

Sika

Ведущий мировой производитель
материалов строительной химии

Sika[®] CarboDur[®] и SikaWrap[®]

***ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ УСИЛЕНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ПОМОЩИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
(КМ).***



Construction

1. Причины усиления конструкций.

Причины, в связи с которыми возникает необходимость усиления конструкции, бывают разные. Ниже описаны основные случаи:

а) Неудовлетворительное общее техническое состояние объекта, требующее обязательного проведения ремонтных работ, в том числе работ по усилению конструкции, что позволит его дальнейшую безопасную эксплуатацию, но на уровне нагрузок, соответствующих параметрам проектирования, напр. без повышения класса грузоподъемности моста по отношению к первоначальным исходным данным. Это требование часто относится к относительно новым объектам (запроектированным по еще действующим нормам), но построенных недостаточно качественно, или из материалов низкого качества, то есть к объектам, характеризующимся низкой прочностью.

б) Хорошее общее техническое состояние объекта, но необходимо произвести его усиление в связи с увеличением уровня действующих или перспективных нагрузок по сравнению с нагрузками, заложенными в проекте, причем предназначение объекта не должно измениться. Наиболее типичным примером служат мосты, построенные много лет тому назад (напр. в тридцатые годы) и не отвечающие уже настоящим эксплуатационным условиям по грузоподъемности, но сохраняющие относительно высокую прочность.

в) Неудовлетворительное общее техническое состояние объекта, дальнейшая эксплуатация которого требует усиления, позволяющего объекту воспринимать нагрузки выше тех, которые заложены в проекте. Причем, как в примере вышеупомянутом, необходимо оставить основную функцию объекта. Типичным примером могут служить мосты, построенные в прежние периоды, запроектированные с учётом значительно меньших эксплуатационных нагрузок и сооруженные из бетонов очень низкого качества, что наблюдалось при строительстве объектов 60 - тых и 70 - тых годов.

д) Усиления, вызванные всякого рода изменениями функции конструкции или ее элементов. Типичным примером могут быть случаи, когда были повышены требования по грузоподъемности перекрытий в результате изменения предназначения помещений, напр. после установки дополнительных машин или устройств в промышленных зданиях, организации склада или библиотеки в торговых или школьных зданиях, и тп.

ж) Усиления, необходимость в которых возникает после различного перестраивания и модернизации существующих зданий. Например: монтаж лифта в здании шахты, не предусмотренного ранее в проекте, требует соответственного усиления определенных фрагментов перекрытий или стен.

Обычно существуют одновременно две основные причины, в связи с которыми появляется необходимость в усилении:

- неудовлетворительное техническое состояние объекта,
- увеличение уровня различного вида нагрузок, действующих на данный объект и

превышающих нормы грузоподъемности.

Это касается мостовых конструкций.

Объем необходимых усиления в различных строительных и инженерных объектах в Польше огромный, также, как и в других странах мира, в том числе и в наиболее развитых. Поэтому в последние годы мы можем наблюдать развитие новых технологий для выполнения этой задачи. Сегодня существуют возможности быстрой адаптации этих новейших решений на территории нашей страны.

2. Основные методы усиления конструкций.

Усиление конструкции это почти всегда задача, требующая индивидуального подхода как с технической, так и с экономической стороны. Ниже приводится классификация методов усиления, которая относится к распространенным случаям усиления бетонных мостов, но большинство этих методов применимо также и в другого рода конструкциях.

Важнейшим критерием классификации послужило решение вопроса: осуществляется ли усиление путем сознательного введения перераспределения (редистрибуции) внутренних сил в конструкции (группа активных методов), или данный метод может вызывать вышеупомянутое перераспределение, но не решает основной задачи усиления объекта (пассивный метод)



I. Пассивные методы:

- а) Увеличение поперечного сечения элементов конструкции путём добавления армирования и бетонирования.
- б) Наклеивание или/и механический монтаж стальных полос или листового металла.
- в) Наклеивание лент и композитных панелей Sika® CarboDur® и Sika® Wrap®.

