

Усиление железобетонных и кирпичных конструкций композитными материалами

Чернявский В.Л., Осьмак П.П.

Инженерно-производственный центр «ИнтерАква», г.Москва, Россия

Освещены вопросы ремонта и усиления железобетонных и кирпичных конструкций. Приведены примеры реализации технических решений по усилению железобетонных конструкций жилых зданий методом внешнего армирования композитными материалами холодного отверждения.

Весь период эксплуатации зданий связан с необходимостью проведения периодических ремонтов конструкций вследствие ошибок проектирования, воздействия непроектных нагрузок и аварий, влияния агрессивных сред, старения материалов конструкций, а в последнее время - из-за изменения конструктивных схем в результате перепланирования помещений.

Во многих развитых странах объем материальных ресурсов, затрачиваемых на поддержание эксплуатационных свойств зданий, сравним с затратами на возведение новых.

Для железобетонных конструкций разработано множество технических решений по их усилению: наращивание сечений, изменение расчетной схемы конструкций с целью перераспределения нагрузок, устройство обоей и пр., опубликовано множество рекомендаций, конструктивных решений и методик проектирования ремонта и усиления строительных элементов. Опыт показывает, что ремонтные работы, выполняемые традиционными методами, не всегда эффективны и обычно требуют увеличения объема исходных элементов, что влечет за собой уменьшение объема помещения. Кроме того, ремонтные работы в условиях эксплуатируемого жилого здания зачастую требуют отселения жильцов на значительные сроки.

В последнее время стали доступны современные технологии ремонта и усиления конструкций, широко используемые за рубежом. В первую очередь, это полимерцементные составы с высокой адгезией к «старому» бетону, мигрирующие ингибиторы коррозии арматуры, композитные материалы для усиления на основе углеродных или стеклянных волокон. Новые технологии позволили резко увеличить межремонтный период, выполнять ремонт и усиление конструкций в кратчайшие сроки без увеличения постоянных нагрузок и изменения объема внутренних помещений.

Метод усиления железобетонных конструкций путем внешнего армирования композиционными материалами холодного отверждения позволяет значительно (в некоторых случаях – кратно) повысить их несущую способность, трещиностойкость и жесткость. Следует отметить, что благодаря высоким физико-механическим характеристикам внешнего армирования усиливающие элементы практически не увеличивают вес конструкций (обычно толщина усиливающих элементов не превышает 2-3 мм), а строительно-монтажные работы не сопряжены с большими трудозатратами и сроками выполнения работ. Суть метода заключается в повышении (или восстановлении) прочности конструкции путем наклейки на ее поверхность полос высокопрочных материалов с помощью специального адгезива, как правило, на эпоксидной основе. Использование такой технологии позволяет проводить усиление балочных и плитных конструкций на действие изгибающего момента, наклонных сечений стержневых элементов на действие поперечной силы, центрально или внецентренно сжатых колонн, перекрытий в зоне отверстий или проемов, ограничивать раскрытие имеющихся трещин, проводить восстановление монолитности кирпичной кладки [1].

Рассмотрим варианты применения технологии усиления композитными материалами на некоторых примерах.

Усиление междуэтажного перекрытия после пожара

В результате пожара в плите перекрытия произошел «отстрел» защитного слоя, а арматура плит получила остаточные деформации от перегрева.

Наиболее распространенными решениями усиления являются:

- подведение металлических разгружающих балок снизу;
- наращивание сечения плит сверху, или снизу с заполнением пустот;
- установка шпренгельных затяжек;
- установка предварительно напряженных элементов из листового металла;
- установка дополнительной рабочей арматуры и др.

Наиболее часто наличие таких повреждений способствует принятию решений со стороны проектировщиков и экспертов о замене поврежденного перекрытия. Но это требует проведения весьма сложных работ по вырубке старого и последующему бетонированию нового перекрытия, и, как следствие, отселения жильцов с вышерасположенного этажа. В качестве альтернативы было предложено и реализовано техническое решение по восстановлению защитного слоя бетона полимерцементными материалами с высокой адгезией к «старому» бетону и компенсации потерянных свойств стержневой арматуры внешним армированием отремонтированной поверхности лентами на основе углеродных волокон (рисунок 1).

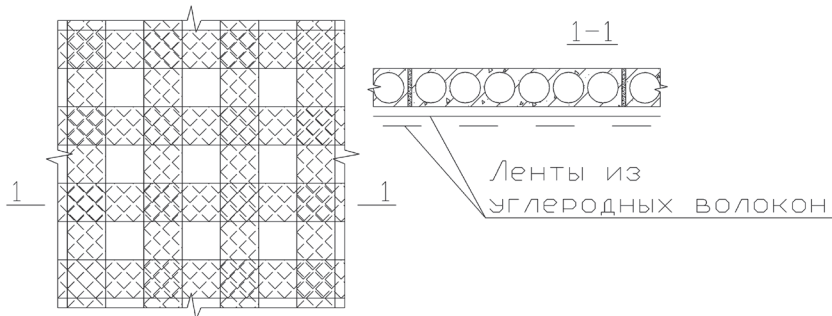


Рисунок 1. Схема усиления перекрытия после пожара

Это позволило полностью «выключить» из расчета термически поврежденную арматуру, а также обеспечить требуемую несущую способность перекрытия, его трещиностойкость и жесткость за счет внешнего армирования.

Усиление перекрытия после непроектных нагрузок

Аналогичный подход был применен в жилом здании, где в ходе выполнения ремонта перекрытие было перегружено складированными строительными материалами, в результате чего по нижней поверхности плит появились трещины шириной раскрытия до 1,5 мм. Применение традиционных методов было невозможным из-за ограничения доступа к верхней поверхности плит в вышерасположенной квартире.

В результате расчета несущей способности перекрытия было определено требуемое сечение усиливающих элементов. Для предотвращения дальнейшего раскрытия трещин и увеличения жесткости перекрытия дополнительно была создана сетка из внешнего армирования (рисунок 2).

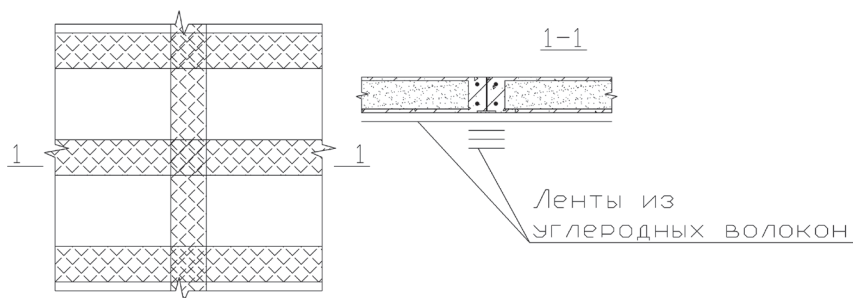


Рисунок 2. Схема усиления перекрытия после непроектных нагрузок

Усиление перекрытия в зоне отрицательных моментов

В случае необходимости усиления перекрытий каркасных зданий в зоне отрицательного изгибающего момента ленты из углеродных волокон наклеиваются на верхней поверхности перекрытия с заводом их за точку нулевого изгибающего момента на длину анкеровки ленты (обычно на 200-300 мм). В зоне опирания перекрытия на колонну или стену ленты заводятся на них с проклейкой поперечной ленты, что позволяет уменьшить длину анкеровки ленты и включить их в работу непосредственно у зоны опирания (рисунок 3).

