

Экспериментальные исследования свойств композитной арматуры после механических изгибов

Даниленко И.В., Хотько Е.А., Шпилевский Н.Я.

Научный руководитель – к.т.н. Хотько А.А.

Белорусский национальный технический университет

Одной из главных задач обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений является разработка рекомендаций и технических решений по восстановлению и усилению строительных конструкций, подверженных деформациям и разрушениям, в частности усиление сборных железобетонных многопустотных плит перекрытия. Основные требования, предъявляемые к разрабатываемым техническим решениям усиления железобетонных конструкций — это требования надежного восстановления или увеличения их несущей способности, безопасной эксплуатации, минимизации стоимости, трудоемкости и продолжительности работ по усилению конструкций, использования наиболее доступных материалов, возможности продолжения эксплуатации здания в период производства работ и т.д.

Обычно усиление сборных железобетонных пустотных плит выполняют, устанавливая в растянутую зону конструкции дополнительную арматуру, причем как в виде отдельных стержней, так и в составе арматурных каркасов.

Например, в верхней части плиты в местах размещения пустот устраивают прорезы, через которые в конструкцию заводится арматура, которая фиксируется в растянутой зоне элемента. Далее, для того чтобы обеспечить совместную работу усиливаемой плиты и дополнительной арматуры, пустоты бетонируются. [1, 2]. Схема такого усиления представлена на рисунке 1. [2].

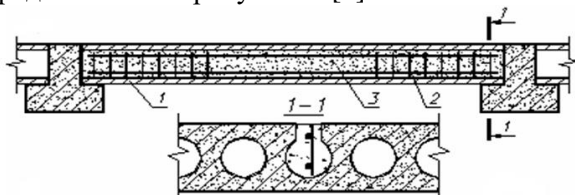


Рисунок 1 - Вариант усиления многопустотной плиты перекрытия установкой дополнительной арматуры: 1 – плита; 2 – сварной каркас; 3 - бетон

В последнее время разрабатываются методы усиления железобетонных конструкций с применением новых, композитных материалов, в частности, с использованием стеклопластиковой арматуры. При усилении плиты, таким образом, ее напряженно-деформированное состояние рассматривается как работа железобетонного элемента с комбинированным армированием. Под руководством профессоров Т.М. Пецольда, В.В.Тура, а также ученых Российской Федерации и других стран проводились исследования по изучению напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов с комбинированным армированием, что отражено в их работах [1, 4, 5, 6, 7].

Так как модуль упругости композитной арматуры значительно ниже, чем модуль упругости стальной арматуры (40000 и 200000 МПа соответственно), применение композитной арматуры при армировании железобетонных конструкций имеет свои особенности, например, раннее образование трещин в растянутой зоне и больший прогиб по сравнению с элементами, армированными стальной арматурой. Применение комбинированного армирования в железобетонных элементах дает возможность использовать свойства композитной арматуры при совместной работе со стальной арматурой, даже при отсутствии предварительного напряжения композитной арматуры. При таком армировании, при достижении определенного уровня напряжений в стальной арматуре, композитная арматура включается в работу [1, 5, 6].

Более эффективно при усилении плит применять композитную предварительно напряженную арматуру. Однако в настоящее время при изготовлении изгибаемых конструкций из железобетона предварительное напряжение композитной арматуры возможно только с использованием самонапрягающего бетона [7].

Предварительное напряжение композитной арматуры дает возможность повысить эффективность предлагаемого метода усиления, в частности, увеличит трещиностойкость и уменьшит прогиб усиливаемой плиты. Использование метода усиления многопустотных плит добавлением арматуры в растянутую зону в пустотах дает возможность создавать предварительное напряжение таких стержней изменением их трассировки. Методика включения в работу дополнительной арматуры представлена в работах профессора Д.Н. Лазовского [2], и заключается она в следующем (рис. 2): концы арматурных

стержней бетонируются, что приводит к их фиксации. Далее с помощью струбцин или натяжных болтов стержни притягиваются к нижней грани пустот плиты и при этом создается предварительное напряжение. После этого выполняют последующее обетонирование пустоты с натянутой арматурой [1].

