

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕРОДНОЙ ЛЕНТЫ

Волик А. Р.

В статье рассматриваются достоинства и недостатки усиления железобетонных конструкций с помощью углеродной ленты, представлены результаты экспериментальных исследований железобетонных балок, усиленных лентой.

В настоящее время весьма актуальной является тема повышения долговечности зданий и сооружений, проведения ремонтных работ, зачастую связанных с восстановлением первоначальной несущей способности конструкций или их усилением. Увеличение стоимости данных работ приводят к необходимости применения новых видов современных материалов [1].

Анализ усиления железобетонных конструкций показал то, что изменение геометрических размеров поперечного сечения и устройство внешних конструкций исчерпало себя. Дальнейшее их развитие принесёт незначительную экономию материалов, в то время как существует потребность в гораздо большей экономии. В связи с этим разработано большое количество способов усиления железобетонных конструкций: устройство внешних конструкций (стяжек, поясов и т.д.), которое приводит к изменению архитектурного вида сооружения; использование композитных материалов и др.

Направление в сторону усовершенствования железобетонных конструкций с использованием композитных материалов является наиболее приоритетным, так как оно поможет достичь большей экономии материала, однако существует необходимость в обеспечении эффективного использования свойств каждого материала и их совместную работу.

К преимуществам использования композитных материалов относят [2, 3, 6]: малый удельный вес композитных материалов по отношению к железобетону, что упрощает монтаж, увеличение долговечности и защита обклеенной грани от коррозии; совместная работа композитного материала (внешнего армирования) и усиливаемой конструкции, что обеспечивается надёжным клеевым соединением; хорошие физико-механические свойства (модуль упругости, прочность на растяжение, предельное удлинение); элементы усиления на основе композитных материалов не подвержены коррозии и воздействию агрессивных сред, кроме того они не проводят электрический ток; возможность производства работ в крайне стеснённых и даже замкнутых условиях; работы по усилению возможно выполнить в кратчайшие сроки.

Несмотря на значительное количество достоинств, к сожалению, такие конструкции имеют и ряд недостатков: максимальная эксплуатационная температура системы высокопрочного усиления составляет от 60 ° до 150 °С, что требует теплозащиты и огнезащиты таких конструкций; определенные требования к подготовке поверхности усиливаемой железобетонной конструкции; требуются высококвалифицированные работники.

Система усиления с использованием композитных материалов (ткани и ленты) предназначена на восприятие растягивающих усилий с учётом совместимости деформаций внешней арматуры и бетона конструкций. Усилия в сжатой зоне бетона в предельном состоянии изгибаемого элемента воспринимаются бетоном и сжатой стержневой арматурой, а в растянутой – стержневой арматурой и внешней композитной арматурой [4].

Система внешнего армирования углеродными лентами может применяться для ремонта и восстановления железобетонных конструкций, последствий разрушения бетона и коррозии арматуры железобетонных конструкций, подвергшимся действию агрессивной среды. Технология применения внешнего армирования углеродными лентами снижает трудозатраты, позволяет проводить работы в срок от 1 до 3 недель, в зависимости от объёмов. Кроме того, позволяет увеличить несущую способность балок, перекрытий, фундаментов и других конструктивных элементов в 2 – 4 раза [6].

Основными свойствами углеродного волокна, позволяющими говорить о его уникальности, являются высокая прочность 1700...4800 МПа при модуле упругости $E = 70000...640000$ МПа и стойкость ко всем агрессивным средам.

В результате экспериментальных исследований [1, 6] было установлено, что балки, армированные углеродным холстом, работают более упруго и имеют повышенную жёсткость по сравнению с железобетонными балками и несущую способность. Прочность таких балок зависит от способа укладки армирующего холста и, соответственно, от его сцепления с бетоном.

В настоящее время осуществляется производство различного вида композитных материалов, однако нормативная база по использованию композитных материалов отсутствует. Поэтому данная работа актуальна и позволяет эффективно использовать композитное армирование в бетонных и железобетонных конструкциях.

Для определения эффективности усиления изгибаемых элементов композитной тканью (углеродной лентой) были проведены экспериментальные исследования балок размерами $60 \times 120 \times 1000$ мм, усиленные композитной тканью (углеродной лентой Fib Arm Tap 530/300). Балки были изготовлены на заводе КПД ОАО «Гродножилстрой» из бетона класса С25/30.

За образец эталон (Б1) выбрана железобетонная балка, армированная сварным каркасом, изготовленным при помощи точечной сварки из арматуры класса S500. Второй образец – железобетонная балка (Б2), усиленная одним слоем углеродной ленты Fib Arm Tap. Внутреннее армирование балки такое же, как и у балки Б1: в растянутой зоне армирована металлической арматурой $\varnothing 8$ класса S500. Поперечная арматура $\varnothing 4$ класса S500 установлена с шагом 50 мм, арматура сжатой зоны – $\varnothing 8$ класса S500 (рис. 1).

Испытания опытных балок производили по балочной схеме с приложением сосредоточенных усилий в третях пролета.

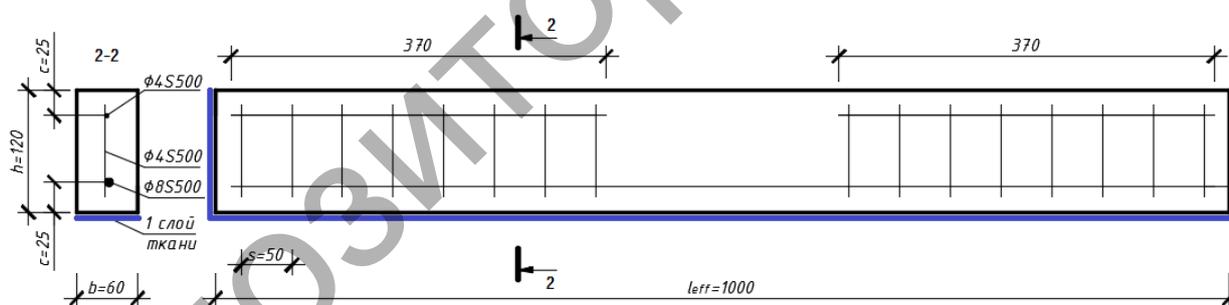


Рисунок 1 – Схема армирования усиленной балки

Анализ результатов несущей способности экспериментальных балок показал (рис. 2), что:

- разрушение эталонной железобетонной балки (Б1) произошло по нормальному сечению в зоне чистого изгиба в результате пластических деформаций в растянутой зоне арматуры, приводящих к раздроблению бетона сжатой зоны. Величина разрушающего момента составила 1,35 кНм.
- разрушение усиленной балки (Б2) произошло по нормальному сечению в зоне чистого изгиба без разрыва ткани с величиной разрушающего момента 3,75 кНм.
- что усиление железобетонных балок путем наклейки углеродной ленты на растянутую грань увеличивает несущую способность в 3,47 раза.



Рисунок 2 – Характер разрушения экспериментальных балок

Трещины в балке Б1 появились раньше, чем трещины в усиленной балке Б2. Момент трещинообразования в железобетонной балке Б1 составил 0,3 кН·м, что составляет 28% от разрушающего момента, в усиленной балке Б2 – 0,89кН·м, что соответствует 24% M_{rd} .

С увеличением нагрузки происходило образование новых трещин и дальнейшее развитие по высоте и по ширине образовавшихся ранее при разрушении (рис. 3). В усиленной железобетонной балке Б2 трещины развиваются более интенсивно по высоте сечения, количество трещин в усиленной балке больше в 2 раза, чем у железобетонной балки без усиления.