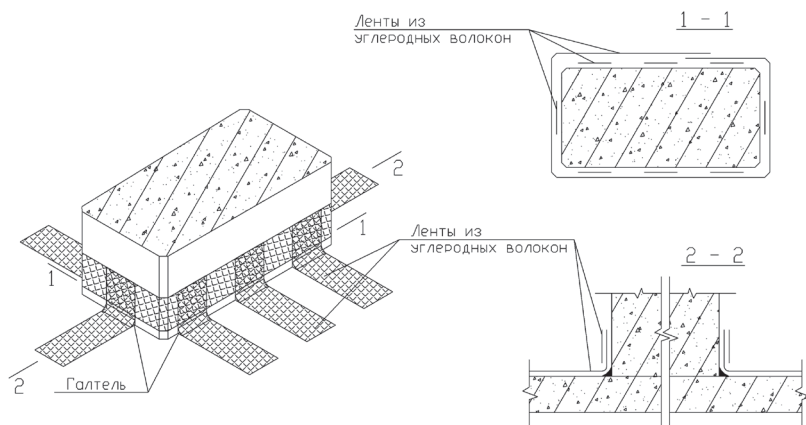


Рисунок 3. Принципиальное решение приопорного узла при усилении перекрытия в зоне отрицательного момента

Усиление при создании или увеличении проемов в перекрытиях и стенах

Достаточно часто возникают проблемы усиления конструкций при устройстве проемов в перекрытиях и стенах. Нередко проемы в перекрытиях устраиваются для монтажа лестниц в двухуровневых квартирах, в стенах – при переносе или увеличении дверных проемов.

Как правило, традиционным решением усиления перекрытий является подведение металлических балок, которое является достаточно сложным из-за необходимости создания опорных зон балок в стенах, большого веса конструкций, обеспечения надежного примыкания перекрытия к балкам и из-за снижения строительного объема внутренних помещений.

Примером эффективного применения метода внешнего армирования является усиление проема 3,4 x 3,8 м в двухуровневой квартире одного из жилых зданий в г.Москве, вырезанного в перекрытии для устройства лестницы. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния перекрытия при наличии проема выявило значительное изменение характера его работы. По результатам расчетов в зонах опасной концентрации растягивающих напряжений на нижней и верхней поверхностях плиты были наклеены полосы углеродной ткани (рисунок 4) [2].

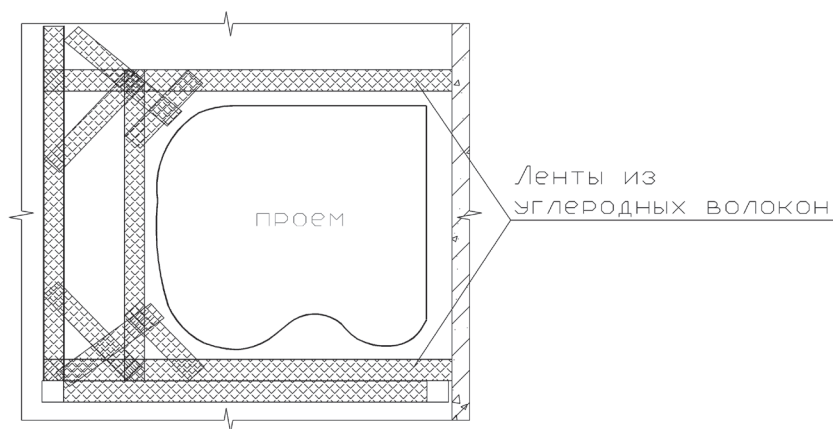


Рисунок 4. Усиление плиты межэтажного перекрытия с проемом

Альтернативным решением было подведение под перекрытие металлических двутавровых балок, что создавало для строителей большие трудности по доставке и установке балок в готовом помещении и одновременно уменьшало строительный объем нижнего помещения (из-за устройства подвесного потолка на 35 см ниже поверхности перекрытия).

Аналогичным образом было выполнено усиление несущих стен и перекрытий в процессе перепланировки другого жилого помещения. Устройство проемов в несущих поперечных стенах привело к изменению схемы работы этих стен и перекрытий в зоне проемов. С целью предотвращения возможности недопустимых деформаций по контуру проемов и примыкающих к ним зонах перекрытий были выполнены углепластиковые наклейки (рисунок 5).