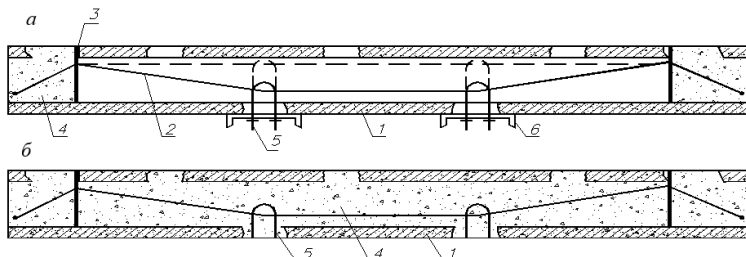


Рисунок 2 - Вариант создания предварительного напряжения дополнительной арматуры при усилении сборных многопустотных плит: а – плита в момент предварительного напряжения арматуры; б – усиленная плита, 1 – усиливаемая плита, 2 – дополнительная арматура, 3 – временная ограничительная пластина, 4 – бетон, 5 – натяжной болт, 6 – опалубка

При изгибе композитного стержня уменьшается его сопротивление растяжению, т.к. такие стержни являются упруго-деформируемыми. Таким образом при создании натяжения арматуры напряжения в ней должны быть снижены, что дает возможность учитывать появление дополнительных напряжений в изогнутой части стержня, которые зависят от диаметра и модуля упругости композитной арматуры и ее радиуса кривизны в точке перегиба.

Эффективное использование композитной арматуры при усилении растянутой зоны многопустотных железобетонных плит требует выполнения дополнительных исследований ее свойств после механических перегибов при создании предварительного напряжения по методу, приведенному на рис. 2.

С целью определения влияния механических перегибов (возникающих при создании предварительного напряжения) на механические свойства композитной арматуры, нами выполнены экспериментальные исследования, включающие:

1) Испытание стеклопластиковой арматуры на механические перегибы в условиях, аналогичных условиям при выполнении усиления

многопустотных плит введением в растянутую зону пустот арматурных стержней и их предварительного напряжения, изменением их трассировки, с визуальным изучением изменений целостности материала стержней в месте перегиба;

2) Определение механических свойств стержней стеклопластиковой арматуры в зонах перегибов и сравнение этих свойств с механическими свойствами исходных арматурных стержней (до перегибов).

Для экспериментальных исследований использовали стеклопластиковую арматуру диаметром 6мм. Стержни закрепляли на упорах с обетонированием концов, с расстоянием между точками закрепления 2000 мм, как это показано на рис. 3. Выбор расстояния между точками закрепления обоснован минимально возможным участком усиления многопустотных плит в зоне максимального изгибающего момента, так как при минимальном расстоянии между точками закрепления элемента усиления (композитной арматуры), угол механического перегиба будет наибольший и влияние механического перегиба на свойства стержней будут наиболее значительными. Величину вертикального перемещения центральной части стержня, создаваемого для его предварительного напряжения, принимали, исходя из допустимых габаритов пустот, равным $\approx 120 \dots 130$ мм (рис.4). В процессе натяжения контролировали величину относительного удлинения арматуры и усилие ее натяжения.

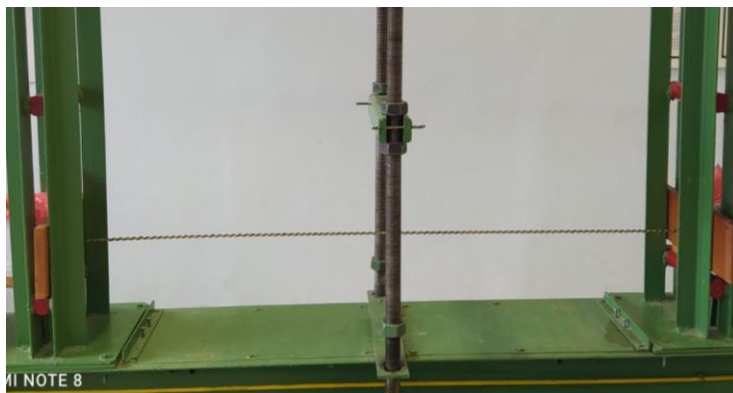


Рисунок 3 – Внешний вид установки для испытания стеклопластиковой арматуры на перегибы



Рисунок 4 – Внешний вид арматуры после ее предварительного напряжения путем изменения ее трассировки

Установлено, что вертикальное перемещение центральной части стержня на принятую в экспериментах величину привели к ее натяжению, соответствующему напряжениям, равным 600...700 МПа. После снятия нагрузки выполняли внешний визуальный осмотр арматурного стержня. Результаты осмотра показали отсутствие каких-либо видимых повреждений матрицы или волокон стеклопластиковой арматуры. Стержень после снятия нагрузки вернулся в исходное прямолинейное положение. Из центральной части стержня (в месте приложения нагрузки для вертикального перемещения) вырезали участок длиной $l = 400$ мм для испытания на растяжение с определением механических свойств стеклопластиковой арматуры. Такие же испытания проводили с арматурными стержнями, не подвергавшимся воздействиям на механические перегибы (рис. 5). Процесс испытания арматуры на растяжение показан на рисунке 6.

