использование дополнительной, приваренной к существующей, рабочей растянутой арматуры. Данный метод основывается на выполнении специальных прорезей с удалением защитного слоя бетона и приварки к существующей арматуре металлических коротышей и наваривании новых металлических стержней к существующей. При этом совместная работа арматуры усиления с существующей конструкцией обеспечивается путём нижней набетонки всего перекрытия или выполнения набетонки только в зоне установки новой металлической арматуры усиления. Данный метод наиболее часто применяется при нарушении площади продольной металлической арматуры, расположенной в растянутой зоне. Однако, при нарушении толщины защитного слоя, он становится достаточно трудоёмким, что связано с сложным процессом удаления защитного слоя бетона. Тяжёлый бетон сложно отбивается, при этом нарушается целостность всей конструкции. При защитном слое, превышающем 5 см целесообразность выполнения процессов усиления традиционными методами, ставится под вопросом и наиболее рациональным будет замена всего перекрытия здания.

Однако современные методы усиления позволяют эффективно решить данную проблему с технической и экономической точки зрения, а также уменьшить сроки выполнения работ [10-12]. Из изученных современных методов усиления наиболее эффективно показали себя системы на основе композитных материалов и эпоксидной клеевой системы [13-15]. Данные методы усиления используются при восстановлении или увеличении прочности и деформативности изгибаемых балочных элементов, а также при выполнении усиления гибких железобетонных сжатых элементов. Высокую эффективность композитные материалы показали при восстановлении несущей способности изгибаемых элементов [16-18], разрушенных по

наклонному сечению. Преимуществом новых методов усиления является низкая трудоёмкость и высокая мобильность выполнения работ [19-20].

Учитывая высокую эффективность усиления изгибаемых элементов композитными материалами методом устройства углепластиковых ламелей или холстов в растянутой зоне, предлагается использовать в местах расположения металлических стержней, для которых нарушен защитный слой бетона, композитный материал, который компенсирует падение нагрузки.

При нарушении защитного слоя бетона для единичных стержней, наклеивание производить непосредственно над стержнем. При массовом нарушении защитного слоя бетона предлагается полное дублирование растянутой арматуры композитным материалом.

С практической точки зрения данное решение по усилению было использовано для строящегося здания сервисно-технического центра по продаже, гарантийному и постгарантийному обслуживанию, а также ремонту автомобилей марки «Land Rover», «Range Rover», «Jaguar», расположенному по адресу: Ростовская обл., Аксайский р-н, Аксайское городское поселение, пр. Аксайский 15-15а.

На Рис.1 представлено фото вскрытия монолитного перекрытия. По спилам оголённой арматуры видно, что в процессе бетонирования был нарушен защитный слой бетона верхней арматуры. Как известно, верхняя арматура воспринимает отрицательные изгибающие моменты, следовательно, нарушение защитного слоя уменьшает несущую способность перекрытия. Наклеивание сверху композитной арматуры позволит с наименьшими трудозатратами без вскрытия перекрытия компенсировать недостаточную несущую способность.

На усиление монолитного безбалочного перекрытия, согласно проекту усиления, было затрачено углеламинатов в количестве 1922

погонных метра. В качестве дополнительных затрат, необходимых для обеспечения надёжной адгезии материалов усиления к бетону, необходимо выполнить насечку усиливаемых мест железобетонного перекрытия площадью 96 м², а также выполнить грунтование, шпаклевание и нанесение клея для углеткани в количестве 24, 163, 173 кг соответственно. На Рис. 2. представлен план расположения материалов усиления железобетонного перекрытия, а на Рис. 3. - узел сопряжения колонны и перекрытия с указанием углеламинатов



Фото 1. Прорез в плите покрытия. Смещение верхней арматурной сетки от проектного положения.