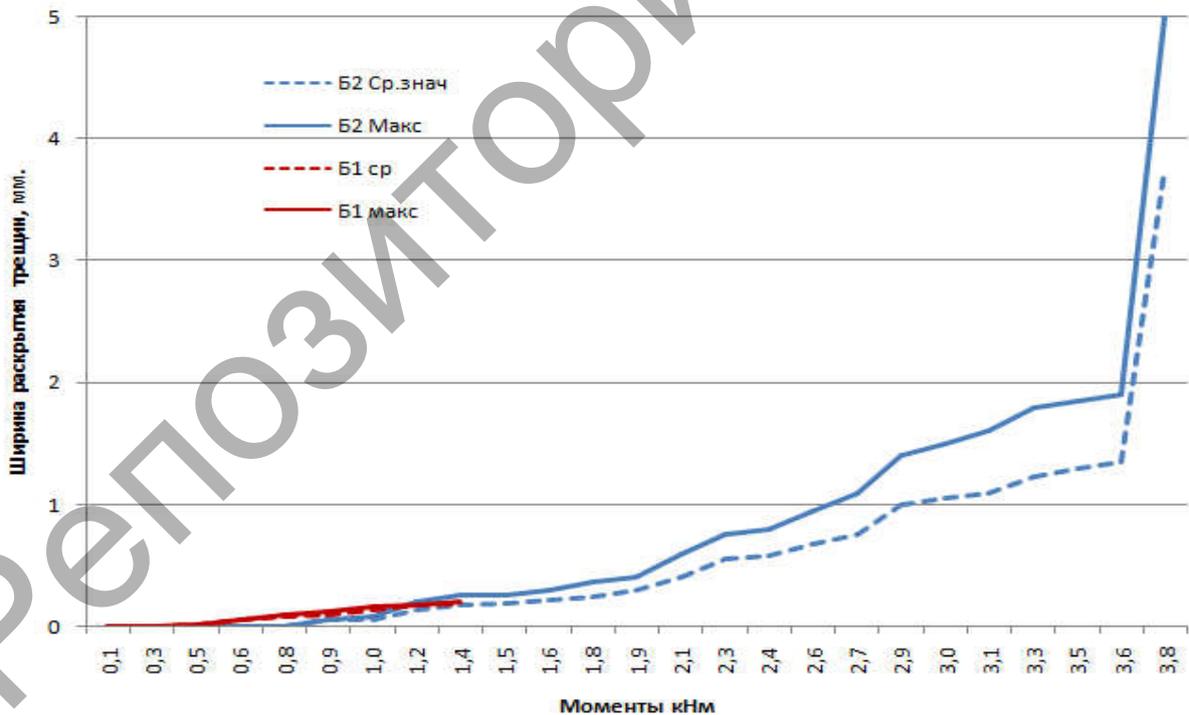


Рисунок 3 – График зависимости ширины раскрытия трещин от изгибающего момента

Анализ экспериментальных данных прогибов показал, что наибольшей жесткостью обладают усиленные балки Б2 (рис. 4). На первых этапах нагружения (до 0,5 кНм) прогиб железобетонной балки Б1 в два раза меньше прогиба балок Б2. При дальнейшем увеличении нагрузки прогибы усиленной балки Б2 меньше до 2 раз, чем у железобетонной балки.

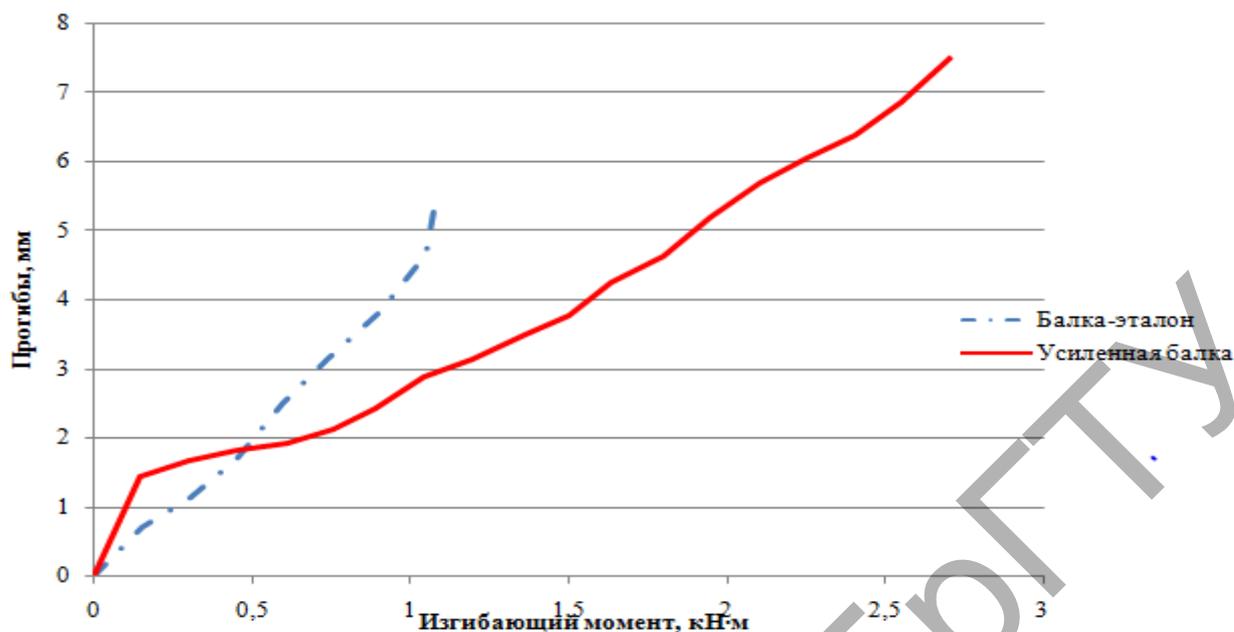


Рисунок 4 – Развитие прогибов экспериментальных балок в зависимости от величины изгибающего момента

Проведённые экспериментальные исследования показали возможность использования углеродной ленты FibArmTap в качестве внешнего армирования в изгибаемых железобетонных балках. Внешнее армирование углеродной ленты не только способствует увеличению несущей способности балок, но влияет на трещинообразование и жесткость балок.

Список источников

1. Курлапов Д.В, Родионов А.В. Усиление железобетонных конструкций с применением полимерных композитов. // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 3. – С. 2-9.
2. Нестеренко Ю.А., Юрьев А.В. Современные методы усиления железобетонных конструкций. // Молодёжный научный форум: технические и математические науки. – С. 1 – 2.
3. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М.:ООО "Интераква", Москва, 2006. – 50 с.
4. Савчинский Б.В. Усиление автодорожных железобетонных мостов композиционными материалами. // Научное ведомство. – 2010. – С. 3-7.
5. Михуб Ахмат, Польской П.П., Маилян Д.Ф., Блягоз А.М. Сопоставление опытной и теоретической прочности железобетонных балок, усиленных композитными материалами, с использованием разных методов расчёта. // Новые технологии - 2012. - С. 2 – 6.
6. Вагнер Е.С. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами. // Достижения вузовской науки - 2010. – С. 2 – 4.
7. Ключев С.В., Гурьянов Ю.В. Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеволокном. // Magazine of Civil Engineering – 2013. – №1. – С. 1 – 3.