Результаты испытаний показали, что как в случае с арматурными стержнями после механических перегибов, так и в случае с исходными арматурными стержнями, не подвергавшимся механическим перегибам, значения временного сопротивления арматуры растяжению составляли $f_t \approx 1100$ МПа, среднее значение модуля упругости $E \approx 40000$ МПа, предельное относительное удлинение арматуры $\varepsilon \approx 2,6\%$.

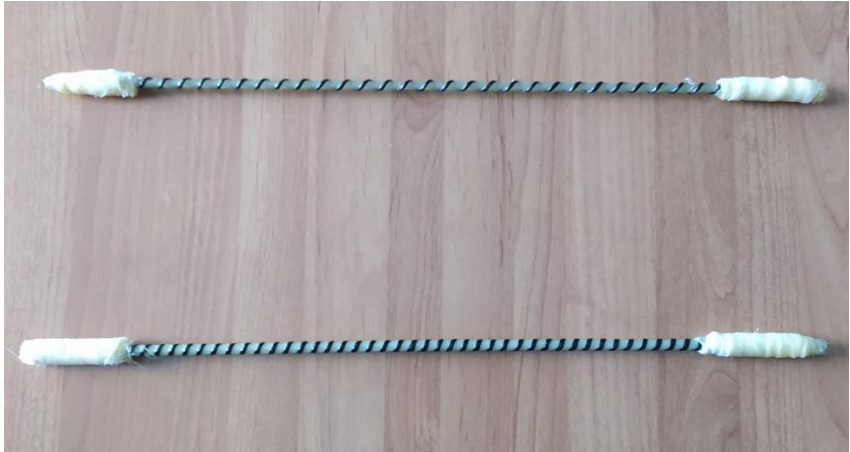


Рисунок 5 – Внешний вид арматурных стержней для испытаний на растяжение



Рисунок 6 – Испытания по определению механических свойств стеклопластиковой арматуры

Вывод: Результаты экспериментальных исследований показали, что механические перегибы, возникающие при выполнении усиления многопустотных плит введением в растянутую зону пустот арматурных стержней с их последующим преднапряжением при изменении их трассировки, не влияют на механические свойства стеклопластиковой арматуры.

Список использованных источников

1. Усиление растянутой зоны многопустотных железобетонных плит установкой дополнительной композитной арматуры / Е.А. Хотько, А.А. Хотько // Современные методы расчётов и обследований железобетонных и каменных конструкций / Материалы 78-й студенческой научно-технической конференции / г.Минск, 2022 – С.46-50
2. Проектирование реконструкции зданий и сооружений : учеб.-метод. комплекс. В 3 ч. Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций / Д. Н. Лазовский. – Новополюцк : ПГУ, 2010. – 340с
3. СП 63.13330-2012 «Конструкции из бетона с композитной неметаллической арматурой. Правила проектирования». – Москва, 2013.
4. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н. П. Фролов. – Москва: Стройиздат, 1980. – 107с.
5. Тур, В. В. Экспериментальные исследования изгибаемых бетонных элементов с комбинированным армированием стальными и стеклопластиковыми стержнями / В. В.Тур, В. В. Малыха // Вестн. Полоц. гос. ун. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2013. – № 8. – С.58–65.
6. Почебыт, А. А. Железобетонные балки с комбинированным армированием / А. А. Почебыт // Наука - 2017 : сборник научных статей. В 2 ч. Ч. 1/ Учреждение образования «Гродненский гос. ун-т им. Я.Купалы». – Гродно : ГрГУ им. Я. Купалы, 2017. – С.328 –330.
7. Тур, В.В. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкции при применении напрягающего бетона / В.В. Тур. – Брест: Изд-во БрГТУ, 1998. – 244с.