

Ремонт растрескавшейся кладки при помощи спиральных анкеров

д-р. техн. наук Хайнц Майхснер



д-р. техн. наук Хайнц Майхснер, эксперт бетонных и железобетонных сооружений, Альтенбах

На рис. 3 представлены щели кладки перед установкой спиральных анкеров. Они проходят почти под прямым углом к трещине и должны охватывать опорные швы. Спиральные анкеры можно устанавливать в узких щелях кладки без использования другой щели только благодаря тому, что они изготовлены из нержавеющей стали и поэтому им не угрожает коррозия. Спиральные анкеры не являются стандартными изделиями для ремонта растрескавшейся кладки. Их использование основано на данных фирм-поставщиков и собственном опыте в области строительства железобетонных сооружений. Существуют различные мнения о принципе действия спиральных анкеров в кладке. Данная статья должна помочь разобраться в этом вопросе.



Рис. 3 Трещина в кладке, подготовленная для установки спирального анкера

1. Введение

В течение нескольких лет спиральные анкеры с успехом применяются для ремонта растрескавшейся кладки. Они представляют собой выточенные винтообразные стержни из нержавеющей стали трех номинальных диаметров (рис.1).

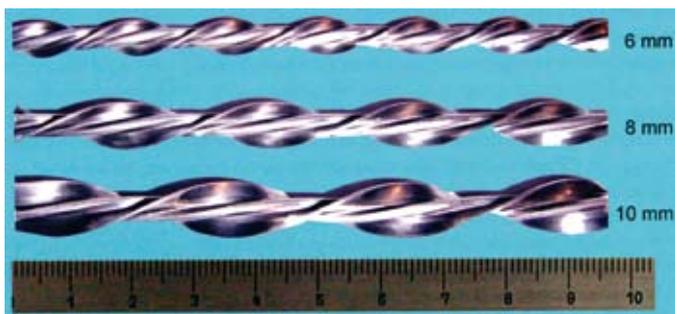


Рис. 1 Спиральный анкер с номинальным диаметром 6, 8 и 10 мм

Номинальный диаметр показывает максимальный размер сечения и не имеет никакого отношения к диаметру арматуры из железобетона. На рис. 2 дано сравнение в масштабе. Площади поперечного сечения спиральных анкеров в зависимости от номинальных диаметров составляют от 16 до 29% (рис. 2) по сравнению с круглым стержнем с численно равным диаметром стержня. Спиральные анкеры при помощи специального раствора запрессовываются вдоль трещины в щели кладки, создавая хорошее сцепление с окружающей кладкой.

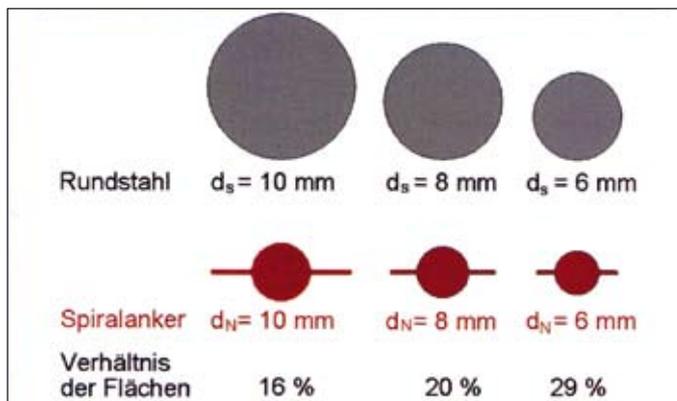


Рис. 2 Сравнение площадей поперечного сечения круглых стержней диаметром 6, 8 и 10 мм с площадями поперечного сечения спиральных анкеров тех же номинальных диаметров

2. Принцип действия спиральных анкеров в кладке

Спиральные анкеры не являются арматурой для обеспечения устойчивости элементов. В кладке они используются для предотвращения расширения трещины. С этой целью они обладают следующими свойствами:

- их модуль упругости составляет лишь 75% от модуля упругости арматурной стали ($E_{\text{спир}} = 150000 \text{ N/mm}^2$). Благодаря этому они легко растягиваются, т.е. при равном принудительном растяжении они развивают меньшие усилия, в результате чего нагрузка, вызывающая трещины в кладке при принудительном растяжении, после ремонта достигается не сразу и новая трещина не образуется,
- их площади поперечного сечения при численно равных номинальных диаметрах гораздо меньше площадей арматурных стержней (рис. 2). Вследствие этого растягивающие усилия, возникающие при принудительных растяжениях, меньше, чем при большем поперечном сечении. Опасность повторного образования трещины в кладке после ремонта уменьшается.

