

Проект «Повышение
устойчивости к рискам стихийных
бедствий в Кыргызстане» [ERIK]

Программа обучающего семинара:
«Качественное строительство школ и технический надзор:
Извлеченные уроки в рамках реализации проекта ERIK»
23 и 29 апреля 2025 г.

Сессия 2: Типичные дефекты/проблемы в строительстве при усилении существующих зданий школ

Светлана Н. Бржев

Д.т.н., проф. – Университет Британской Колумбии [UBC], Канада
Почетный проф. – МУИТ

Улугбек Т. Бегалиев

Д.т.н., проф. – Международный университет инновационных технологий [МУИТ]
Президент – Международная Ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству
[МАЭСС]

Темы

А. Усиление зданий со стенами комплексной конструкции

- a) Пространственная жесткость
- b) Фундаменты
- c) Стены
- d) Перекрытия (покрытия)

В. Усиление железобетонных колонн в зданиях из железобетонной и комплексной конструкции

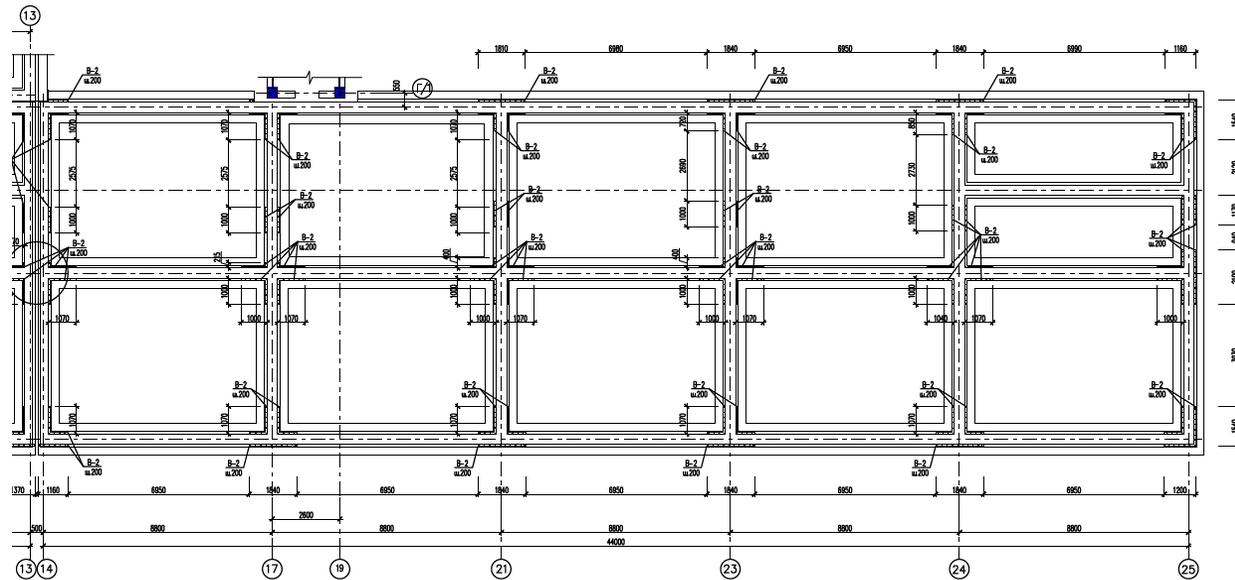
С. Усиление зданий железобетонной каркасной системы

Усиление зданий

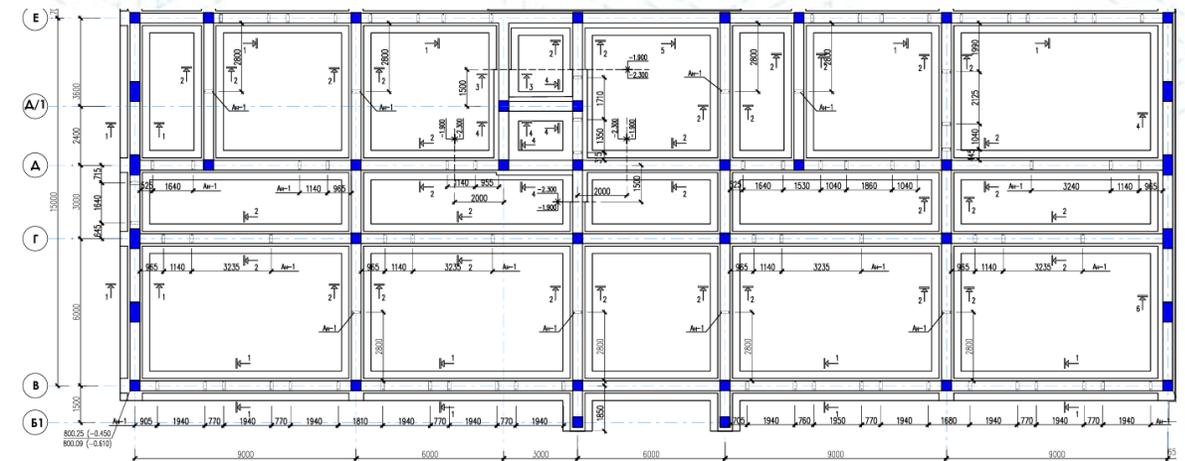
- Разработка проектов по усилению требует современных знаний и понимания поведения конструкций и сейсмостойкости здания
- Выполнение работ по усилению в кирпичных и железобетонных зданиях требует применения современных технологий, навыков и оборудования для установки стальных анкеров в существующие стены, торкретирования и других методов усиления

Здания школ в Кыргызстане: конструктивные системы из кирпичной кладки (1/2)

- 1) Неармированные кирпичные здания
- 2) Здания со стенами комплексной конструкции
- 3) Здания со стенами комплексной конструкции и железобетонной каркасной системой



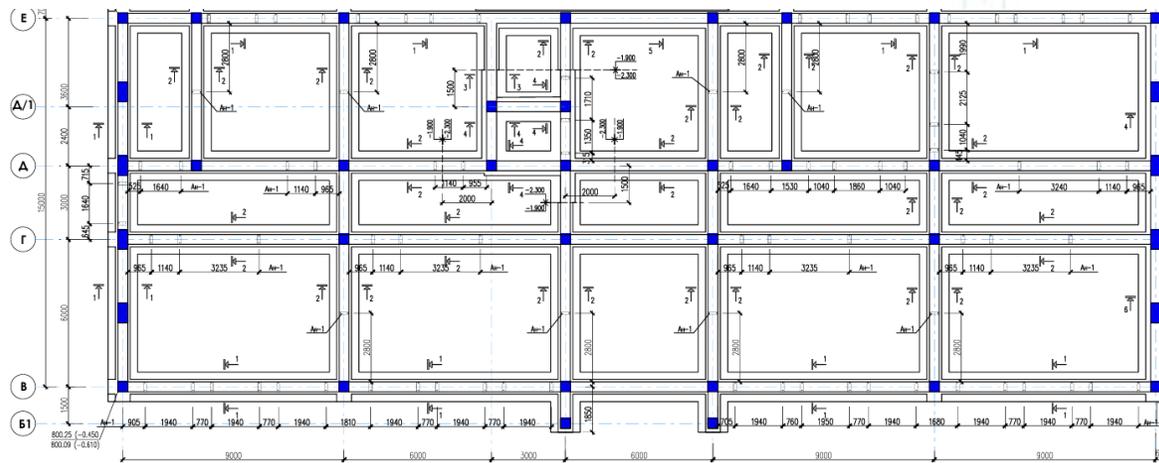
Неармированные кирпичные здания
(кирпичные стены без железобетонных
конструктивных элементов)