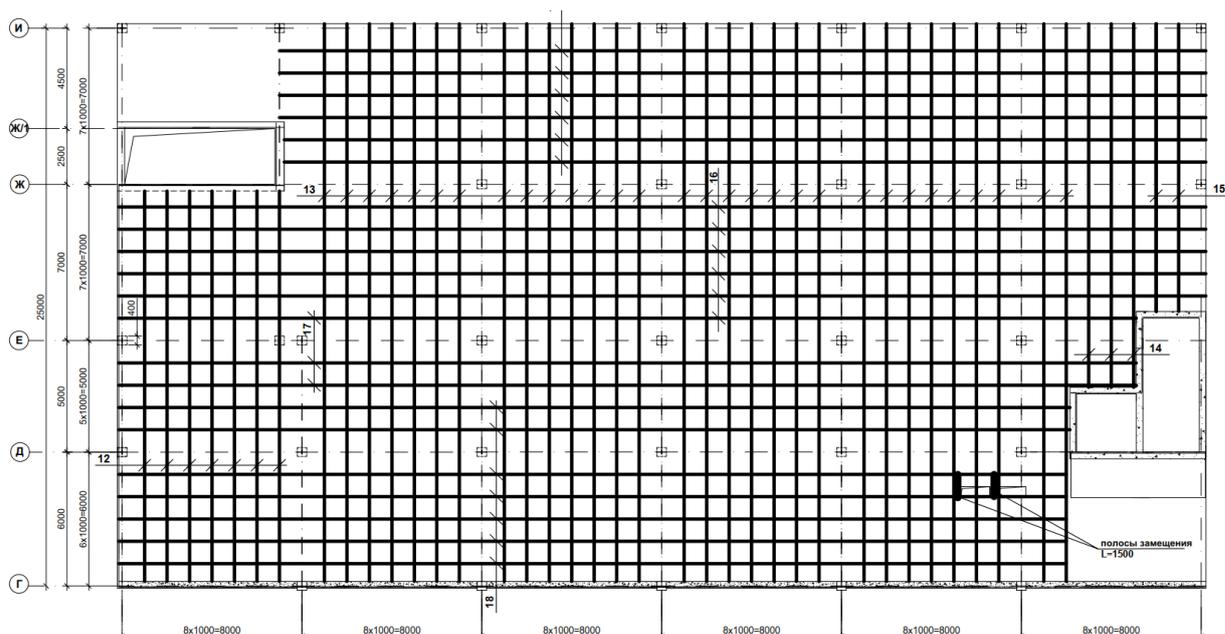


Рис. 2. План расположения материалов усиления железобетонного перекрытия

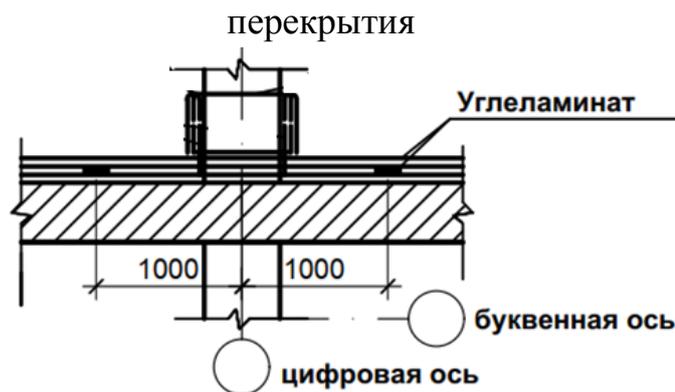


Рис. 3. Узел сопряжения колонны и перекрытия с указанием уггеламинатов

В заключение можно сказать, что предложенный способ усиления безбалочного монолитного перекрытия композитными материалами позволил с наименьшими трудозатратами без вскрытия и нарушения целостности конструкции компенсировать недостаточную несущую способность продольной металлической арматуры, воспринимающей изгибающие моменты, а также снизить дополнительную нагрузку на нижележащие конструкции от материалов усиления, которая составляет 10-15 кг/м², вместо 250 кг/м² при традиционных методах усиления набетонкой сверху.

Литература

1. Габитов А.И., Бикташева А.Р., Дмитриева Л.В. Исторические аспекты применения инновационных технологий при усилении железобетонных конструкций // В сборнике: Материалы 73-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. Том 2. Уфа, 2022. 176с.

2. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: Усиление, восстановление, ремонт // А.С.В, 2012. 312с.

