

**ВНЕШНЕЕ АРМИРОВАНИЕ ИЗ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

Мочалов Александр Леонидович

Технический директор группы компаний «Практик», г.Москва

Дальнейшее развитие строительной отрасли в России невозможно без широкого применения новейших материалов и технических разработок. Одним из них можно назвать использование внешнего армирования из синтетического волокна для повышения жесткости и сейсмостойкости железобетонных каркасов высотных зданий. Однако, процесс внедрения неметаллической арматуры для бетона происходит в России с большим опозданием.

Углеродное волокно получило наибольшее распространение в технической сфере и по причине изученности свойств, и вследствие доступности. Основная сфера применения элементов внешнего армирования из углеродного волокна – усиление железобетонных конструкций. Традиционно элементы внешнего армирования из углеродного волокна устанавливаются на конструкционный бетон, поскольку для эффективного использования столь высоких механических свойств углеродного волокна как, например, системы MBrace производства BASF Construction Chemicals (см. таблицу) приклейка осуществляется к материалам с прочностью на растяжение не менее 1,5 МПа (табл.1).

Таблица 1

Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
Прочность на растяжение, МПа	2600–4900	Нормативное значение
	2520–3456	Расчетное значение
Модуль упругости, МПа	230000–640000	–
Относительное удлинение при разрыве	1,5–2,0%	–
Расчетное относительное удлинение при разрыве	1,0%	С учетом обеспечения совместной работы с бетоном растянутой зоны
Прочность на сжатие, МПа	8050	Осуществление конструктивных мероприятий, обеспечивающих совместную работу при кратковременном действии нагрузки

Применение углеродной арматуры в виде холстов и стержней для повышения жесткости каркасов высотных зданий путем дополнительного

армирования стен из легких бетонов, заполняющих каркас, может быть выполнено в следующих конструктивных вариантах:

- путем установки крестообразных арматурных элементов в виде холстов MBrace Fib по диагоналям проемов каркаса, заполненных блоками из легкого бетона (рис. 1);
- путем армирования углеродными стержнями MBrace Bar горизонтальных швов стен из блоков.

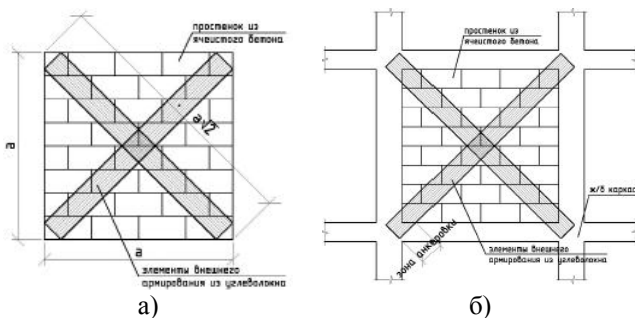


Рис. 1



Отправным пунктом нового направления эффективного использования углепластиковой арматуры в каркасах высотных здания стали новые экспериментальные исследования работы элементов внешнего армирования из углеродных холстов MBrace Fib, которыми усиливаются элементы из ячеистого бетона. Эти исследования проводятся в настоящее время в лаборатории сейсмостойкости ЦНИИСК.

В качестве системы для усиления конструкций была выбрана система MBrace немецкого концерна BASF, состоящая из композитных материалов: холстов MBrace Fib, ламелей MBrace Lam и арматуры MBrace Bar, а также клеевой системы на основе 2-компонентных эпоксидных составов: грунтовки, шпатлёвки, клея для ламелей и арматуры и клея для холстов.

Предварительные результаты экспериментов указывают на существенное повышение прочности фрагментов стен из ячеистого бетона, армированного элементами внешнего армирования из углеродного холста MBrace Fib.

На рис. 2 представлена расчетная модель диафрагмы с диагональным дополнительным армированием, в основе которой лежит схема стержневой аппроксимации, предложенная А.Р. Ржаницыным [3].

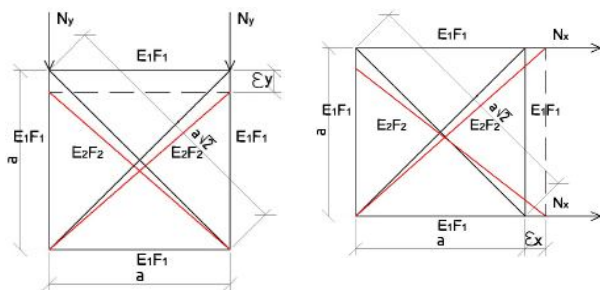


Рис. 2



Рассмотрим для простоты квадратный простенок, выполненный из легкого бетона, в условиях плоского напряженного состояния и смоделируем его работу стержневой структурой с характеристиками:

- для продольных и поперечных стержней длиной «а» жесткость равна $E_1 F_1$;
- для диагональных, в нашем случае выполненных из углеволокна, длиной « $a\sqrt{2}$ » жесткость равна $E_2 F_2$.

В источнике [3] из уравнений совместности деформаций определяются упругие постоянные простенка через упругие характеристики заменяющих стержней и приводятся следующие результаты с учетом соотношения жесткостей $\eta = E_2 F_2 / E_1 F_1$:

$E = E_1 F_1 / a \cdot \chi (\sqrt{2} + 2\eta) / (\sqrt{2} + \eta)$ – модуль деформаций усиленного углеволокном простенка,

$G = E_1 F_1 / a \cdot \eta / \sqrt{2}$ – модуль сдвига усиленного простенка.

Очевидно, что варьируя соотношением жесткостей η , т.е. сечением диагональной углепластиковой арматуры, можно существенно влиять на жесткостные свойства простенка.

В случае анкеровки диагональной углепластиковой арматуры на колоннах каркаса ее роль еще больше возрастает в связи со способностью сохранять упругие свойства при больших деформациях.

Таким образом, повышение жесткости каркасов путем применения нового перспективного вида арматуры – углепластиковых холстов системы MBrace обеспечивает:

- уменьшение деформаций здания от действия горизонтальных нагрузок благодаря вовлечению в работу каркаса простенков из легкобетонных блоков; возможность в широких пределах влиять на жесткостные характеристики, варьируя процент армирования углепластиковой арматуры, при этом не увеличивая вес здания;
- установка диагональных арматурных элементов из углеволокна MBrace Fib является эффективным конструктивным мероприятием, предотвращающим прогрессирующее обрушение, поскольку повышает степень статической неопределимости здания благодаря введению многочисленных дополнительных связей;
- повышение сейсмостойкости здания через изменение периода собственных колебаний основного тона, связанного с изгибной жесткостью и собственным весом известной зависимостью [1]:

$$T = \varphi \cdot H_2 \cdot \sqrt{(p/(g \cdot \Sigma B))},$$

где H – высота здания;

p – вес 1 пог.м здания по высоте;

g – ускорение силы тяжести;

ΣB – сумма жесткостей диафрагм;

φ – 1,78 при неучете податливости основания.