

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 691.327:53

**УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
УГЛЕРОДНЫМИ ВОЛОКНИСТЫМИ ЛЕНТАМИ**

ПОЛЕЙКО Н.Л., ЛЕОНОВИЧ С.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В условиях непрерывно растущего объема капитального строительства, огромного фонда жилых, промышленных и общественных зданий и сооружений, увеличенного объема реконструкции вопросы возникновения дефектов в конструкциях и методы их устранения являются весьма актуальными. Неудачи при инженерно-геологических изысканиях, проектировании, при возведении зданий и сооружений, а также нарушения правил эксплуатации приводят к ряду дефектов, снижающих эксплуатационные качества зданий.

Значительная часть дефектов вызывается нарушением технологии производства бетонных работ, устройства оснований и фундаментов, монтаж сборных элементов. Из-за некачественного выполнения работ по благоустройству территории подмачиваются основания, вызывая просадку фундамента, что влечет за собой нарушения в наземных конструкциях зданий. Справедливые нарекания вызывает монолитное бетонирование в зимнее время – низкое качество бетона, нарушение технологии бетонирования, длительные перерывы в бетонировании, отсутствие контроля за тепловой обработкой приводят к значительному недобору прочности бетона. Де-

фекты в кровлях приводят к загниванию древесины, отсыреванию перекрытий, вызывают разрушение штукатурных поверхностей, коррозию арматуры и бетона. Многие дефекты случаются вследствие неподготовленности технического персонала, отсутствие надлежащего контроля за качеством строительно-монтажных работ, а также в результате нарушения правил эксплуатации зданий и сооружений.

Новым, перспективным направлением в решении вопросов усиления железобетонных, каменных и деревянных конструкций и сооружений, являются использование технологии приклеивания материалов из углеродных волокон.

Система приклеиваемых элементов материалов из углеродных волокон предназначена для увеличения несущей способности железобетонных, стальных, каменных и деревянных конструкций. Основными элементами системы являются углеволоконистые ленты, специальный клей для крепления лент к поверхности конструкций и ремонтные растворы для устранения дефектов в конструкциях.

Углеродные ленты представляют собой полосы различной ширины толщиной 1,2-1,4 мм, полученные склеиванием углеродных волокон эпоксидной смолой.

На кафедре «Технология строительного производства» Белорусского национального технического университета проведено исследование физико-механических характеристик лент из углеродных волокон. Ленты имеют следующие физико-механические показатели (в продольном направлении вдоль волокон):

- прочность на растяжение от 1300 до 2800 МПа;
- модуль упругости при растяжении – от 165000 до 300000 МПа;
- модуль упругости при изгибе – от 150000 до 250000 МПа;
- относительное удлинение при разрыве – от 0,5 до 1,7 %;
- объемное содержание волокон составляет более 68 %.

Прочность сцепления (адгезия) клея к бетонному основанию выше, чем прочность бетона на отрыв.

Система усиления строительных конструкций углеродными лентами имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами усиления:

- высокая прочность на растяжение;
- высокий модуль упругости при растяжении и малая деформация (относительное удлинение при разрыве);

- высокая устойчивость к динамическим нагрузкам;
- малый собственный вес;
- стойкость к коррозии;
- простой способ крепления, не требующий сложного оборудования;
- простота в усилении криволинейных конструкций;
- возможность нагружения конструкции через несколько часов после ее усиления;
- система усиления строительных конструкций углеродными лентами не видоизменяет внешний вид конструкций и не требует значительных затрат для проведения отделочных и декоративных работ.

Для определения влияния углеродных лент на прочность и жесткость были проведены серии испытаний бетонных образцов. Бетонные образцы-призмы размером 100x100x400 мм изготавливались из тяжелого бетона класса В25. Серия образцов состояла из трех контрольных и шести основных образцов с наклеенной лентой. Размер ленты – длина 300 мм, ширина 20 мм и толщина 1,2 мм. На три образца наклеивались одна полоса ленты на три других образца две полосы ленты. Отношение площади сечения ленты к площади сечения образца (коэффициент армирования – μ) составляет 0,24 % и 0,48 % соответственно.

