

УДК 624.012.45

**УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИКЛЕИВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СБОРНЫХ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

К.А. Костюрина, Е.Д. Лазовский

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: k.kostyurina@psu.by

В данной работе рассмотрены варианты усиления растянутой зоны изгибаемых железобетонных элементов. Наиболее детально рассмотрены варианты усиления приклеиванием стальных пластин, усиление с применением углепластиковой арматуры и приклеивание дополнительных сборных железобетонных элементов в растянутой зоне изгибаемых железобетонных элементов. Представлены основные достоинства и недостатки данных методов.

Ключевые слова: *изгибаемый железобетонный элемент, усиление, сборная предварительно напряженная железобетонная плита.*

**STRENGTHENING OF BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS
BY ADHESIVING ADDITIONAL
PREFABRICATED PRESTRESSED ELEMENTS**

K. Kastsyuryna, Y. Lazouski

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: k.kostyurina@psu.by

In this paper, we consider options for strengthening the stretched zone of flexible concrete elements. The options for reinforcing by gluing steel plates, reinforcing with the use of carbon fiber reinforcement and gluing additional precast reinforced concrete elements in the stretched zone of flexible reinforced concrete elements are considered in more detail. The main advantages and disadvantages of these methods are presented.

Keywords: *bending reinforced concrete element, strengthening, prefabricated prestressed reinforced concrete plate.*

Введение. В настоящее время все больше зданий и сооружений нуждаются в капитальном ремонте, модернизации или реконструкции. И основной проблемой, возникающей при проведении работ при реконструкции или капитальном ремонте, является необходимость усиления существующих конструкций, в связи с их преждевременным разрушением. Производство работ при капитальном ремонте, как правило, ведется в эксплуатируемом здании, что значительно ограничивает выбор методов усиления конструкций из-за стесненных условий. Наиболее часто в усилении нуждаются изгибаемые железобетонные элементы, такие как балки или плиты покрытия и перекрытия.

Замена таких конструкций в эксплуатируемом здании практически не возможна и в большинстве случаев не целесообразна, разумеется, если того не требует техническое состояние конструкции. Выбор между заменой и усилением конструкции зависит от конкретных факторов для каждого отдельного случая. Так же усиление конструкций актуально при модернизации зданий и сооружений, так как предполагает повышение несущей способности уже существующих элементов, что экономически выгодно. При выборе метода усиления основные критерии, которым уделяется внимание, – это технологичность, простота и экономичность.

Основная часть. Разрушение изгибаемых железобетонных элементов может произойти по трем направлениям: по растянутой зоне, по сжатой зоне или в зоне среза. Цель данной работы заключается в изучении методов усиления растянутой зоны изгибаемых железобетонных элементов.

Усиление изгибаемых железобетонных элементов в растянутой зоне достигается за счет увеличения поперечного сечения рабочей арматуры в существующей конструкции. Условно можно разделить существующие методы усиления растянутой зоны изгибаемых железобетонных элементов на две группы, по способу обеспечения совместной работы существующей конструкции с элементами усиления:

-установка дополнительной арматуры с приваркой к рабочей арматуре существующей конструкции и ее последующим обетонированием;

-приклеивание дополнительных элементов на поверхности существующей конструкции в растянутой зоне.

Применение все новых материалов в строительстве и стремление к более простому и быстрому выполнению работ оттеснило первую группу методов усиления на второй план. Основными недостатками данных методов усиления являются необходимость отбивки защитного слоя существующей конструкции в местах устройства дополнительных арматурных стержней и высокая трудоемкость проводимых работ.

К методам усиления второй группы можно отнести приклеивание стальных пластин к поверхности усиливаемых конструкций [1, 2], применение углепластиковой арматуры [3, 4, 5, 6], а также приклеивание дополнительных сборных железобетонных элементов [7, 8].

Метод усиления изгибаемых железобетонных элементов в растянутой зоне приклеиванием стальных пластин привлекателен благодаря нескольким основным преимуществам: простоте производства работ по усилению и минимальному изменению общего размера конструкции после усиления. Сохранение полезного пространства зданий и сооружений является не маловажным преимуществом при выборе метода усиления. Однако, основным недостатком такого метода является опасность коррозии на границе контактного шва, которая отрицательно влияет на прочность сцепления [1]. Недостаточное сцепление в контактном шве может привести к полному нарушению связи между частями конструкции.

Изучению усиления железобетонных конструкций углепластиковой арматурой на сегодняшний день посвящено множество работ [3, 4, 5, 6, 9]. Данный вид усиления, как и описанный ранее, позволяет сохранить полезную площадь помещений, за счет

незначительного увеличения размеров усиливаемой конструкции и также не требует высоких трудозатрат при производстве работ по усилению. В работах Ф. Церони [6] представлены результаты испытаний железобетонных балок, усиленных как стержнями из углепластика, так и пластинами на основе углеродистых волокон. Также проводились экспериментальные исследования сборных железобетонных плит перекрытий, усиленных углеволокнистыми пластинами [9]. Важной проблемой при применении в качестве усиления углепластиковой арматуры является долговечность, которая напрямую связана с работой клеящего состава [3]. Выбор клеящего состава должен основываться на обеспечении соответствующего сцепления, при этом сохраняя свои качества на протяжении длительного времени и гарантируя надежную совместную работу конструкции с элементами усиления. Так же основываясь на данных, приведенных выше источников, можно отметить следующие недостатки, характерные для материалов на основе углеволокна:

- высокая стоимость;
- эксплуатационная температура работы не должна превышать примерно 60-150°С, что говорит о низком пределе огнестойкости;
- разрушение носит хрупкий характер.

Усиление железобетонных элементов приклеиванием сборных железобетонных элементов позволяет решить проблему коррозии арматуры, так как она в данном случае скрыта в теле бетона. В своей работе А. Дени и М. Текин [8] применяли в качестве усиливающих конструкций сборные железобетонные элементы прямоугольного и U-образного поперечного сечения. Толщина элементов усиления принималась 80 и 120 мм, что значительно увеличивает размеры усиливаемой конструкции. В своей работе А. Дени привел результаты экспериментальных исследований, а также теоретические расчеты несущей способности усиленных элементов. Поскольку в уравнениях при расчете не учитывались анкерные стержни и эпоксидный клей, экспериментальные и теоретические результаты для усиленных балок несовместимы [8]. Работа усиленной конструкции при данном методе усиления наиболее предсказуема, так как усиливаемый элемент и элемент усиления выполнены из одного материала.

С целью уменьшения поперечного сечения элементов усиления, без потери прочности, следует рассмотреть вариант усиления железобетонных конструкций приклеиванием дополнительных сборных преднапряженных элементов. Анализ имеющихся статей и публикаций по данной тематике показал, что результатов по исследованию методов усиления с использованием сборных преднапряженных железобетонных элементов недостаточно. Поэтому основной задачей в этом направлении является разработка практических рекомендаций по расчету и использованию данного метода усиления.

Для разработки рациональных рекомендаций по расчету изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в растянутой зоне приклеиванием дополнительных сборных предварительно напряженных элементов, необходимо изучить характер разрушения усиленных элементов.

Для получения данных о характере работы железобетонных элементов, усиленных в растянутой зоне приклеиванием дополнительных сборных преднапряженных элементов, были запроектированы:

– опытные образцы изгибаемых железобетонных элементов в виде балок прямоугольного поперечного сечения 150мм(б)х250мм(н), длиной 3м. (Рисунок 1)

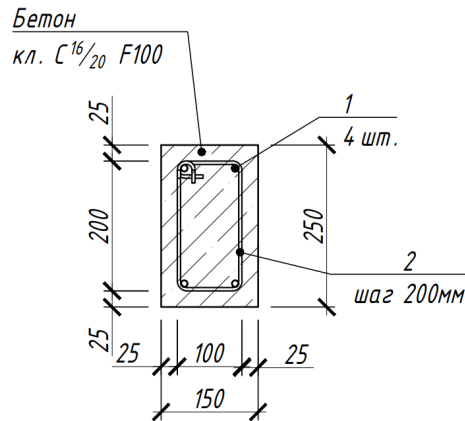


Рисунок 1. – Запроектированный опытный образец балка Б-0

– усиливающие пластины в виде преднапряженных сборных железобетонных элементов прямоугольного поперечного сечения 150мм(б)х40мм(н). (Рисунок 2)

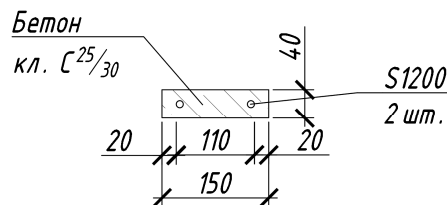


Рисунок 2. – Запроектированная плита усиления П-0

Испытание опытных образцов планируется проводить в 3 серии, по 3-4 образца в каждой серии.

Первый образец в каждой серии планируется принимать за эталонный, проводить испытания без усиления. На основании данных, полученных при испытании первого образца, в дальнейшем будет определена степень нагружения опытных образцов перед усилением.

В качестве варьируемых параметров при проведении эксперимента были выбраны:

– степень нагружения опытных образцов при усилении (от начального уровня нагрузки, определяемого их собственным весом и весом испытательного оборудования, до предаварийного состояния конструкции);

– способ обеспечения совместной работы балок с элементами усиления (приклеивание, приклеивание с устройством анкерных стержней).

Крепление плит усиления к железобетонным балкам будет осуществляться при помощи эпоксидного клея. Для серии образцов с анкерными стержнями, перед креплением плиты усиления на поверхности балки, в растянутой зоне будут выполнены отверстия под анкерные стержни глубиной 150мм.

Заключение. Существует множество методов усиления изгибаемых железобетонных конструкций в растянутой зоне. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. В данной работе предложен перспективный метод усиления приклеиванием дополнительных сборных предварительно напряженных железобетонных элементов. Данный метод усиления не требует высоких трудозатрат при производстве работ непосредственно на строительной площадке, так как все элементы заранее изготовлены. Так же такой тип усиления не портит эстетический вид конструкции и позволяет сохранить полезную площадь помещений.

Усиление изгибаемых железобетонных элементов приклеиванием в растянутой зоне дополнительных сборных преднапряженных элементов еще не освоено для массового применения и требует детального изучения. Однако для разработки рациональных рекомендаций по расчету и практическому использованию необходимо изучить характер разрушения усиленных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sevuk, F. Retrofit of damaged reinforced concrete beams by using steel plate / Sevuk F., Arslan G. //Structures congress, ASCE, New York, USA. – 2005.
2. Arslan, G. Steel plate contribution to loadcarrying capacity of retrofitted RC beams / Arslan G., Sevuk F., Ekiz I.// Const. Build. Mater., 22: 143-153. – 2008.
3. Параничева, Н.В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов / Н.В. Параничева, Т.В. Назмеева // Инженерно-строительный журнал, №2. – 2010.
4. El-Mihilmy M.T. and Tedesco W.J. Analysis of reinforced concrete beams strengthened with FRP laminates/ El-Mihilmy M.T. and Tedesco W.J.// J. Struct. Eng. ASCE., 126(6): 684-691. – 2000.
5. Е.Н. Бадалова. Прочность по нормальному сечению железобетонных многопустотных плит перекрытий, усиленных арматурой из углеродных волокон/ Е.Н.Бадалова // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия Ф. – 2011.
6. Ceroni F. Experimental performances of RC beams strengthened with FRP materials / Ceroni F.// Const. Build. Mater., 24: 1547-1559. – 2010.
7. Buyukkaragoz, A. Finite element analysis of the beam strengthened with prefabricated reinforced concrete plate/ A. Buyukkaragoz // Scientific Research and Essays Vol. 5(6). – 2010. – pp. 533-544.
8. Demir, A. Tekin, M. Strengthening of reinforced concrete (RC) beams with prefabricated reinforced concrete (RC) plates/ A. Demir, M. Tekin// Scientific Research and Essays Vol. 6(21), pp. 4577-4586. – 2011.
9. Жукьян, А.П. Усиление сборных железобетонных панелей перекрытий арматурой на основе углеродного волокна/ А.П. Жукьян, Е.Н. Бадалова, Е.Д. Лазовский, Н.С. Сивушенко // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия Ф. – 2008.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>