Благодаря этим свойствам возникает податливое соединение краев трещин, допускающее небольшие движения трещины и после ремонта. На возникающее при этом повторное раскрытие трещины в определенных пределах может влиять площадь спирального анкера (число и номинальный диаметр).

Ремонт растрескавшейся кладки при помощи спиральных анкеров д-р. техн. наук Хайнц Майхснер

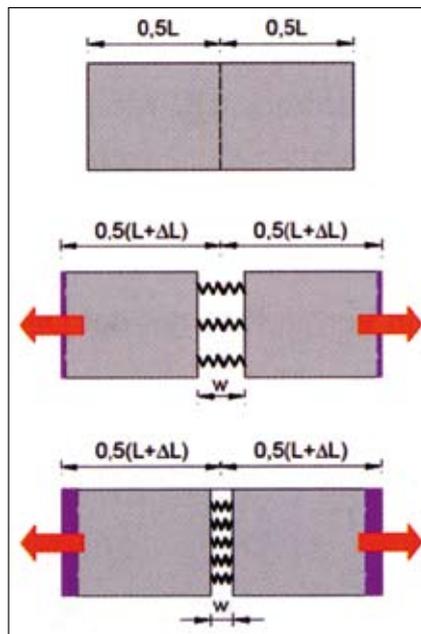


Рис. 4 Модель расчета соединения сторон трещины при растяжении строительного элемента. Фиолетовые полосы показывают растяжение кладки при различном количестве спиральных анкеров.

Ожидаемую расчетную ширину трещины можно определить путем статического расчета. Схема принципа действия представлена на рис. 4. Если стена после ремонта снова претерпевает растяжение, например, в результате охлаждения, то спиральные анкеры препятствуют раскрытию трещины и при этом немного растягиваются. При определенном растяжении трещина снова раскрывается на небольшую величину и в спиральных анкерах возникает растягивающее напряжение. Спиральные анкеры действуют как пружины. Если это дополнительное растяжение исчезает, например, из-за нагревания, то стороны трещины снова сближаются.

На рис. 4 представлено растяжение в кладке после ремонта при различном количестве спиральных анкеров. Пинудительное растяжение вызывает изменение длины как в спиральных анкерах, так и в кладке. Сумма обеих составляющих равна изменению длины элемента вследствие принудительного растяжения. Если поверхность спиральных анкеров небольшая, то тогда доля растяжения стали сравнительно велика и наоборот. Растяжение кладки не должно быть больше, чем относительное удлинение при разрыве, так как иначе образуется новая трещина.

Спиральные анкеры могут ощутимо растягиваться, когда имеются определенные условия для растяжения. Они образуются, тогда, когда в области трещин возникают нарушения в сцепления как у арматурных стержней в железобетоне. В отличие от железобетона присутствуют две поверхности сцепления для учёта усилий при вводе спиральных анкеров в кладку:

- поверхность сцепления между кладкой и специальным раствором (наружное сцепление),
- поверхность сцепления между специальным раствором и спиральным анкером (внутреннее сцепление).

Опыт показывает, что сцепление между анкером и специальным раствором лучше, чем анкера с железобетоном. Это объясняется более высокой прочностью специального раствора. Наружное сцепление зависит от типа кладки. Для этого имеются первые результаты испытания с кирпичной кладкой. Для других видов кладки, прежде чем будут получены дальнейшие результаты испытаний, по аналогии с прочностью сцепления на сдвиг можно использовать значения таблицы 1 (2). С их помощью можно определять длину анкерного крепления.

Тип каменной кладки	Прочность сцепления
Строительный кирпич	1,0 н/мм ²
Обычный кирпич с вертикальными пустотами и легкий кирпич с вертикальными пустотами	1,0 н/мм ²
Силикатный кирпич	0,40 н/мм ²
Легкие бетоны	0,9 н/мм ²
Пористые бетоны	0,25 н/мм ²

Таблица 1 Ориентировочные значения прочности сцепления между специальным раствором и спиральным анкером.

3. Влияющие факторы

С помощью анкеров можно закрывать трещины, возникающие в результате растягивающих усилий. Обычно такие усилия возникают из-за температуры или усадки. Для трещин, обусловленных

подобными нагрузками, применяется арматура с повышенным сопротивлением коррозии в соответствии с допуском Немецкого института строительной техники. Трещины, вызванные осадкой, так называемое наружное принуждение, также следует рассматривать как трещины от нагрузки, тем более, если осадка еще не закончилась. В противном случае в спиральных анкерах могут возникать значительные усилия, приводящие к повреждению кладки.

Внутренним принуждением являются растягивающие усилия из-за температурного и усадочного укорачивания кладки. Их величину и кривую воздействия можно достаточно точно вычислить (1). Усадочное укорачивание в зависимости от условий окружающей среды за несколько лет приближается к конечной величине, т.е. окончательной усадке. Деформация строительных элементов, обусловленная температурой, изменяется вместе с температурой этих элементов. Они являются влияющими параметрами в течение всего времени существования сооружения и в случае более старых сооружений представляют собой единственные воздействиями, которые следует учитывать при расчете. В расчете следует исходить из максимальной нагрузки. Решающее значение имеют средние температуры строительного элемента, а не температуры на поверхности, а. Для температурных изменений длины решающим фактором является самая низкая температура зимой, а для усадочных деформаций размер окончательной усадки, которая достигается в зависимости от вида кладки спустя несколько лет.

В случае более старых сооружений усадочное укорачивание больше учитывать не нужно, так как в течение первых 5 лет оно практически затухает. В этом случае значение имеют лишь температурные деформации, в то время как усадочные деформации уже закончились и «заморозились» вместе со спиральными анкерами. Спиральные анкеры претерпевают растягивающие нагрузки лишь при уменьшении температуры элемента после ремонта. Для расчета спиральных анкеров значение имеет лишь разница температуры элемента к моменту ремонта и к моменту самой низкой температуры элемента.

Ремонт растрескавшейся кладки при помощи спиральных анкеров

д-р. техн. наук Хайнц Майхснер

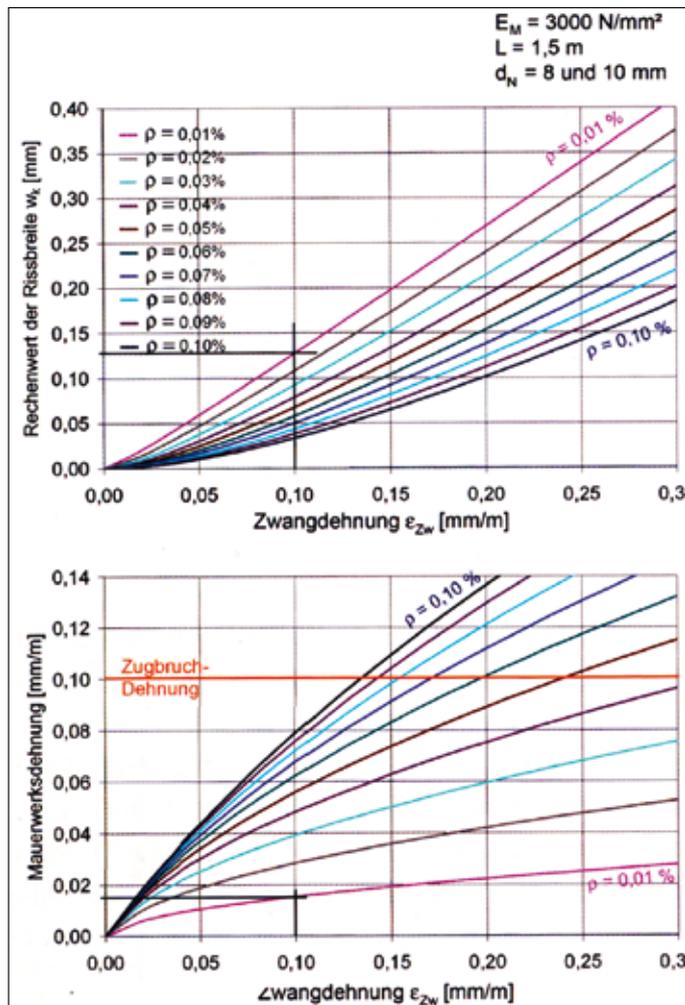


Рис. 5 Графики расчета модуля растяжимости кладки $E_M = 3000 \text{ н/мм}^2$ и длина растяжения $L = 2 \text{ мм}$

4. Расчет спиральных анкеров

В расчет закладывается пружинная модель согласно рис. 4. Входными величинами являются принудительное растяжение

E_{zw} , модули упругости для спиральных анкеров E_{spir} и кладки для горизонтального растяжения E_M , а также длина растяжения L кладки. В работе [1] выведены формулы расчета и приведены графики для несложного расчета спиральных анкеров.



Рис. 6 Примеры оценки длины растяжения L кладки. Желтым цветом показана растянутая площадь кладки.

Графики приведены для номинальных диаметров $d_N = 8$ и 10 мм . Спиральные анкеры номинального диаметра $d_N = 6 \text{ мм}$ для растягивающей нагрузки после ремонта не рекомендуются.

Пример графиков такого расчета представлен на рис. 5. На верхнем графике можно определить соотношение спиральных анкеров $\rho = A_{spir}/A_M$ (отношение площади спирального анкера A_{spir} к соответствующей растянутой площади

кладки A_M) для определенной расчетной ширины трещины. Важной входной величиной является принудительное растяжение E_{zw} . В отличие от обычных статических расчетов, в которых едва ли определяется принудительное растяжение, для расчета спиральных анкеров она является единственной влияющей величиной.

На нижнем графике представлено растяжение кладки в зависимости от принудительного растяжения и соотношения спиральных анкеров. Он служит для контроля, т.е. существует ли опасность возникновения новой трещины в выбранных или определенных условиях. На графике видно, что при сильной арматуре (большая величина ρ) опасность появления новой трещины больше, чем при более слабой арматуре. Это связано с тем, что более жесткая арматура менее растяжима и поэтому в кладке возникает более высокое растягивающее усилие (см. рис.4), что дает величину общего растяжения.

Длину растяжения следует определять по картине трещины, для чего требуется чертеж трещины в приблизительном масштабе, по которому можно вывести эту величину. На рис.6 даны несколько примеров.

5. Правила конструирования

5.1. Основные положения

Расчет согласно [1] имеет некоторые упрощения и предположения, способные влиять на результат расчета ширины разброса данных. На основании современного уровня знаний расчет едва ли можно упростить, так как и для входных величин (например, модуль горизонтальной растяжимости) методы контроля, используемые на объекте, неизвестны и поэтому необходима оценка.

Камень кладки	Длина анкерного крепления (мм)			
	Общий	$d_N = 6 \text{ мм}$	$d_N = 8 \text{ мм}$	$d_N = 10 \text{ мм}$
Строительный кирпич	30	180	240	300
Кирпич с вертикальными пустотами и легкий кирпич с вертикальными пустотами	30	180	240	300
Силикатный кирпич	50	300	400	500
Легкий бетон	30	180	240	300
Пористый бетон	80	480	640	800

Таблица 2 Значения длины анкерного крепления в зависимости от номинального диаметра d_N

Ремонт растрескавшейся кладки при помощи спиральных анкеров

д-р. техн. наук Хайнц Майхснер

В целях компенсации недостаточности расчета необходимо соблюдать правила конструирования, выведенные на основании испытанного практического опыта.

5.2 Анкерное крепление и стыки

Наружная прочность сцепления, прежде всего, зависит от прочностных свойств соответствующей кладки. При одинаковой геометрии щелей стены и одинаковом закрепляющем растягивающем усилии для различных видов камня и раствора получается разная длина анкерного крепления. Длина анкерного крепления выбирается таким образом, чтобы при растягивающих нагрузках на внутренней поверхности сцепления оно нарушалось. В таблице 2 приведены рекомендованные значения длины анкерного крепления в зависимости от номинального диаметра d N спирального анкера.

Длина анкерного крепления зависит от напряжения стали в спиральном анкере. Для расчета длины анкерного крепления, зависящего от напряжения, согласно таблице 2 следует применить сравнительно высокое напряжение стали, которое распространяется на все практически возникающие случаи. Если значения принудительного растяжения меньше, то напряжение стали может иметь меньшие значения. В таком, отдельно рассматриваемом случае длину анкерного крепления можно уменьшить до расчетной длины.

При стыке спиральных анкеров длина охвата должна быть равна длине анкерного крепления.

5.3 Геометрия щели кладки

Щель кладки может быть узкой и глубокой или плоской и высокой или иметь промежуточную форму. Во избежание повреждения кладки следует ориентироваться на существующие швы, расширять или только расчищать их до необходимой глубины. Эффективный объем щели кладки состоит из длины горизонтальной нижней поверхности щели и половинной горизонтальной высоты с задней стороны щели. На рис. 7 представлены две, примерно одинаковые щели, отличающиеся друг от друга

отношением глубины к высоте. Щель слева имеет эффективный объем $50 + 12/2 = 56$ мм, а правая $40 + 25/2 = 52,5$ мм.

Эффективный объем щели должен составлять минимум 50 мм. Глубина щели может привести к проблемам устойчивости, если она глубже 30 мм. В данном случае следует определить устойчивость стены с горизонтальной щелью или выбрать защитные меры на период строительных работ.

Если спиральный анкер должен иметь стык, то щель необходимо расширить по длине анкерного крепления.

Нанесение раствора служит для передачи усилий между спиральным анкером и кладкой. Для этого достаточно увеличения номинального диаметра на несколько миллиметров при условии, что сталь имеет обшивку со всех сторон. По отношению к номинальному диаметру рекомендуется покрытие толщиной 10 мм.

5.4 Минимальные и максимальные расстояния

Минимальные расстояния между спиральными анкерами создаются посредством расстояний между опорными швами. Для максимальных расстояний действует правило, заключающееся в том, что фиксированные трещины между спиральными анкерами не раскрываются больше, чем непосредственно на спиральном анкере. Рекомендуется величина 300 мм. В исключительном случае расстояние может увеличиться до 400 мм, если этого требует, например, разделение швов и спиральные анкеры используются не полностью.

6. Вывод

Спиральные анкеры из-за своих небольших площадей поперечного сечения и меньшего по сравнению с арматурной сталью модуля упругости хорошо подходят для дополнительного соединения элементов растрескавшейся кладки. Так как они изготовлены из нержавеющей стали, то без угрозы коррозии их можно использовать в кладке и с небольшим слоем раствора. Задачей спиральных анкеров является гибкое соединение краев трещины для того, чтобы при действующих после

ремонта растягивающих усилиях допустить небольшое гибкое раскрытие трещины.

Благодаря благоприятным гибким свойствам при дополнительном растяжении

возникают лишь небольшие растягивающие усилия, при которых нагрузка, вызывающая трещины в кладке, снова не проявляется. Если учитывается растяжение спиральных анкеров и растяжение кладки в направлении установленных спиральных анкеров, то путем расчета можно определить количество и диаметр необходимых спиральных анкеров. Расчет выполнен в работе [1] в виде графиков.

Литература

[1] Meichsner, H.: Спиральные анкеры для ремонта кладки - Расчет и конструирование. Штутгарт, издательство Fraunhofer IRB, 2009

[2] Schubert, P.: Свойства кладки, строительный кирпич, раствор для кладки и штукатурные работы. Mauerwerkaleander 2008, Берлин, издательство Ernst & Sohn 2008

[3] Институт испытания материалов для строительства, Брауншвейг: Протокол испытаний, документ № 1065/7363a - Gu/Sei от 28.07.2005