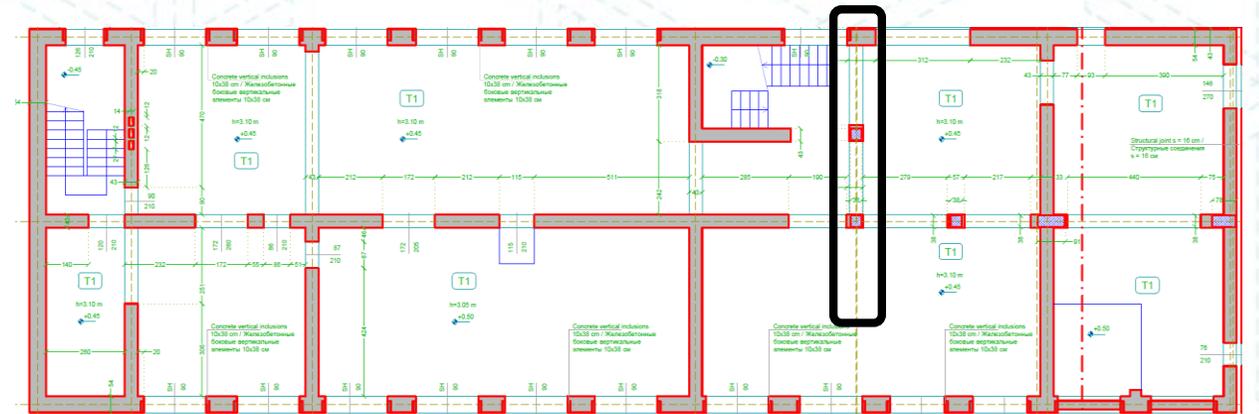
Здания со стенами комплексной конструкции
(кирпичные стены с железобетонными
включениями и антисейсмическим поясом)

Здания школ в Кыргызстане: конструктивные системы из кирпичной кладки (2/2)

- 1) Неармированные кирпичные здания
- 2) Здания со стенами комплексной конструкции
- 3) Здания со стенами комплексной конструкции и железобетонной каркасной системой



Здания со стенами комплексной конструкции (кирпичные стены с железобетонными включениями и антисейсмическим поясом)



Здания со стенами комплексной конструкции и железобетонной каркасной системой (несколько внутренних железобетонных каркасных систем в местах, где стены не требуются)

А. Усиление зданий со стенами комплексной конструкции

Усиление предназначено для улучшения пространственной жесткости здания и повышения прочности основных конструкций (фундаменты, стены, перекрытия и покрытия)

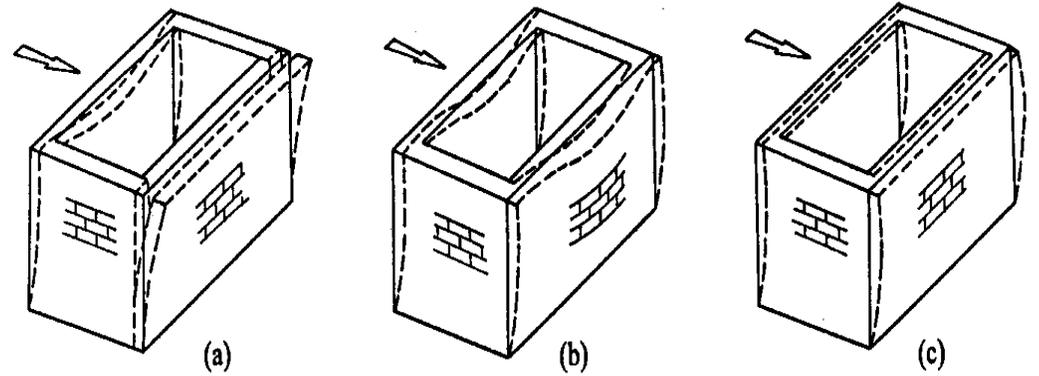
Как улучшить пространственную жесткость кирпичных зданий?

Повышение прочности узлов соединений:

- Узел соединения стен
- Узел соединения стены и перекрытия
- Узел соединения стены и покрытия

Поведение здания при сейсмических воздействиях должно быть в форме коробки

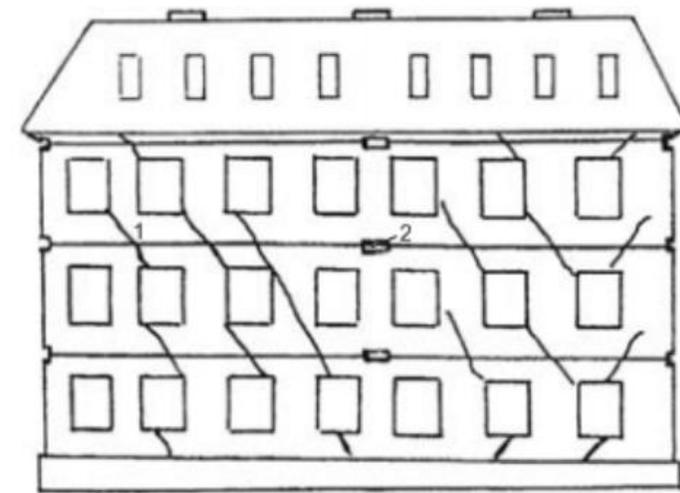
Здания со стенами комплексной конструкции имеют вертикальные железобетонные включения и горизонтальный антисейсмический пояс => пространственная жесткость лучше чем неармированные кирпичные здания



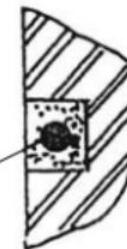
Source: Tomažević (1999)

Улучшение пространственной жесткости^a в неармированных кирпичных зданиях: стальные стержни

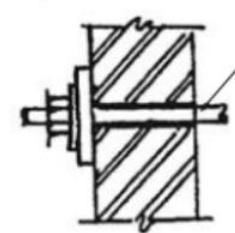
- Примеры применения и реализации в КР
- Стальные стержни (гладкие или арматурные стержни $\varnothing 12-20$ мм) устраиваются в щели с диаметром 20-30 мм
- Концы стальных стержней преднапряжены и заанкерены (стальными пластинами и болтами)



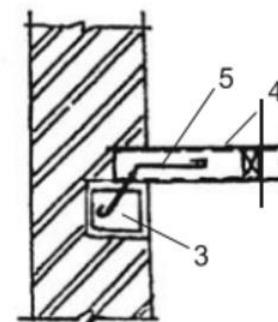
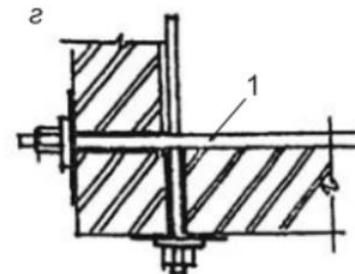
б



в



г



е

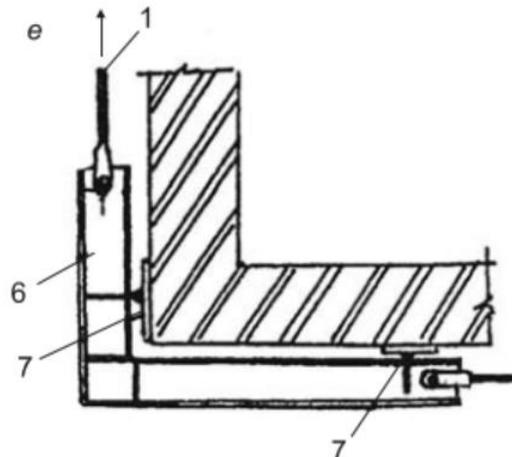


Фото Бегалиева У.Т., 2007г.

Улучшение пространственной жесткости в неармированных кирпичных зданиях: стальные профили (швеллеры и уголки)

- Примеры применения и реализации в КР
- Стальные профили (швеллеры и уголки) устанавливаются в горизонтальном и вертикальном направлениях
- Стальные профили предназначены в качестве вертикальных включений и сейсмопоясов в зданиях со стенами комплексной конструкции
- Важно, чтобы профили были непрерывными по высоте и длине здания

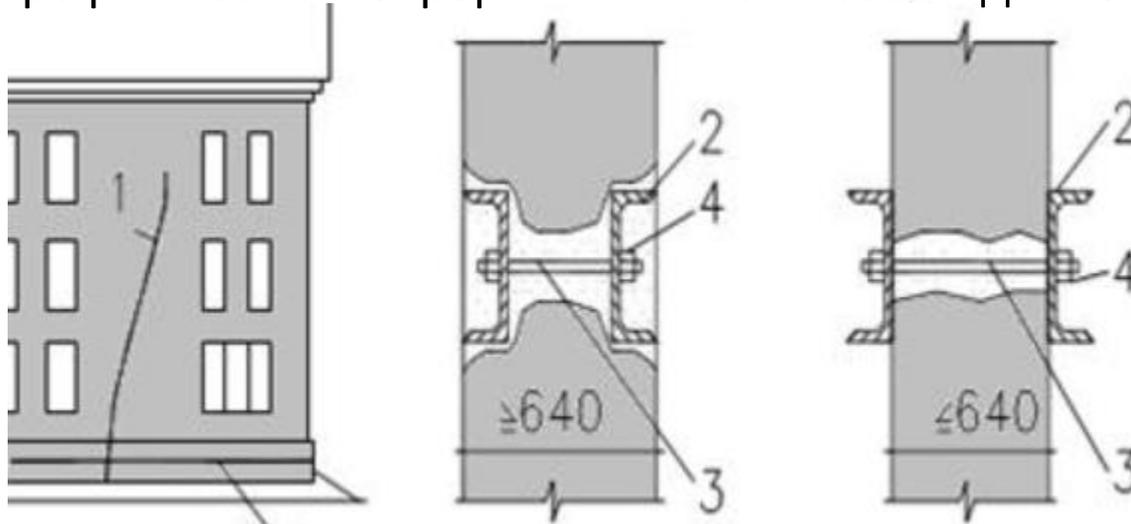


Photo from Ulugbek Begaliev, 2007

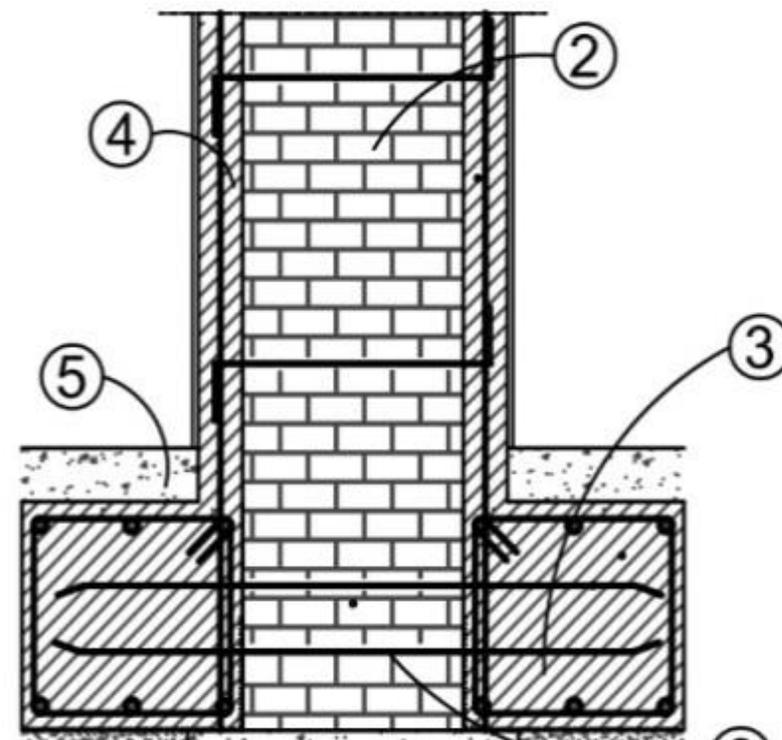


Усиление неармированной кирпичной кладки стальными элементами. Школа им. Ленина в Оше, 2008 г. (фото Бегалиева У.Т.)



Усиление фундаментов

Ширина существующих фундаментов стен недостаточные -> следует устроить новые железобетонные балки и соединить их с существующим фундаментом



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление фундаментов: сложности строительных работ

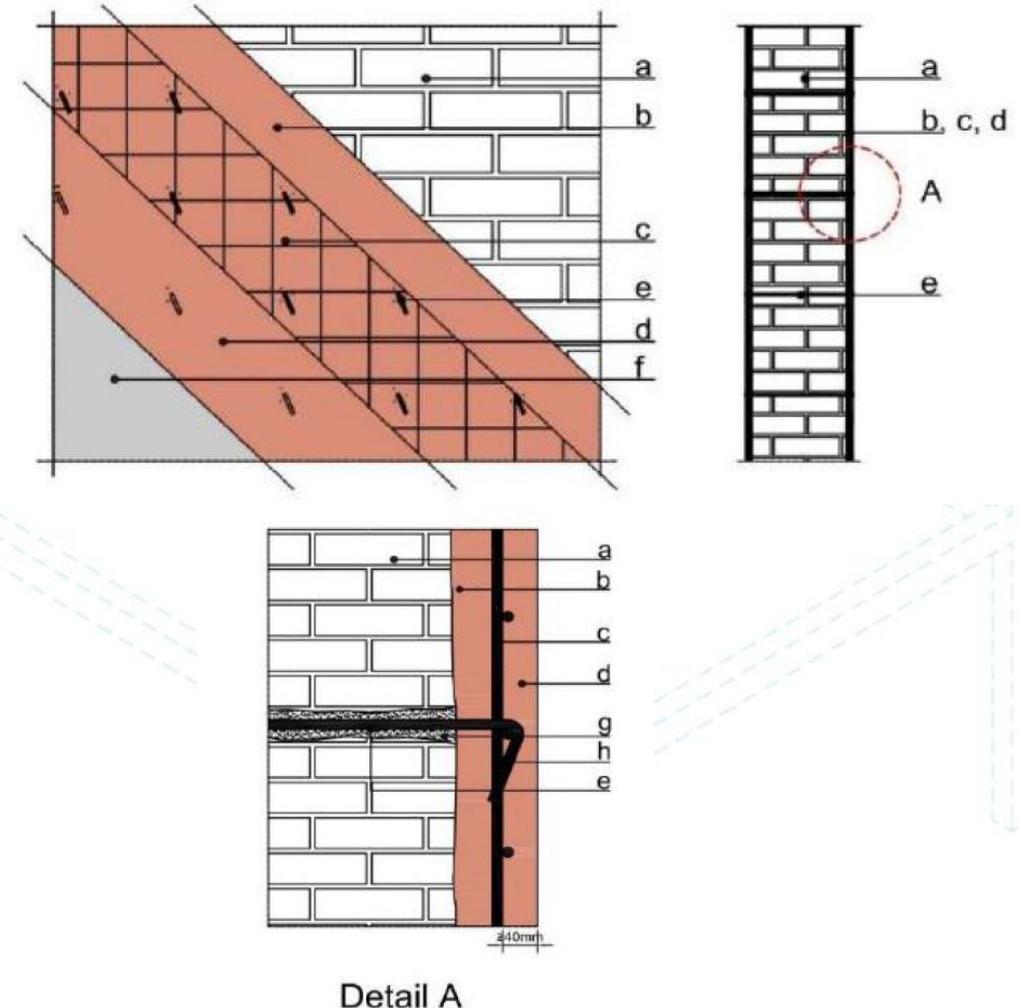
1. Подготовка поверхности
2. Устройство анкеров в существующие фундаменты



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление кирпичных стен

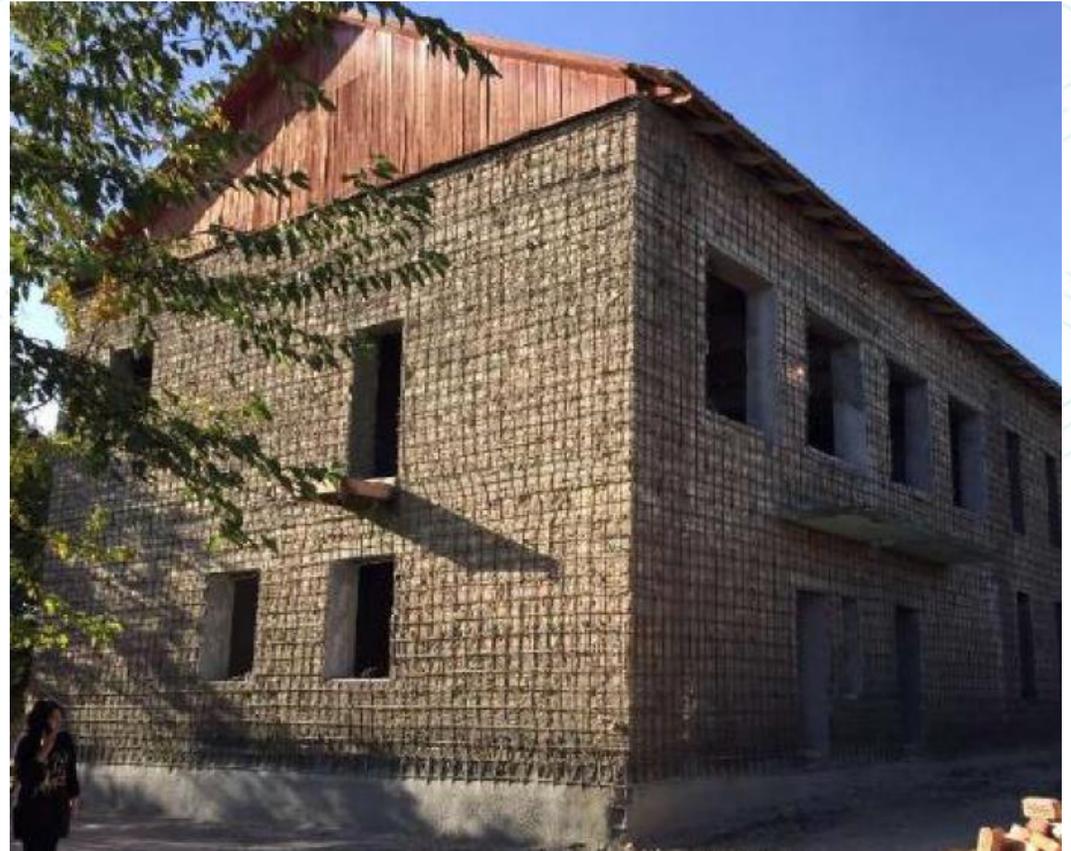
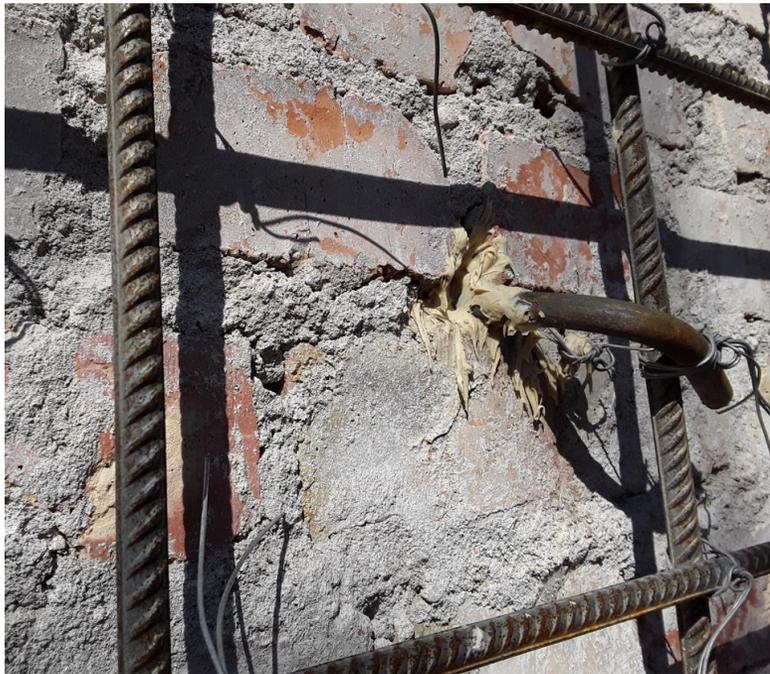
- Прочность существующих кирпичных стен недостаточные, чтобы выдерживать сейсмические нагрузки -> **стены и их стыки необходимо усилить**
- Распространенный подход сейсмического усиления – устройство новых слоев железобетона (обойм) с их последующим соединением с существующими стенами



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление кирпичных стен: сложности строительных работ

1. Подготовка поверхности
2. Устройство анкеров в стены
3. Нанесение слоев торкретирования



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление кирпичных стен: сложности строительных работ

1. Подготовка поверхности

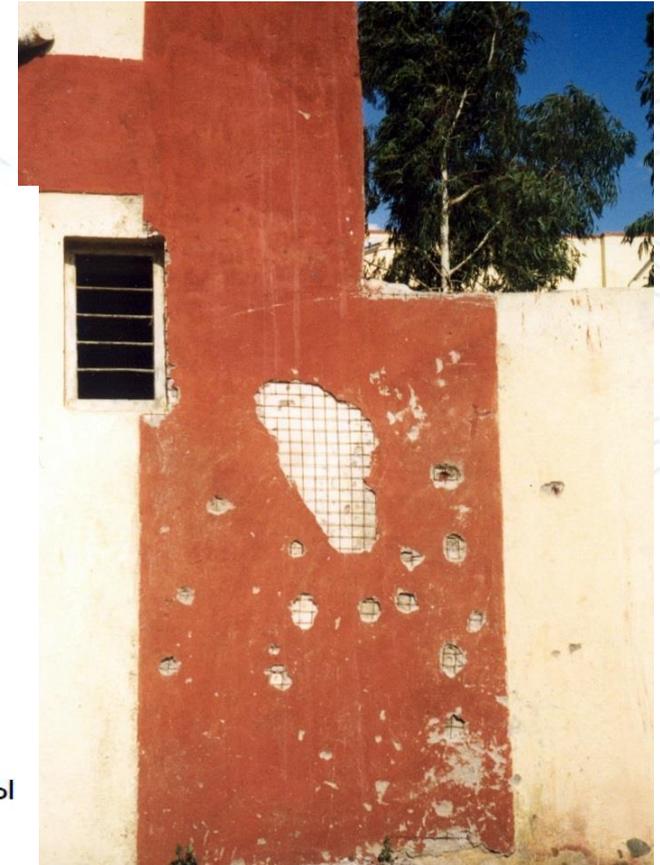
Существующую штукатурку следует полностью удалить!



Для усиления необходимо подготовка поверхности стен удалением старой штукатурки



Недостаточно очищенная поверхность стены (старая штукатурка полностью не удалена)



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление кирпичных стен: сложности строительных работ

2. Устройство анкеров в стены

Основные трудности (проблемы) связаны со сверлением отверстий в кирпичных стенах и заполнением отверстий раствором

Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)



Анкеры готовы к установке



Сверление отверстий в стене для установки анкеров (Энкон)



Анкеры сквозь стен после установки (внимание: прямые стержни – до сгибания концов)



Конечное положение анкеров в стене (после армирования стены и сгибания концов анкеров)

Усиление кирпичных стен: сложности строительных работ

3. Нанесение торкретирования

Опыт строительства, связанный с применением метода торкретирования для усиления зданий в КР, весьма ограничен.



Армированная поверхность стены покрыта торкретированием (обрызгиваемый бетон) в 2 слоя (на фотографиях - после 1-слоя)



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление зданий школ из кирпичной кладки: примеры реализации в КР (1/3)

- В процессе реализации Проекта Всемирного банка по развитию городов (2015-2021 гг.) было проведено усиление 6 школ и детских садов (3 в Токтогуле и 3 в Балыкчы) – конструктивная система школ: комплексные конструкции и неармированная кирпичная кладка



Устройство торкретирования в школе им. Ч. Айтматова, Токтогул (проект ВБ)



Школа им. Ч. Айтматова, Токтогул – после усиления

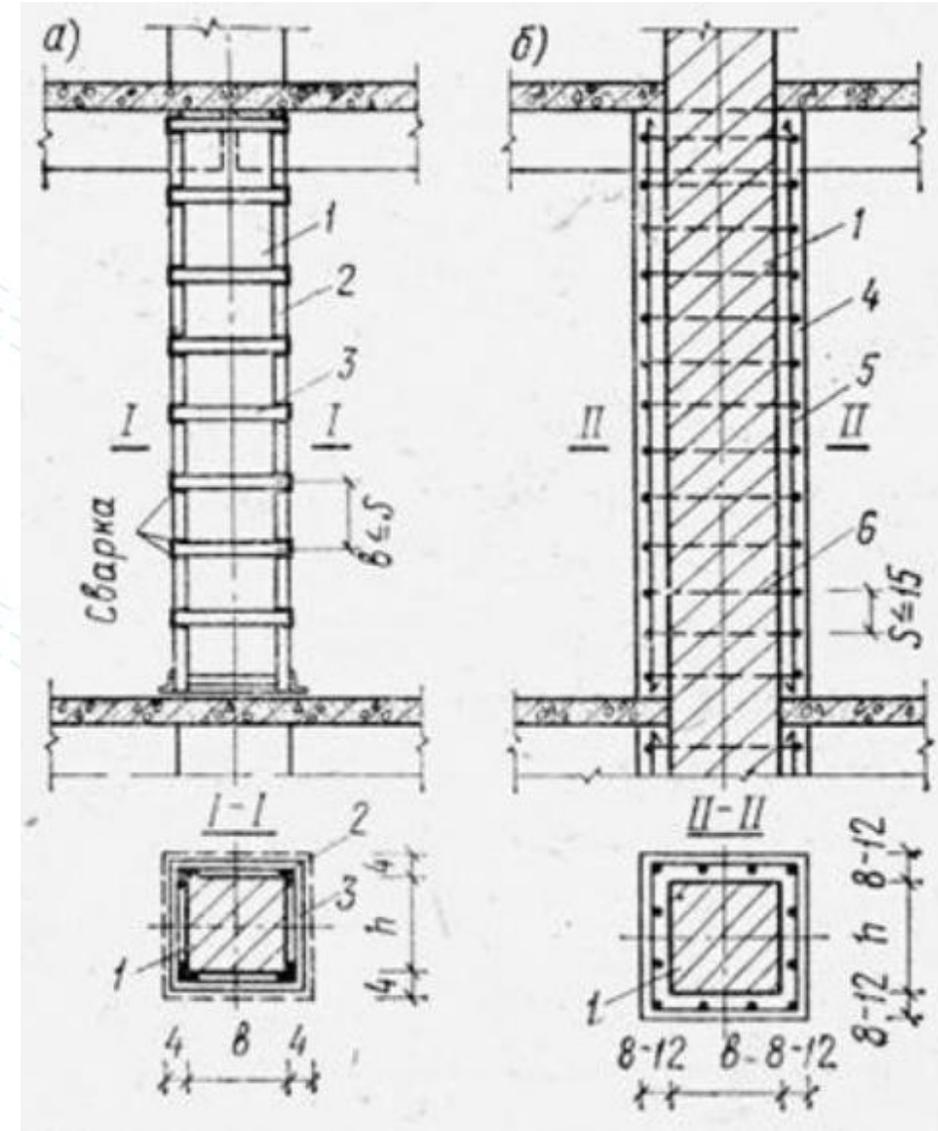
Усиление зданий школ из кирпичной кладки: примеры реализации в КР (2/3)

- Малое количество примеров реализации усиления кирпичных зданий с использованием торкретирования в Кыргызстане
- Усиление школы № 44 в Бишкеке (неармированная кирпичная кладка) была проведена в 2017 году (не спонсировалась Всемирным банком)



Прогресс по устройству торкретирования, школа №44 в Бишкеке (фото Бегалиева У.Т.)

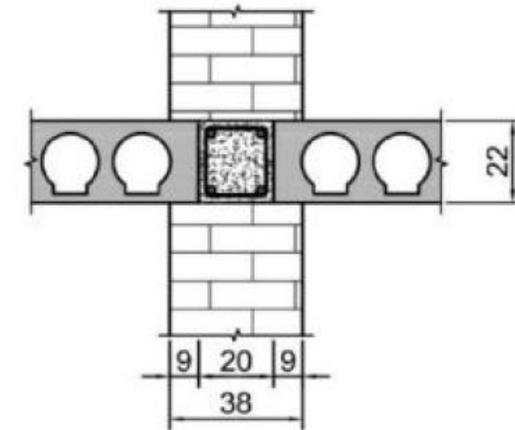
Усиление кирпичных колонн стальной обоймой: примеры реализации в КР (3/3)



Усиление школы №44, Бишкек, 2017 г.
(фото Бегалиева У.Т.)

Усиление перекрытий (сборные железобетонные многопустотные плиты перекрытия)

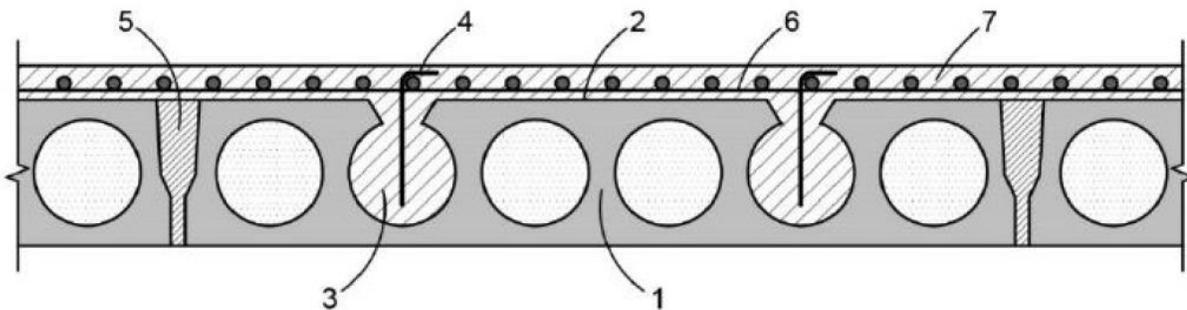
- Существующие сборные многопустотные железобетонные плиты перекрытия недостаточно прочны - противостоят горизонтальным сейсмическим силам
- Распространенный подход по усилению заключается в возведении нового слоя железобетона поверх существующего перекрытия



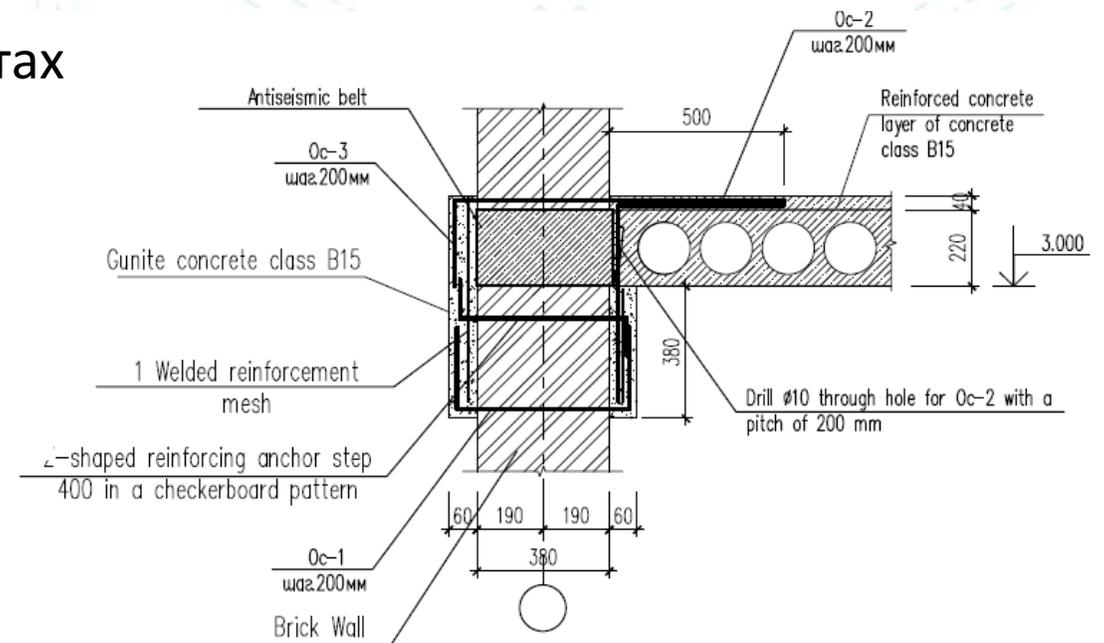
Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление сборных железобетонных многопустотных плит перекрытий: сложности строительных работ

1. Заполнение пустот в плитах перекрытия (3) и устройство анкеров (4) в многопустотных плитах



2. Узел соединения стены и перекрытия

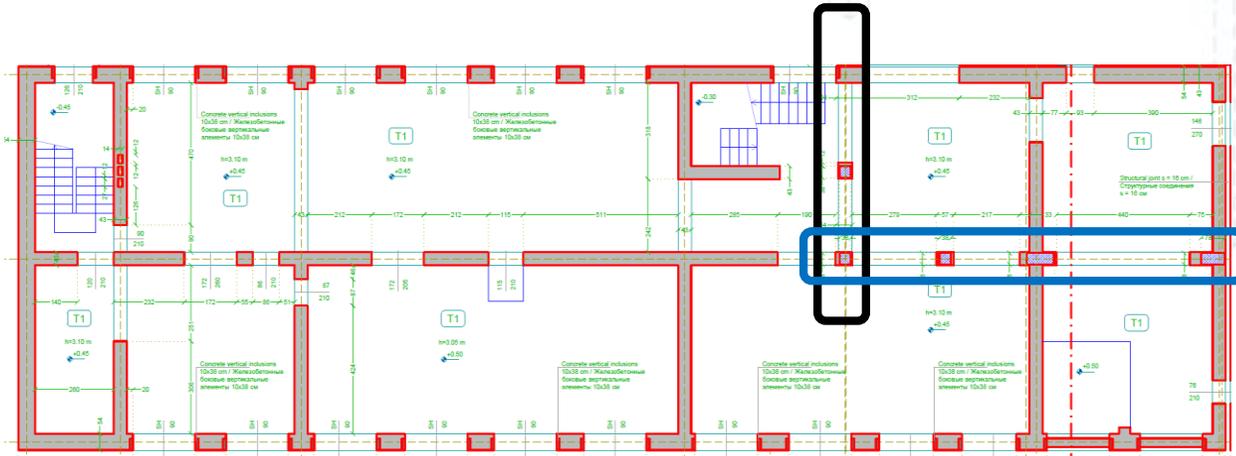


Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Источник: Проект усиления школы им. Маткеримова, проект ERIK

В. Усиление железобетонных каркасных систем в зданиях со стенами комплексной конструкции

Усиление предназначено на повышение прочности существующих железобетонных колонн для сопротивления воздействию вертикальных и горизонтальных нагрузок



Усиление железобетонных колонн: распространенные методы

- 1. Стальная обойма** может быть устроена в виде горизонтальных стальных хомутов (пластин), приваренных к вертикальным уголкам, образующих каркас и охватывающих существующие колонны
- 2. Железобетонная обойма** может быть устроена с применением горизонтальных и вертикальных арматурных стержней и бетонного слоя

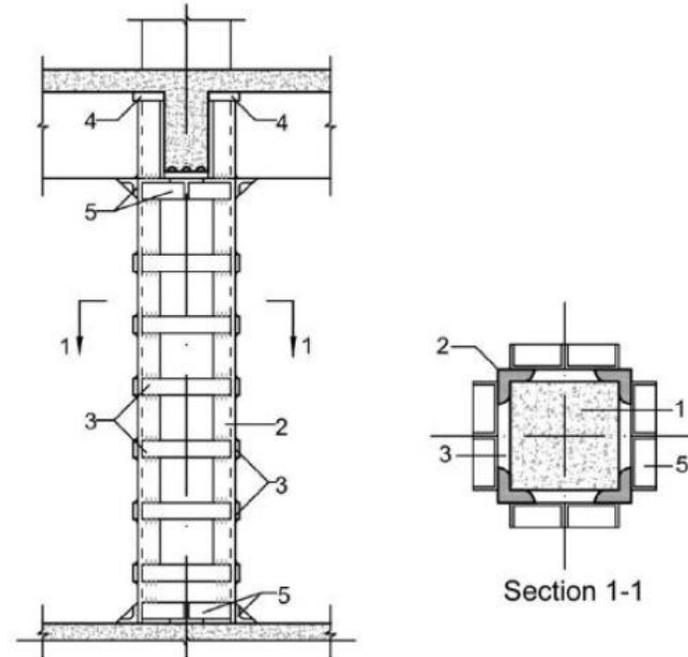


Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление железобетонных колонн: сложности строительных работ

1. Стальная обойма

- *Выполнение сварки в сельской местности может быть затруднено из-за ограниченного доступа к оборудованию и нехватки квалифицированных специалистов, а также невозможности контроля качества сварки.*
- *Может быть сложно обеспечить непрерывность стальной обоймы через перекрытия и надежное анкерование в фундамент*

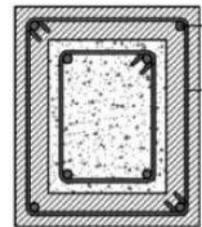
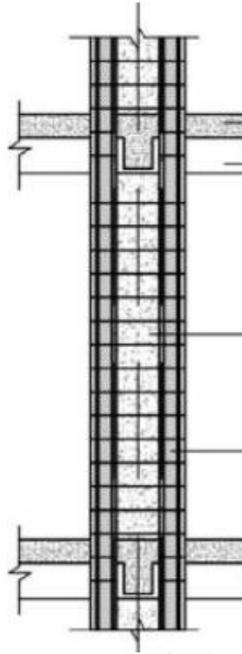


Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Усиление железобетонных колонн: сложности строительных работ

2. Железобетонная обойма

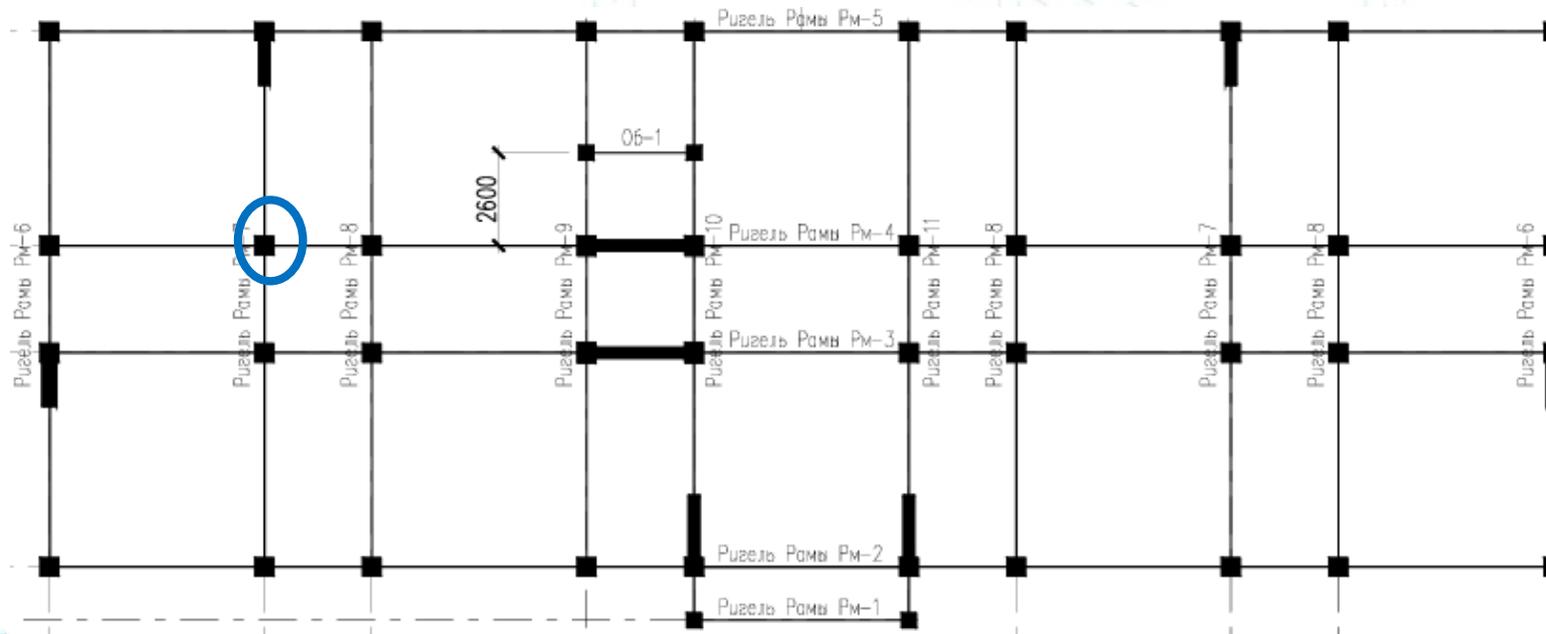
- *Может быть сложно очистить поверхность существующей колонны и добиться достаточно хорошего сцепления между новым и существующим бетоном*
- *Может быть сложно обеспечить непрерывность вертикальной арматуры через перекрытия*



Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

С. Усиление железобетонных каркасных систем

Усиление предназначено для повышения прочности и пластичности существующей железобетонной каркасной системы



Усиление железобетонных каркасных систем: распространенные методы

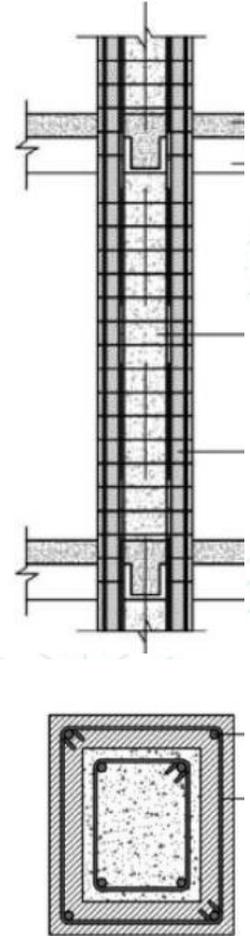
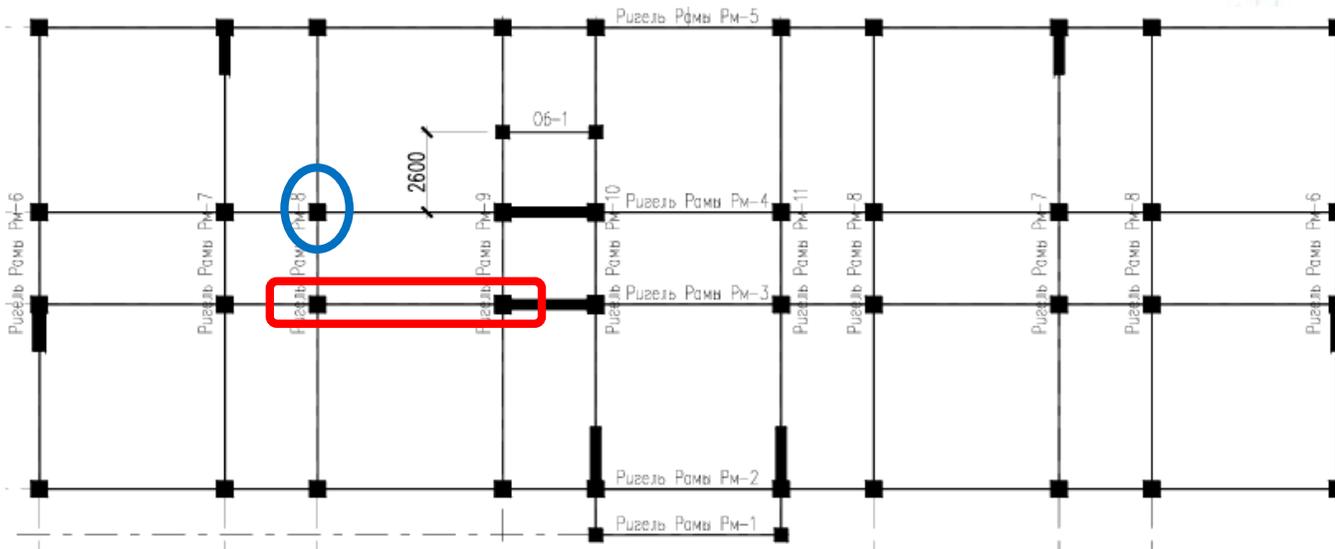
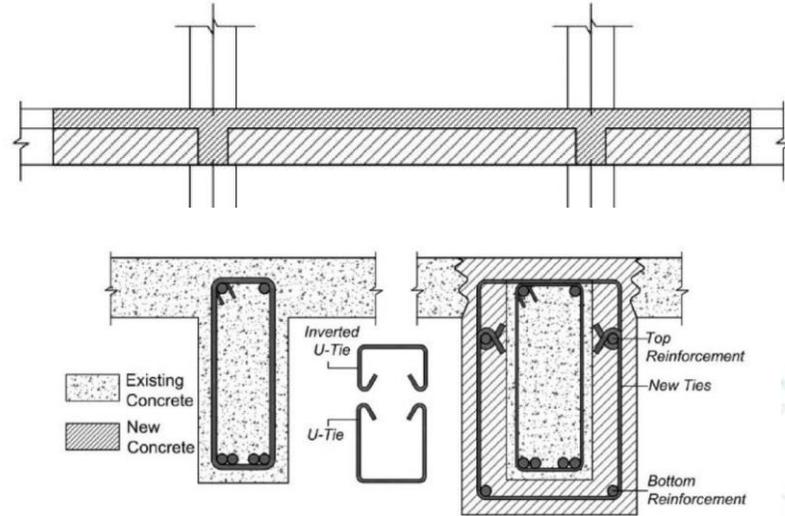
а) Усиление существующих железобетонных колонн и ригелей обоймой

или

б) Добавлением новых железобетонных диафрагм жесткости или новых стальных связей жесткости

Усиление железобетонных каркасных систем обоймой

Либо железобетонная
или стальная обойма
может быть применена



Усиление зданий железобетонных каркасных систем добавлением новых железобетонных диафрагм жесткости

- Армирование должно быть непрерывной через перекрытие!
- Бетонная конструкция должна быть выполнена надлежащим образом (как и при любом новом бетонировании)



Последствия землетрясений для железобетонных зданий школ



Обрушение железобетонного здания школы в Турции из-за механизма слабого (гибкого) этажа на уровне 1-го этажа (из-за землетрясений в феврале 2023 г.)

Источник: Озтюрк и др. (2023 г.)

Значительные повреждения железобетонного здания школы в Хатае, Турция из-за недостатков железобетонной конструкции

Источник: Университет Британской Колумбии, Канада, полевое обследование (2024 г.)

Последствия землетрясений для железобетонных зданий школ

Воздействие землетрясения в Непале 2015 года на железобетонные здания школ



Обрушение железобетонного здания школы в Непале из-за механизма гибкого (слабого) этажа на уровне 1-го этажа



a)



b)

Рисунок 3-25. Полное обрушение железобетонного здания школы в Катманду, Непал, вследствие землетрясения в Горкха в 2015 году: а) школьное здание до землетрясения; и б) после землетрясения (Фотографии: С. Бржев)

Источник: Бржев и Бегалиев (2018 г.)

Литература



<https://iaeee.kg/benefits-in-russian/>

Благодарим за ваше внимание!