3. Бедов, А. И., Габитов А. И., Знаменский В. В. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – Москва: Издательство АСВ, 2017. – 923 с.

4. Пхай П. Эффективность железобетонных монолитных безбалочных перекрытий при строительстве каркасных гражданских зданий // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2485-2489.

5. Гануляк И.В., Шлеенко А.В. Использование железобетонных безбалочных перекрытий в современном строительстве // В сборнике: Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. Сборник научных статей Всероссийской научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 235-238.

6. Варламова Т.В. Проектирование элементов железобетонных конструкций // учебное пособие для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, профиль Промышленное и гражданское строительство: Электронные текстовые данные. Саратов, 2017. – 88 с.

7. Дрокин С.В. Влияние дефектов на прочность и деформативность элементов перекрытий каркасных конструктивных систем // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012 – 23 с.

8. Козелков М.М., Луговой А.В., Колосов Д.Д. Правила проектирования плоских безбалочных железобетонных перекрытий // Вестник НИЦ Строительство. 2020. № 1 (24). С. 62-69.

9. Долманюк Р.Ю. Зависимости критических коррозионных повреждений стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона, класса по прочности на сжатие // В сборнике: Строительство и восстановление искусственных сооружений. Материалы VII Международной научно-практической конференции В 2 частях. Под общ. ред. А.А. Поддубного. Том Часть I. – Гомель: белгут, 2020. – С. 69-72.

10. Polskoy P., Mailyan D., Georgiev S., Muradyan V. The strength of compressed structures with CFRP materials reinforcement when exceeding the cross-section size // E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 сентября 2017 года. Vol. 33. – Samara: EDP Sciences, 2018. – P. 02060. – DOI 10.1051/e3sconf/20183302060.

11. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. О влиянии гибкости стоек на эффективность композитного усиления // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3374

12. Георгиев С.В., Соловьева А. И., Меретуков З.А. Сравнение методов усиления железобетонных стоек с точки зрения экономической эффективности // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 2(86). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485

13. Маилян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Свойства материалов, используемых при исследовании работы усиленных железобетонных

конструкций // Инженерный вестник Дона. 2013. № 2. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673

14. 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

15. Маяцкая И.А., Польской П.П., Георгиев С.В., Федченко А.Е. Применение углепластиковых ламелей при усилении строительных конструкций // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 33-38.

16. Меркулов, С. И., Есипов С.М. Увеличение несущей способности железобетонных изгибаемых конструкций усилением внешним армированием композитным материалом // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 2(1002). – С. 56-57.

17. Makarov G. N., Kondrik A. S., Shalygin M. G. Analysis of strengthening conical reinforced concrete posts by external reinforcement with polymer composite materials // AIP Conference Proceedings : Proceedings international conference "Problems of applied mechanics", Bryansk, 01–03 декабря 2020 года. Vol. 2340. – Bryansk: Published by AIP Publishing, 2021. – P. 020007. – DOI: 10.1063/5.0047932.

18. Умаров, М. М. Эффективность и неэффективность применения композитных материалов для усиления изгибаемых железобетонных конструкций // Интернаука. – 2022. – № 16-1(239). – С. 23-26.

19. Юсуфов А. С., Магомедалиев Г. Г., Дагиров А. Р., Хиясов М. А. Перспективы использования композитных материалов // E-Scio. – 2019. – № 7(34). – С. 100-107.

20. Аверченко, Г. А., Огурцов Г. Л. Перспективы использования композитного материала в мостостроении // Фундаментальная и прикладная

наука: состояние и тенденции развития: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 24 ноября 2019 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2019. – С. 229-231.

References

1. Gabitov A.I., Biktasheva A.R., Dmitrieva L.V. V sbornike: Materialy 73-j nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh UGNTU. Predstavleny materialy 73-j nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh Ufimskogo gosudarstvennogo neftjanogo tehničeskogo universiteta, v kotoryh otrazheny rezul'taty teoreticheskikh i jeksperimental'nyh rabot. Tom 2. Ufa, 2022. 176 P.

2. Ivanov Ju.V. Rekonstrukcija zdaniy i sooruzhenij: Usilenie, vosstanovlenie, remont [Reconstruction of buildings and structures: Strengthening, restoration, repair]. A.S.V, 2012. 312 P.

3. Bedov, A. I., Gabitov A. I., Znamenskij V. V. Ocenka tehničeskogo sostojanija, vosstanovlenie i usilenie osnovanij i stroitel'nyh konstrukcij jekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij [Assessment of technical condition, restoration and strengthening of foundations and building structures of operated buildings and structures]. Moskva: Izdatel'stvo ASV, 2017. P. 923.

4. Phaj P. V sbornike: Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija molodyh uchenyh BGTU im. V.G. Shuhova. Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologičeskij universitet im. V.G. Shuhova. 2015. pp. 2485-2489.

5. Ganuljak I.V., Shleenko A.V. V sbornike: Problemy i perspektivy razvitija Rossii: Molodezhnyj vzgljad v budushhee. Sbornik nauchnyh statej Vserossijskoj nauchnoj konferencii. V 4-h tomah. Otvetstvennyj redaktor A.A. Gorohov. Tom 3. Kursk: Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2018. pp. 235-238.

6. Varlamova T.V. Proektirovanie jelementov zhelezobetonyh konstrukcij [Design of elements of reinforced concrete structures]. Uchebnoe posobie dlja



studentov napravlenija podgotovki 08.03.01 Stroitel'stvo, profil' Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo: Jelektronnye tekstovye dannye. Saratov, 2017. 88 p.

7. Drokin S.V. Vlijanie defektov na prochnost' i deformativnost' jelementov perekrytij karkasnyh konstruktivnyh sistem [The effect of defects on the strength and deformability of the elements of the ceilings of frame structural systems] avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. Belgorod, 2012. 23 p.

8. Kozelkov M.M., Lugovoj A.V., Kolosov D.D. Vestnik NIC Stroitel'stvo. 2020. № 1 (24). pp. 62-69.

9. Dolomanjuk R.Ju. V sbornike: Stroitel'stvo i vosstanovlenie iskusstvennyh sooruzhenij. Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii V 2 chastjah. Pod obshh. red. A.A. Poddubnogo. Tom Chast' I. Gomel': belgut, 2020. pp. 69-72.

10. Polskoy P., Mailyan D., Georgiev S., Muradyan V. E3S Web of Conferences, Samara, 04–08 sentjabrja 2017 goda. Vol. 33. Samara: EDP Sciences, 2018. P. 02060.

11. Pol'skoj P.P., Mailjan D.R., Georgiev S.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2015, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3374

12. Georgiev S.V., Solov'eva A. I., Meretukov Z.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485

13. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P. Georgiev S.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2013, № 2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1673

14. Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826

15. Majackaja I.A., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V., Fedchenko A.E. Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. 2018. № 12 (64). pp. 33-38.



16. Merkulov, S. I., Esipov S.M. BST: Bjul'ten' stroitel'noj tehniki. 2018. № 2(1002). pp. 56-57.

17. Makarov G. N., Kondrik A. S., Shalygin M. G. Analysis of strengthening conical reinforced concrete posts by external reinforcement with polymer composite materials. AIP Conference Proceedings: Proceedings international conference "Problems of applied mechanics", Bryansk, 01–03 dekabnja 2020 goda. Vol. 2340. Bryansk: Published by AIP Publishing, 2021. P. 020007.

18. Umarov, M. M. Internauka. 2022. № 16-1(239). pp. 23-26.

19. Jusufov A. S., Magomedaliev G. G., Dagirow A. R., Hijasov M. A. E-Scio. 2019. № 7(34). pp. 100-107.

20. Averchenko, G. A., Ogurcov G. L. Fundamental'naja i prikladnaja nauka: sostojanie i tendencii razvitija: sbornik statej II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Petrozavodsk, 24 nojabnja 2019 goda. Petrozavodsk: Mezhdunarodnyj centr nauchnogo partnerstva «Novaja Nauka», 2019. pp. 229-231.