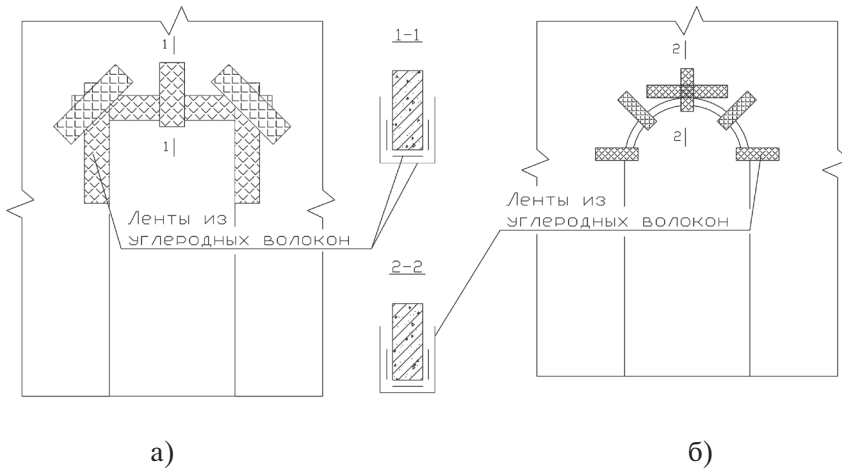


Рисунок 5. Схема усиления: а - прямоугольного проема, б - арки

Усиление балок

Для повышения (или восстановления) несущей способности балок используются следующие решения:

- устройство железобетонной обоймы;
- устройство внешней листовой или профильной арматуры;
- установка шпренгелей из арматурной стали,
- подведение металлических балок;
- установка порталных рам и проч.

При устройстве железобетонной обоймы необходимо предусматривать мероприятия по соединению старого и нового арматурных каркасов. Так же возникают трудности с обеспечением плотного примыкания и сцепления нового бетона к потолочной поверхности балки даже при применении безусадочных бетонов. Как правило, на стыке слоев остается продольная трещина. Способ усиления балки лентами из углеродных волокон принципиально близок с приклейкой (или установкой на анкера) металлических листов в растянутой зоне.

Продольно наклеиваемые ленты обеспечивают повышение несущей способности, трещиностойкости и жесткости балки на изгибающий момент, а поперечные U-образные хомуты играют двойную роль – во-первых, они обеспечивают надежное включение лент в работу (играют роль анкеров); во-вторых, повышают несущую способность балки по наклонным сечениям, что особенно важно в приопорных зонах (рисунок 7).

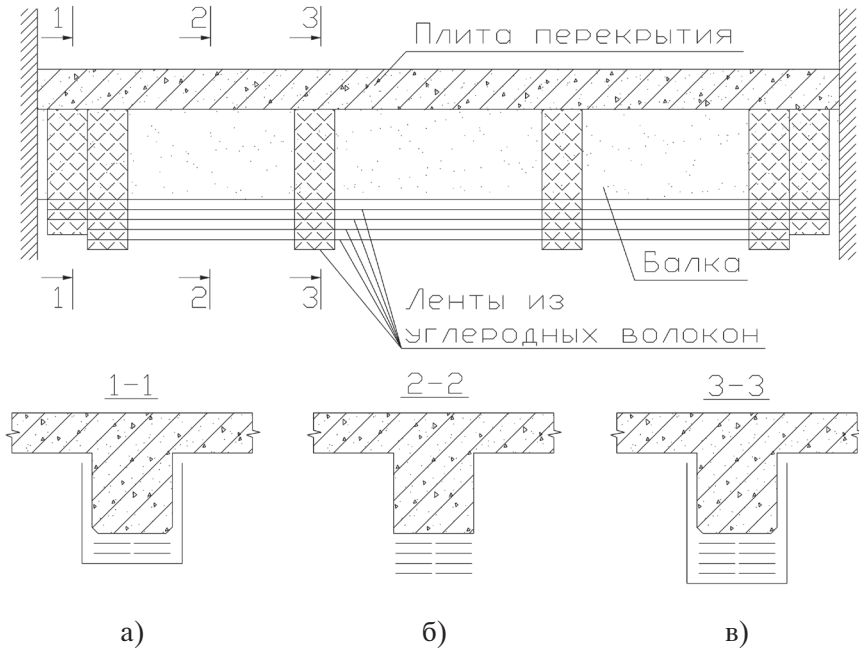


Рисунок 7. Схема усиления балки:

а - приопорная зона, б - пролет,
в - периодическая анкеровка продольных лент

Усиление колонн

Традиционным решением усиления колонн является устройство разнообразных металлических и железобетонных обойм. Как показывает опыт, усиление металлическими обоймами часто выполняется без обеспечения совместной работы с бетоном колонн (без заделки цементным раствором), что резко снижает эффективность усиления. Применение железобетонных обойм сопряжено с увеличением их сечения, что не всегда обеспечивает совместную работу колонн с обоймой из-за низкого сцепления «старого» и «нового» бетонов.

Внешнее армирование из углеродных лент в поперечном направлении колонн позволяет создать обойму из углепластика, ограничивающую их поперечное деформирование. Таким образом, при продольном деформировании и увеличении нагрузок создается круговое (для круглых сечений) или поперечное давление (для прямоугольных сечений), колонны работают в трехосном напряженном состоянии, что увеличивает их несущую способность.

Усиление кирпичной кладки

Наряду с традиционными решениями усиления кирпичной кладки:

- устройство натяжных поясов с наружной и внутренней сторон здания;
- устройство металлических накладок;
- устройство железобетонных поясов;
- устройство железобетонной обоймы и др.,

метод усиления с использованием композитных материалов проще и, во многих случаях, эффективнее. Основной технологии является инъектирование имеющихся трещин специальными растворами, выравнивание поверхности в зоне наклейки лент из углеродных и стеклянных волокон, создание бандажей из композитных материалов с наружной и, при необходимости, с внутренней поверхности (при наличии сквозных трещин). Созданные таким образом бандажи включают в работу большую зону кирпичной кладки (рисунок 8).

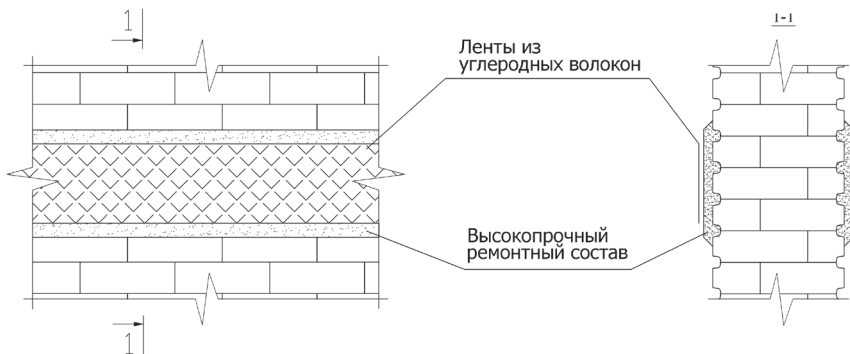


Рисунок 8. Усиление кирпичной стены

Выводы

1. Следует отметить высокую эффективность усиления композитными материалами строительных конструкций и для предотвращения разрушения при воздействии чрезвычайных ситуаций (взрывов, террористических актов и пр.).

2. Проведенные испытания сооружений, усиленных композитными материалами, показали, что такие конструкции, несмотря на наличие повреждений, предотвращают здание от обрушения, давая необходимое время для эвакуации людей [3].

Перечень ссылок

1. **Чернявский, В.Л.** Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами [Текст]/ В.Л.Чернявский, Ю.Г.Хаютин, Е.З.Аксельрод, В.А.Клевцов, Н.В.Фаткуллин. - М.: ООО«ИнтерАква», 2006. – 113 с.
2. **Чернявский, В.Л.** Усиление железобетонных конструкций композитными материалами [Текст]/ Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З.//Жилищное строительство. - 2003. - №3. - С.15-16.
3. **Хаютин, Ю.Г.** Повышение надежности железобетонных конструкций при ЧС (зарубежный опыт) [Текст]/ Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л. //Высотные здания. – 2007. - №3.

Получено 15.04.09