II. Активные методы:

- а) Перераспределение сил в поперечном направлении (напр. путём догружения средних балок и разгрузки крайних в многобалочной системе).
- б) Монтаж добавочных усиливающих элементов (напр. добавочных несущих балок).
- в) Уменьшение удельного веса конструкции (напр. путём замены бетонных элементов стальными).
- г) Обжатие конструкции (обычно внешними канатами).
- д) Наклеивание предварительно напряжённых композитных лент Sika® CarboDur® (лабораторная стадия).

Самыми современными методами, успешно примененными в Польше, являются: применение внешнего обжатия напряженной арматурой и наклеивание композитных лент и панелей Sika® CarboDur® и Sika® Wrap®. Этот пассивный метод является новейшим в мире. Его преимущество, отличающее от всех остальных методов - это простота и исключительно небольшая трудоёмкость.

3. Усиления при помощи композитных лент Sika® CarboDur® и панелей из углеродных волокон Sika® Wrap®.**3.1. Характеристика метода**

Композитные ленты состоят из углеродных волокон, помещенных в синтетические волокна. В литературе выступают под названием «лент CFRP» с английского Carbon Fibre Reinforced Plastic. Их свойства и способ применения для усиления конструкции представлены в дальнейшем. Здесь объясняем лишь общие вопросы, касающиеся этого нового метода.

Панели из углеродных волокон Sika® Wrap® являются дополнением системы Sika® CarboDur®. Система Sika® Wrap® предназначена прежде всего для усиления зон среза, опор, колонн, столбов, каменных конструкций, поверхностных усилений и всех случаев, где применение лент Sika® CarboDur® является трудным или невозможным.

В отношении к основной концепции этот метод отвечает известному и применяемому в Польше методу усиления путём прикрепления стальных полос к элементам конструкции.

Применение композитных материалов имеет множество достоинств.

Соответственное сравнение обоих методов представляет таблица 1.

Из сравнения вытекает, что единственный „недостаток” композитных материалов Sika® CarboDur® и Sika® Wrap® это их достаточно высокая единичная цена. Может сложиться мнение, что этот метод является дорогостоящим. Это легко опровергнуть, пользуясь примером самого первого применения лент Sika® CarboDur® при усилении моста Ибах в Швейцарии в 1991 году.

В то время цена 1 кг лент по швейцарским стандартам, в 40 ÷ 50 раз превышала цену 1 кг стали (Fe 360).

Однако для усиления вышеуказанного моста израсходовано 6,2 кг лент, причем применяя сталь потребовалось бы использовать 175 кг этого материала, т.е. в 28 раз больше. Если к этому прибавить другие преимущества, напр. значительное уменьшение полной стоимости путём сокращения времени работ, оказывается, что уже тогда применение композитных лент Sika® CarboDur® являлось конкурентным по сравнению с применением стали.

Сегодняшнее соотношение цен ещё больше склоняет к применению композитных лент и панелей Sika® CarboDur® и Sika® Wrap®. Необходимо также учесть стоимость рабочей силы, подмостей, механического оборудования, используемого в случае применения стальных полос. При применении композитных материалов они в большинстве случаев не нужны.



Таблица 1. Сравнение усиления стальных полос и композитных материалов Sika® CarboDur® и Sika® Wrap®.

Применение стальных полос	Применение композитных материалов Sika® CarboDur® и Sika® Wrap®.
<p>Достоинства</p> <ul style="list-style-type: none"> * Относительно низкая стоимость материала * Сравнительно многочисленные применения * Достаточная прочность, в т.ч. усталостная <p>Недостатки</p> <ul style="list-style-type: none"> * Низкая коррозионная стойкость * Относительно большой вес стальных полос * Трудности в маневрировании длинными тяжелыми элементами на ограниченной площади * Высокая стоимость рабочей силы * Необходимость возведения подмостей и рабочих площадок * Ограниченные размеры (проблема соединений) * Соединение с усиливаемым элементом обычно механическо - клеевое (т.е. клей + различного рода механические анкерные крепления) * Применение лишь при усилении элементов из бетона 	<p>Достоинства</p> <ul style="list-style-type: none"> * Коррозионная стойкость * Прочность на растяжение больше в 10 раз * Лёгкость, простота применения и маневрирования * Низкая стоимость рабочей силы * Короткое время реализации * Возможность избежания возведения подмостей (напр. употребление только автомобильных подъёмников с люлькой) * Отсутствие размерных ограничений (длины) * Экстремально высокая усталостная прочность * Не требует консервации * Возможность применения для конструкции из разных материалов (бетона, стали, дерева) * Соединение ленты с усиливаемым элементом только при помощи клея <p>Недостатки</p> <ul style="list-style-type: none"> * Относительно высокая стоимость материала * Ограничение сферы применения.

3.2. Замечания по проектированию усиления.

Процедура проектирования усиления при помощи композитных лент и панелей Sika® CarboDur® и Sika® Wrap® в Польше уже разработана и применена для усиления более десяти объектов. Существуют соответствующие алгоритмы компьютерной программы на основе швейцарских норм. Этот алгоритм был первоначально применён при реализации в 1997 году проекта усиления моста на реке Виар в г. Пшемысле. Он был адаптирован для возможности проектирования по польским нормам специально для постройки мостов.

Главным при проектировании усиления бетонных конструкций является то, что принцип плоских сечений сохранён, что было экспериментально доказано.

По аналогии с коэффициентом $n = E_a/E_b$, как в классическом железобетоне, введён коэффициент $n_1 = E_k/E_b$ (E_a , E_b , E_k - модуль Юнга, соответственно для стали, бетона и композитной ленты). Формулы по определению размеров усложняются по сравнению с существующими подходами, но упомянутый алгоритм позволяет избежать затруднительных вычислений.

Существуют также отработанные формулы расчета на срез, определение нужной длины анкерного крепления ленты, в том числе, когда она предварительно напряжена.

Технология напряжения лент в усиливаемых элементах конструкции отработывается в лабораторных условиях.

3.3 Эффективность усиления лентами и основной объём применения метода.

Эффективность усиления бетонных конструкций композитными лентами очень высокая. В зависимости от вида лент, количества их слоёв и рода действующей нагрузки, предельная грузоподъёмность элемента может увеличиться в 2 - 3 раза по сравнению с неусиленным элементом. В особенности это касается балок. Обычно достаточно, хотя бы в случае некоторых конструкций, напр. мостов, чтобы в объёме обычного использования это усиление составляло от десяти до нескольких десятков процентов, что почти всегда удаётся достигнуть.

Чтобы достичь эффективного усиления при помощи лент, необходимо строго соблюдать технологический режим, прежде всего при подготовке поверхности основного материала. Соответствующие условия составлены в дальнейшей части данного справочника. Здесь заметим лишь, что перед наклеиванием лент необходимо провести испытание прочности бетонного основания на отрыв, то есть испытание „pull - off”.

Минимальное значение результата этого испытания должно быть $\geq 1,5$ МПа.



Существующий опыт в области усиления существующих конструкций, позволяет показать следующие объёмы многочисленного и рационального применения композитных лент SIKAR[®]CARBODUR[®] в бетонных объектах:

- * усиление при обычной нагрузке балок и плит - ленты приклеиваются согласно так называемой огибающей изгибающих моментов, они бывают разной длины и могут быть наклеены в 1 или больше слоёв (здесь присутствует определённая аналогия к схеме армирования стержнями в изгибаемых элементах);
- * усиление в связи с опасением перед возможностью образования трещин в бетоне от недостаточного обжатия корродированных напрягаемых элементов в сборных или других балках – в этом случае ленты наклеиваются „от опоры к опоре”, т.е. по всей длине элемента;
- * усиление в связи со срезающими или главными растягивающими напряжениями – в этом случае отрезки лент наклеиваются по боковым поверхностям (обычно балок) и в направлениях отогнутых арматурных стержней.

Другие применения лент, напр. для усиления опор, столбов, перекрытий и стен представлены в дальнейшей части справочника.

Надо подчеркнуть, что усиление при помощи композитных лент SIKAR[®]CARBODUR[®] полезное и эффективное во всех случаях, описанных в данном справочнике. Это универсальный метод.



Объекты по усилению несущих конструкций материалами Sika

Перечень основных объектов в России по усилению конструкций, выполненных с использованием композитных материалов на основе углеволокон (ламели и холсты) компании Sika

Объект: Мост через канал им. Москвы, Дмитровское шоссе. Длина моста 480м, ширина 17м, 3 V образные опоры, максимальный пролет 150м

Проблемы: Нежелательное напряжение в конструкции и опорах моста. Коррозия опор моста. Мост перестал справляться с возрастающей транспортной нагрузкой

Решение: Усиление внутри бетонных пролетов. Зоны над опорами усилены углепластиковыми ламелями Sika Carbodur S1214. Местное усиление - углеродная ткань SikaWrap 230

Используемые материалы: Sika Carbodur S1214, SikaWrap 230, Sikadur 41, Sikadur 330

Объект: Мост через реку Мста

Проблемы: Разрушение оголовков опор моста

Решение: Восстановление защитного слоя бетона, усиление углеродными холстами SikaWrap 530C

Используемые материалы: SikaWrap 530, Sikadur 41, Sikadur 330, Sika Monotop 610, Sika Monotop 612



Объект: Жилой дом г. Москва, улица Пырьева (по просьбе заказчика адрес не указывается)

Проблемы: разрушение монолитных Ж/Б консолей колонн в подземном гараже

Решение: Восстановление защитного слоя бетона, усиление углеродными холстами SikaWrap 530C

Используемые материалы: SikaWrap 530, Sikadur 41, Sikadur 330, Sika Monotop 610, Sika Monotop 612



Объект: мост над Ж/Д в г. Лодейном Поле

Проблемы: Увеличение эксплуатационных разрушение бетона на опорах моста и ригелях

Решение: Восстановление защитного слоя бетона, усиление углеродными холстами SikaWrap 530C

Используемые материалы: SikaWrap 530, Sikadur 41, Sikadur 330, Sika Monotop 610, Sika Monotop 612



Объект: Железнодорожный мост в аэропорту Домодедово

Проблемы: Недостаточное армирование в пролете балок

Решение: Усиление балок углеродными ламелями Sika Carbodur

Используемые материалы: Sikadur 41, Sikadur 30, Sika Carbodur S1214



Объект: г. Ораниенбаум «Катальная горка» (объект 18-ого века)

Проблемы: Разрушение кирпичной кладки несущих колонн

Решение: Устройство бандажей из углеродной ткани Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 41, Sikadur 330, SikaWrap 530C



Объект: Автодорожный мост через реку Киржач (95км трассы Москва-Н. Новгород)

Проблемы: Образование трещин в пролетной части балок, разрушение моста

Решение: Установка анкерных устройств и напряжение углепластиковой арматуры с фиксацией Sika Carbodur

Используемые материалы: Sikadur 41, Sikadur 30, Sika Carbodur S1214



Объект: Техцентр “Тойота” г. Москва.

Проблемы: Повышения требования по грузоподъемности перекрытия

Решение: Усиление плиты перекрытия приклейкой углеродного холста в двух направлениях

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Жилой дом г. Москва, Южное Бутово

Проблемы: Сквозные трещины в несущих стенах по периметру здания

Решение: Круговой бандаж углеродным волокном Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Ашан, Белая Дача

Проблемы: Недостаточное количество поперечной арматуры

Решение: Восстановление недостающей арматуры углеродным холстом Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Административное здание, Ленинградский Проспект, г. Москва

Проблемы: Недостаточная прочность бетона на колоннах первого этажа

Решение: Круговой бандаж углеродным волокном Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Цех завода цинкования металлоконструкций в г. Малоярославец
Проблемы: Разрушение бетона, коррозия арматуры и появление трещин в растянутых стойках ферм.
Решение: Ремонт бетона, защита арматуры и усиление углеволокном Sika Wrap
Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Силосные банки, Домодедовское ЖБК
Проблемы: Разрушение одной банки, появление трещин на других.
Решение: Восстановление разрушенного фрагмента. Усиление всех силосов углепластиковой лентой Sika Carbodur
Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Carbodur S1214



Объект: Торгово-развлекательный комплекс, ул. Днепропетровская, г. Москва
Проблемы: Недостаточное количество арматуры в плитах перекрытий
Решение: Восполнение недостающей арматуры стекловолокном Sika Wrap
Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 430g



Объект: Мост через Беломоро-Балтийский канал

Проблемы: Разрушение противовесов моста

Решение: Восстановление разрушенных участков системой Sika Monotop, с усилением углеволокном Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Долгострой жилого дома г. Архангельск

Проблемы: Неправильная консервация объекта. Частичное разрушение ростверков

Решение: Восстановление целостности конструкции, с последующим усилением углеволокном Sika Wrap.

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Покровская Больница, г. Санкт Петербург

Проблемы: Деформация кирпичной стены с появлением силовых трещин

Решение: Инъектирование трещин ремонтными составами. Восстановление целостности кирпичной кладки с помощью углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Петродворец СбГУ, г. Санкт Петербург

Проблема: Снятие с консервации объекта. Увеличение эксплуатационных нагрузок

Решение: Усиление плит перекрытия углеволокном Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Петровский Форт, г. Санкт Петербург

Проблемы: Изменение схемы работы плиты в связи с вновь прорезанным проемом

Решение: Обрамление проема углеволокном Sika Wrap, с компенсацией срезанной арматуры

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Перекрытия Сбербанка, Невский Проспект 99-101, г. Санкт Петербург

Проблемы: Изменение эксплуатационных нагрузок на перекрытия

Решение: Усиление перекрытия углеволокном Sika Wrap.

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Карусель Меридиан, г. Санкт Петербург

Проблемы: Увеличение нагрузок на кровельные фермы в связи с реконструкцией объекта и изменением его функционального назначения

Решение: Усиление раскосов и растянутого пояса ферм углеволокном Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Административное здание, Левашовский проспект, г. Санкт Петербург

Проблемы: Несоответствие марки бетона в монолитных ЖБ балках. Дефицит арматуры по изгибающему моменту и поперечной силе

Решение: Восполнение недостающей арматуры элементами внешнего армирования из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Бассейн, район Пикалево, г. Санкт Петербург

Проблемы: Появление трещин на боковых стенах бассейна

Решение: Усиление стен бассейна бандажом из предварительно напряженного углехолста Sika Wrap.

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C, гидравлический домкрат



Объект: Универсам, Строгино, г. Москва

Проблемы: Повреждение рабочей арматуры и увеличение нагрузок на ребристые плиты перекрытия в связи с реконструкцией объекта

Решение: Монтаж элементов внешнего армирования из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Барвиха, Рублевское шоссе

Проблемы: Увеличение нагрузок на балки и плиты перекрытия, в связи с изменением проекта в процессе строительства

Решение: Монтаж элементов внешнего армирования из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Ново-Тихвинский женский монастырь, г. Екатеринбург.

Проблемы: Необходимость усиления главного барабана под центральным куполом в связи с реконструкцией монастыря

Решение: Устройство кольцевого бандажа вокруг центрального барабана

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Жилой дом, г. Подольск.

Проблемы: В связи с надстройкой дополнительных этажей, возникла необходимость усиления нескольких пилонов

Решение: Устройство кольцевых бандажей совместно с вертикальным армированием из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 530C



Объект: Жилой дом, Малый Знаменский пер., г. Москва

Проблемы: Из-за некачественного бетона возникла необходимость усиления нескольких колонн, первого этажа строящегося дома

Решение: Устройство кольцевых бандажей из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 230C



Объект: Гараж, Почта России

Проблемы: Из-за коррозии арматуры и разрушения бетона возникла необходимость усиления конструкций

Решение: Монтаж элементов внешнего армирования из углехолста Sika Wrap

Используемые материалы: Sikadur 330, Sika Wrap 230C, Sika Mono Top – 612



Объект: Административное здание ОАО «ГАЗПРОМ» г. Москва

Проблемы: Из-за коррозии арматуры и разрушения бетона возникла необходимость усиления конструкций

Решение: Комплекс работ по усилению плиты перекрытия системой SikaWrap

Используемые материалы: Sikafloor EpoCem Module; Sikadur 330; SikaWrap-530



Объект: Торговый комплекс «SELGROS cash&carry г. Рязань

Решение: Комплекс работ по усилению плиты перекрытия системой SikaWrap

Используемые материалы: Sikafloor EpoCem Module; Sikadur 30; Sika CarboDur M1012; Sikadur 330; Sikadur 31; SikaWrap-530; SikaWrap-430G;



Объект: Железнодорожный мост в аэропорту Домодедово

Проблемы: Недостаточное армирование в пролете балок

Решение: Усиление балок углеродными ламелями Sika Carbodur

Используемые материалы: Sikadur 41, Sikadur 30, Sika Carbodur S1214



Объект: Мост через канал им. Москвы у п. Хлебниково а/д Москва – Дмитров

Проблемы: Возникновение недопустимых напряжений в приопорных зонах

Решение: Усиление стыков балок в приопорных зонах

Используемые материалы: Sikacorbadur S1214, Sikadur – 30, Sika Wrap 230C, Sikadur – 330 Impregnating Resing, Sika Colmacleaner



Объект: Мост через р. Нерская (56 км а/д Москва – Егорьевск)

Проблемы: Уменьшение несущей способности и разрушение защитного слоя бетона опор

Решение: Усиление опор, восстановление бетона, нанесение защитных составов на поверхность бетона опор, нанесение защитного слоя на опорах в уровне ледохода

Используемые материалы: Sikadur – 41, Sika Wrap 230C, Sikadur – 330 Impregnating Resin, Sikagard 552 Aquaprimer, Sikagard 550 W Elastic, Sika Inertol Poxitar, Sikadur – 52, Sika Colma Cleaner, Sika Injection 20N, Sika Monotop 610, Sika Monotop 612, Sika Monotop 620



Объект: Пешеходный переход на Северной железной дороге

Проблемы: Разрушение защитного слоя бетона опор, уменьшение несущей способности

Решение: Ремонт защитного слоя бетона, усиление несущей способности стоек опор

Используемые материалы: Sika Monotop 610, Sika Monotop 612, Sikadur – 41, Sika Wrap 230C, Sikadur – 330 Impregnating Resin, Sikagard 552 Aquaprimer, Sikagard 550 W Elastic, Sika Injection 20N, Sika Injection 29 New, Sika Colma Cleaner



Объект: Мост через р. Абин на км 93+010 а/д А-146 Краснодар - Новороссийск

Проблемы: Разрушение защитного слоя бетона опор, уменьшение несущей способности

Решение: Ремонт защитного слоя бетона, усиление несущей способности опор т пролетных строений

Используемые материалы: Sika Monotop 610, Sika Monotop 612, Sika Wrap 530C, Sika CarboDur, Sikadur – 330 Impregnating Resin, Sika Colma Cleaner, Sikagard 680



Construction