Испытание на растяжение при изгибе проводили согласно ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» на испытательной машине ИР 5057 с записью диаграммы «нагрузка-деформация». Графики результатов испытаний приведены на рис. 1. По диаграмме «нагрузка-деформация» определены модули упругости образцов при растяжении при изгибе. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний бетонных образцов

Вид образца	Разрушающая нагрузка, кН	$R_{\text{нб}}$, МПа	Максимальный прогиб, мм	Модуль упругости при изгибе, МПа
контрольный	12,0	3,6	4,0	205
основной с одной лентой	19,7	5,9	5,0	315
основной с двумя лентами	21,0	6,3	5,0	335

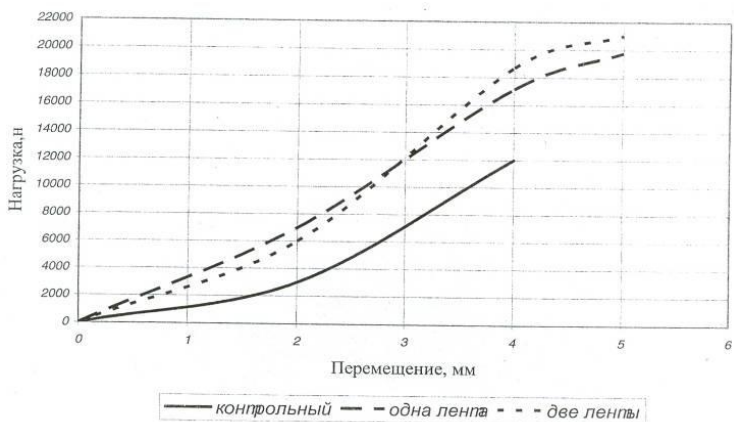


Рисунок 1. Диаграмма разрушения бетонных образцов в координатах «нагрузка-деформация»

Характер разрушения бетонных образцов, усиленных углеволокнистой лентой – по косым трещинам, в опорной части вне зоны усиления. Внешний вид образца после испытаний приведен на рис. 2. Разрушение контрольных образцов происходило в результате вертикальных трещин в средней трети пролета. Для увеличения физико-механических показателей необходимо увеличивать площадь приклеивания углеволокнистой ленты к образцам.

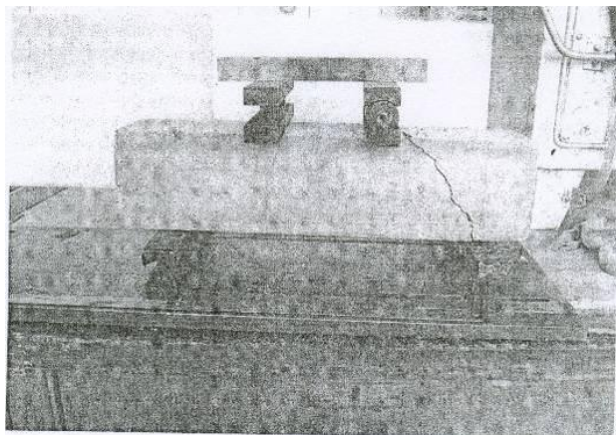


Рисунок 2. Характер разрушения бетонных образцов усиленных углеволокнистой лентой

В результате поведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Система усиления строительных конструкций углеволокнистыми лентами позволяет увеличить несущую способность на 55-65 % в сравнении с контрольными образцами. Улучшается восприятие конструкцией динамических и ударных нагрузок.

2. В результате усиления конструкций углеволокнистыми лентами увеличивается жесткость конструкций – уменьшается относительный прогиб и увеличивается модуль упругости при изгибе, снижаются деформации ползучести.

3. Значительное снижение напряжений, уменьшение относительного прогиба конструкций приводит к увеличению нижней границы трещинообразования и уменьшению ширины раскрытия трещин.

4. Малый собственный вес системы усиления, не изменяемое поперечное сечение конструкций, отсутствие повреждения изделий при проведении восстановительных работ также благоприятно сказывается на несущей способности конструкций и сооружений в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
2. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции.