

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 1: Типичные дефекты при строительстве новых 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]

Содержание

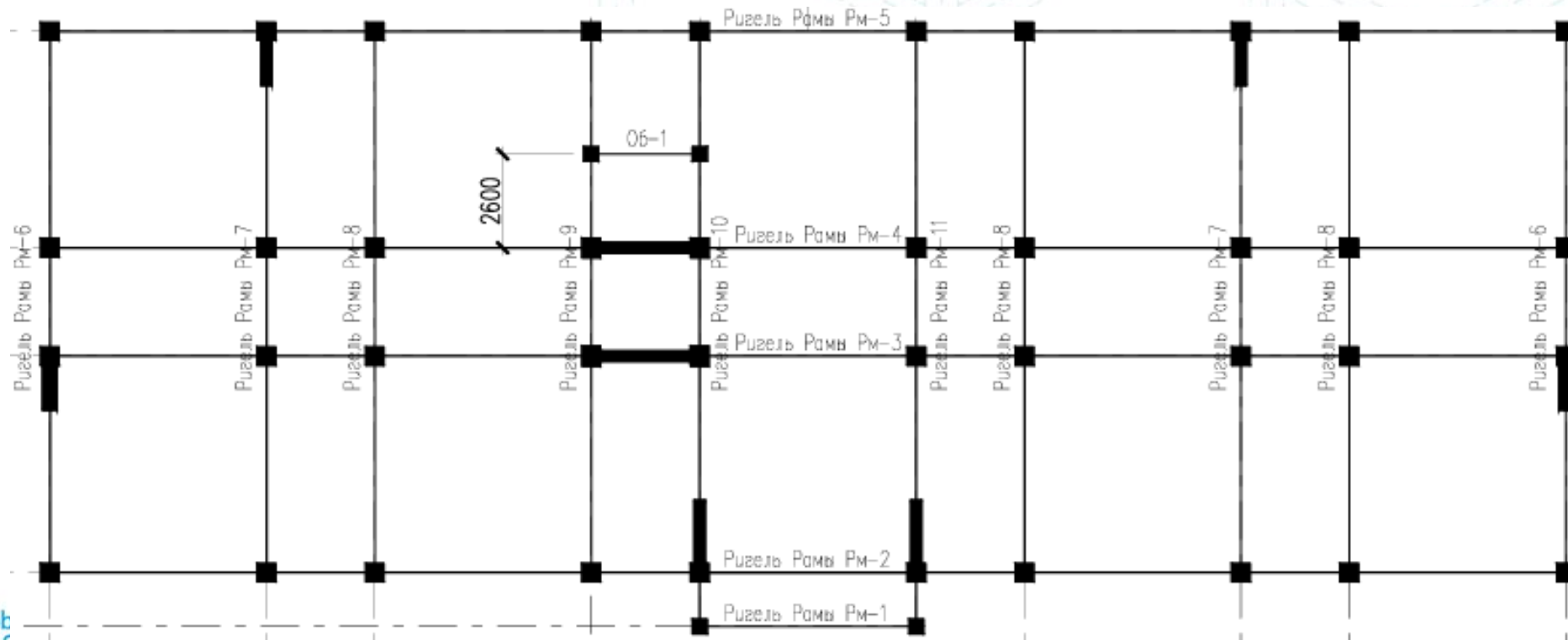
- Понимание конструктивного решения здания:
 - А) со стенами комплексной конструкции;
 - Б) каркасные здания с кирпичным заполнением;
 - В) каркасные здания с диафрагмами жесткости и кирпичным заполнением
- Возможные отклонения и основные риски при:
 - 1) несоблюдении проектных решений и технологии производства работ;
 - 2) приемке материалов и испытании конструкций;
 - 3) контроле качества строительных работ

- **Стены комплексной конструкции** представляют собой конструкции стен, усиленные монолитными железобетонными включениями и сетками из арматуры, укладываемыми в горизонтальных швах кирпичной кладки



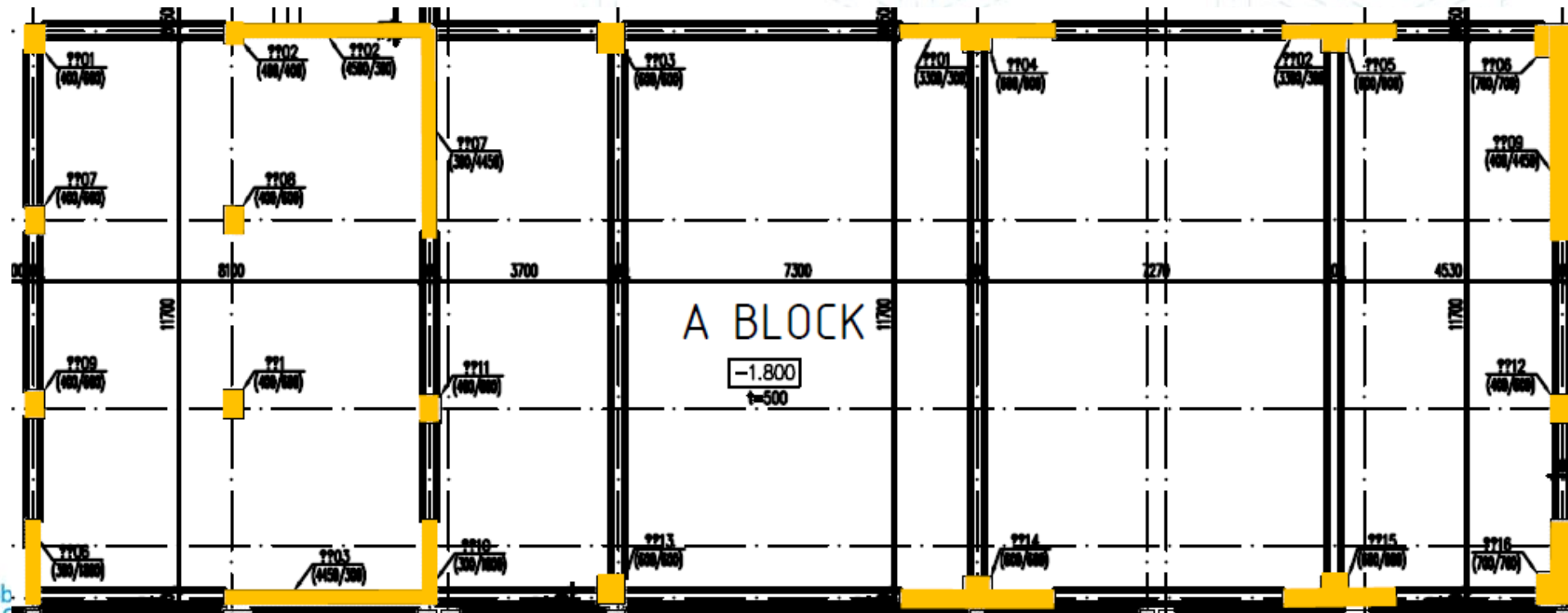
Каркасные здания с кирпичным заполнением

- Каркас из колонн и ригелей с жесткими узлами воспринимает вертикальные и горизонтальные нагрузки;
- Заполнение из комплексной конструкции изолированы от каркаса и не воспринимает ни вертикальные и ни горизонтальные нагрузки



Дуальная система: Каркасные здания с диафрагмами жесткости и кирпичным заполнением

- Вертикальные нагрузки в основном воспринимает рамный каркас;
- Горизонтальные нагрузки в основном воспринимает вертикальные диафрагмы жесткости



Дефекты в строительстве

1) Земляные работы

А) Стены комплексной конструкции

2) Железобетонные включения

3) Кирпичная кладка

4) Сборные ЖБ многопустотные плиты
перекрытия

5) Качество заливки бетона

6) Сварочные работы

Б) Железобетонные каркасные здания с кирпичным заполнением

7) Требуемый защитный слой бетона

8) Зазор между кирпичным заполнением и
жб колоннами

9) Шарнирное соединение жб включений с
ригелями

В) Железобетонные диафрагмы жесткости

10) Устройство жб диафрагм
жесткостей

11) Требуемый изгиб арматуры

Г) Ненесущие элементы

12) Соединение ненесущих
элементов со стенами комплексной
конструкции

13) Соединение ненесущих
элементов с конструкциями
железобетонного каркаса

1) Дефекты при выполнении земляных работ

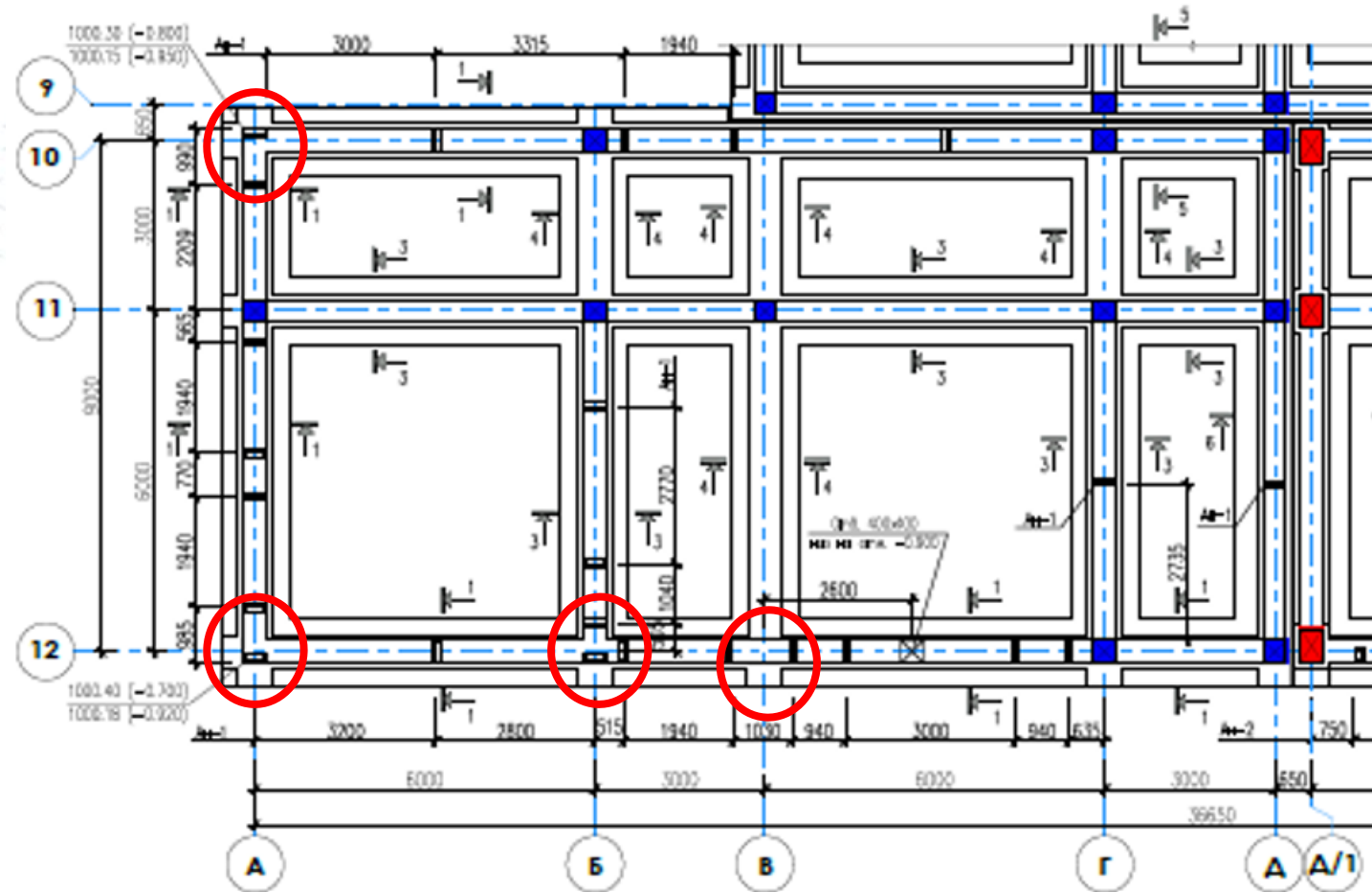
-



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

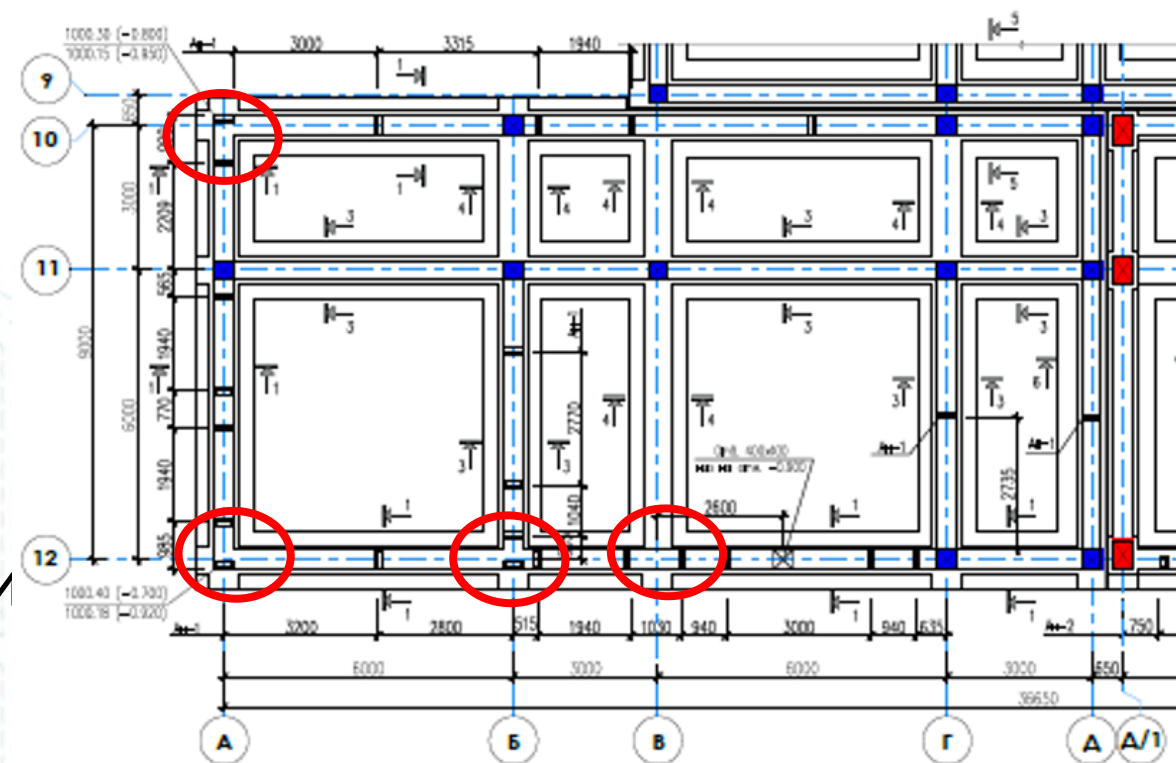
- Железобетонные включения должны располагаться на пересечении стен, по граням проемов и в местах, где требуется усиление конструкции для восприятия вертикальных и горизонтальных нагрузок



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

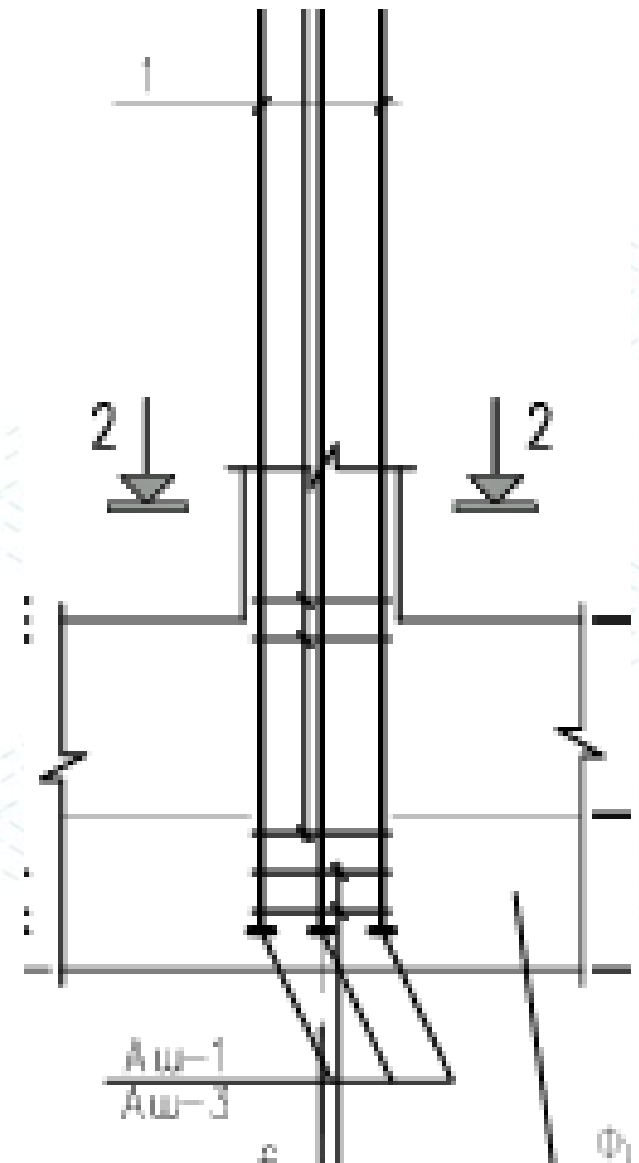
- На пересечениях стен обязательно следует устанавливать не менее 4 арматурных стержней для обеспечения пространственной работы системы



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения: расположение вертикальной арматуры

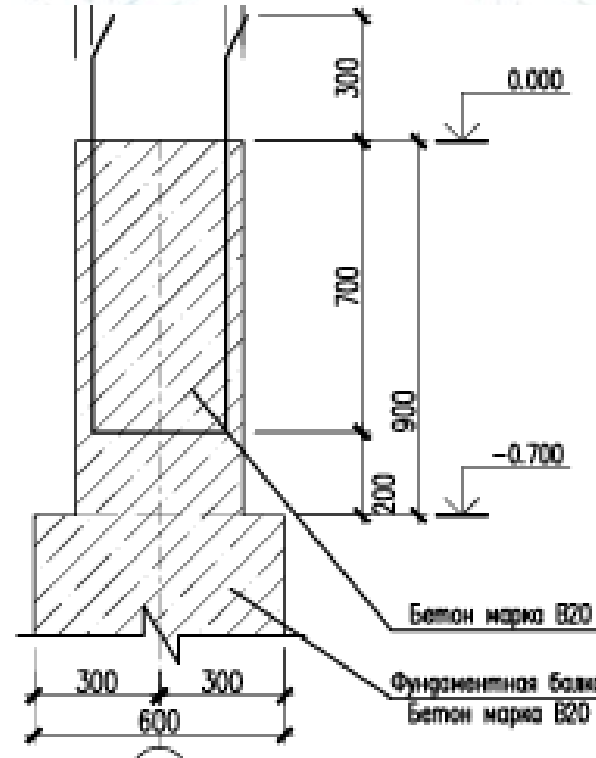
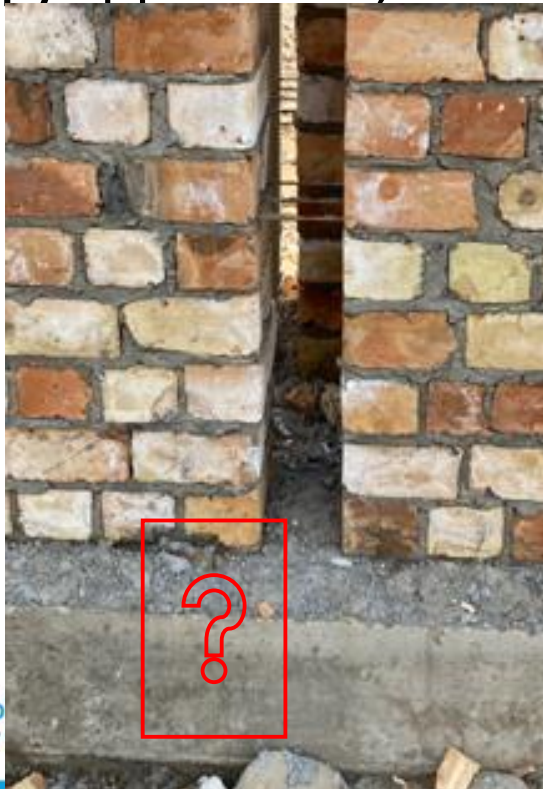
- Продольная арматура должна иметь загибы для надежного крепления и сцепления с бетоном;
- Арматурные стержни должны устанавливаться в проектное положение;
- Арматуру следует устанавливать до заливки бетона



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

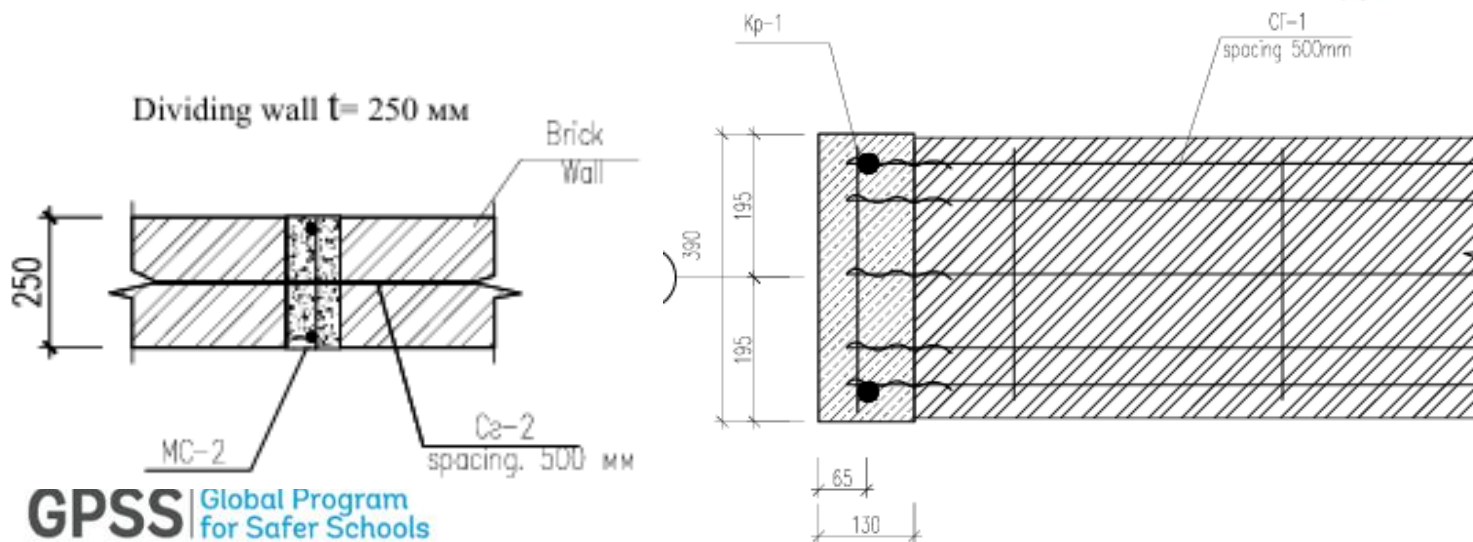
- Отсутствие арматурных стержней на установленном месте;
- Не достаточная длина выступа арматурных стержней из фундамента;



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

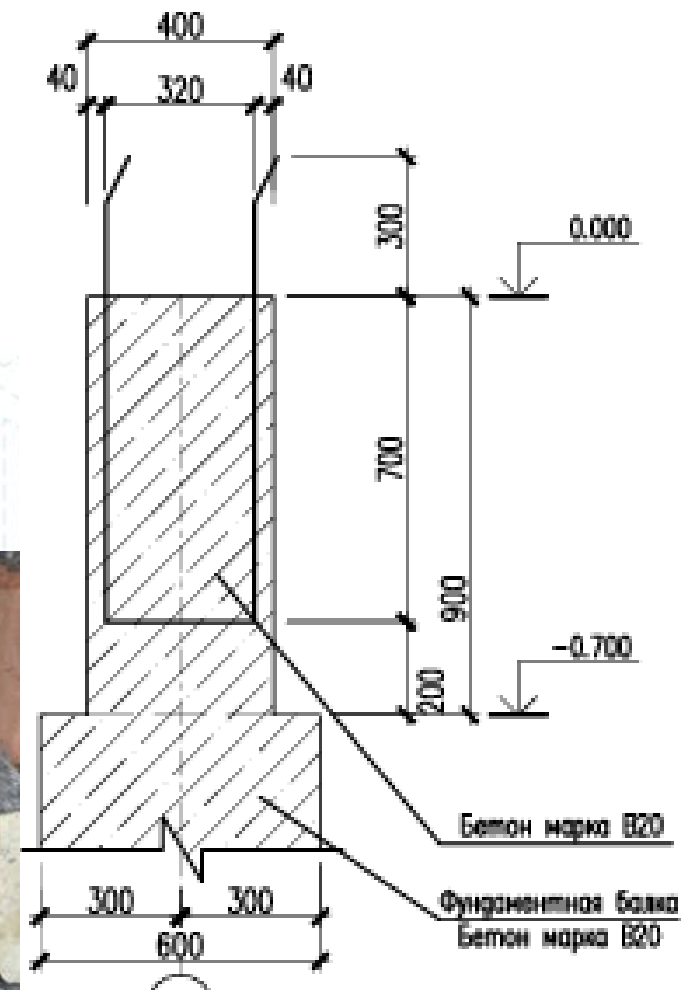
- Смещенное расположение арматуры приводит к снижению несущей способности;
- Арматурные стержни должны быть установлены в пределах проектной плоскости армирования внутри контура стены;



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

- ЖБ включения должны иметь арматурные выступы проектной длины, обеспечивающие надежное соединение и непрерывную работу всей конструкции

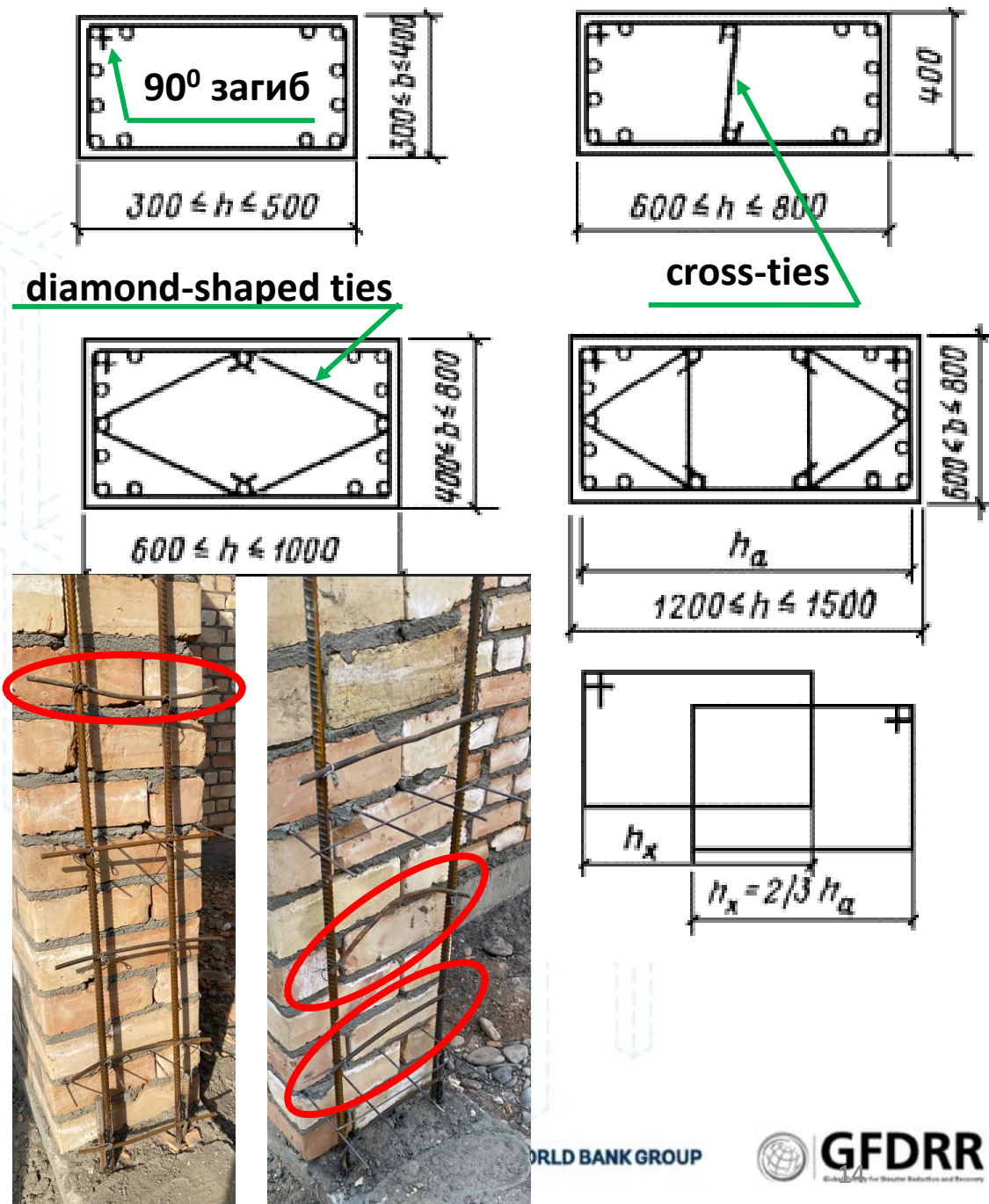


А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения: поперечное армирование: стержни и хомуты

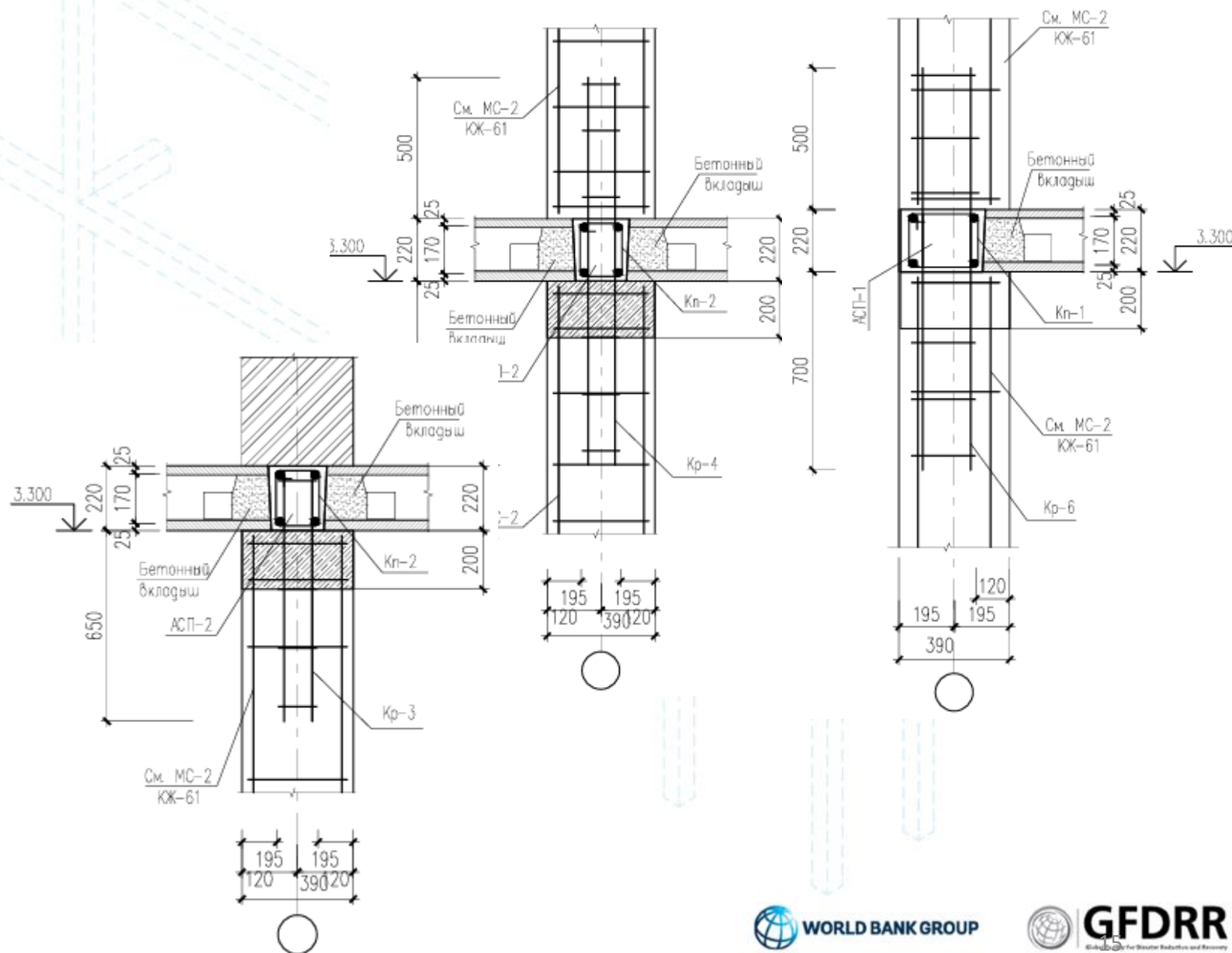
а) Хомуты вогнутые на 90° могут нарушить прочность и устойчивость конструкции; следует загибать на 135° ;

б) Ромбовидные стержни должны быть предусмотрены, если хомуты сделаны без 135° ; они должны быть приварены к основной арматуре;



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения:
Арматурные стержни должны быть непрерывными между этажами



А) Комплексные конструкции

2) Железобетонные включения

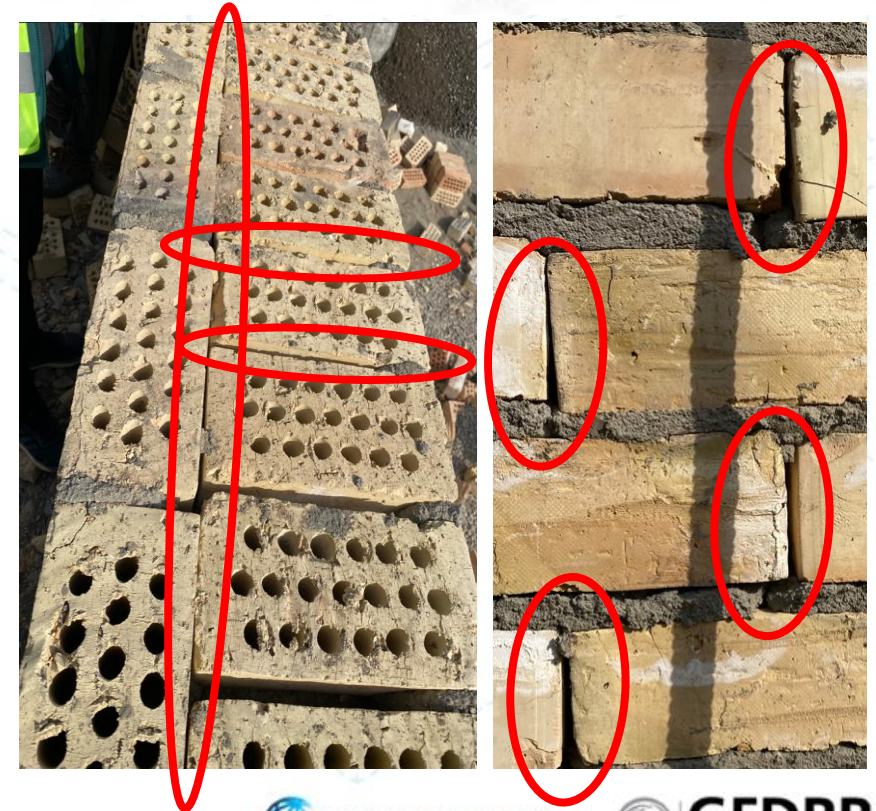
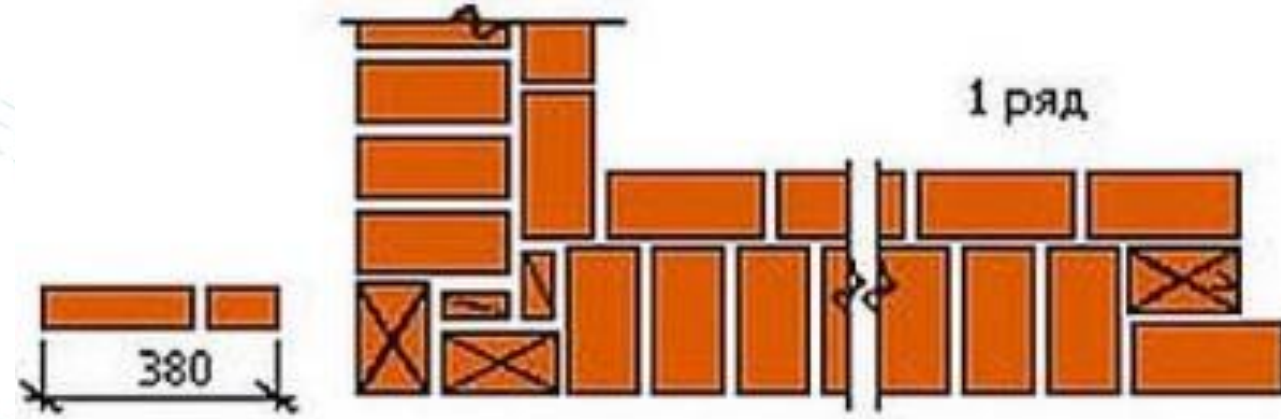
- Вертикальная арматура жб включений должна быть непрерывной;
- Не допускается резка рабочей арматуры;



А) Комплексные конструкции

3) Кирпичная кладка

- а) Перед кладкой кирпичи замачиваются в воде;
- б) На подготовленную поверхность укладывается первый слой раствора;
- в) После укладки кирпичей, швы между ними заполняются раствором обеспечивая надежное соединение и прочность конструкции



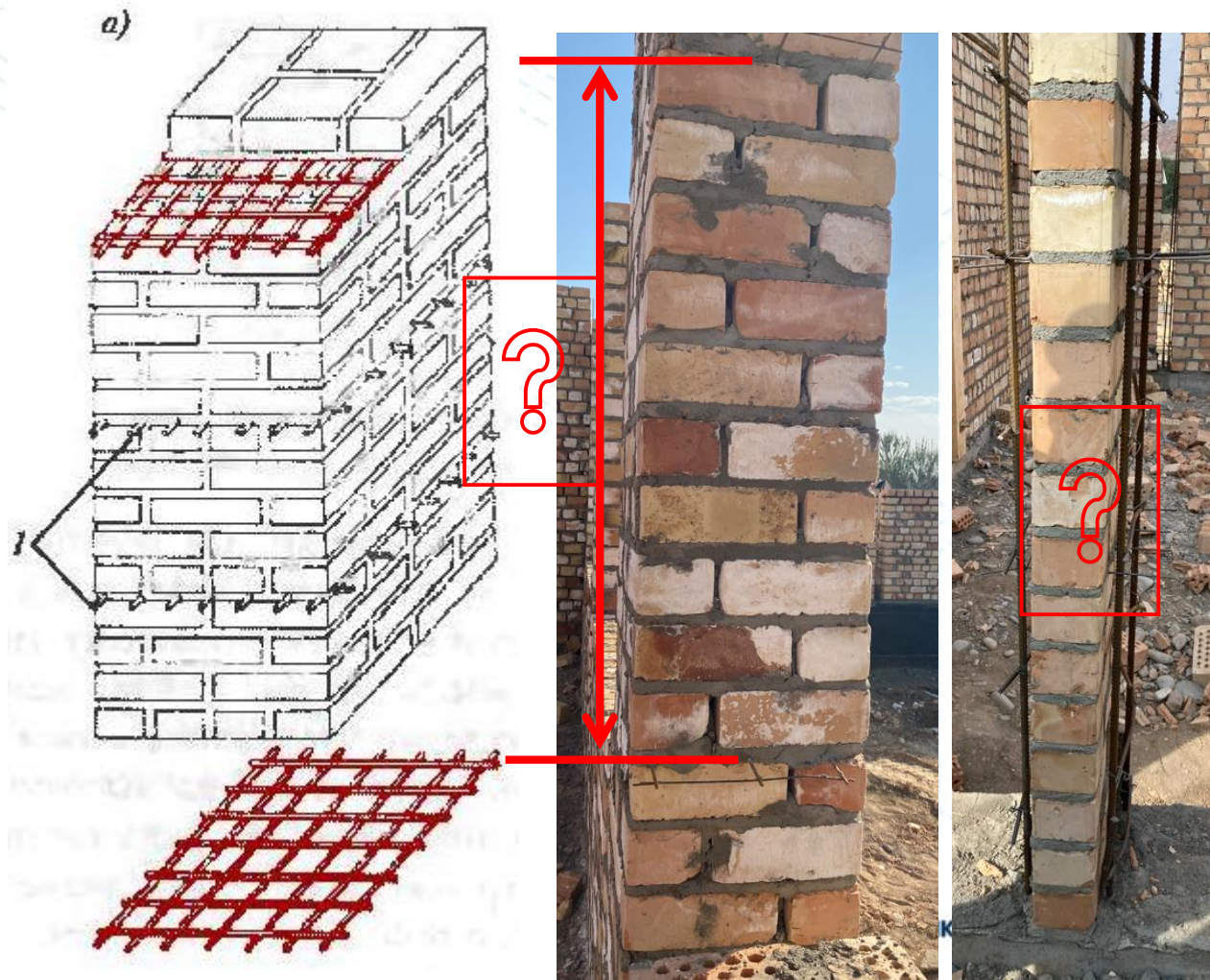
А) Комплексные конструкции

3) Кирпичная кладка: горизонтальное армирование

а) Следует соблюдать проектное положение горизонтального армирования (шаг);

б) Горизонтальная сетка должна быть завязана с арматурой вертикальных жб элементов;

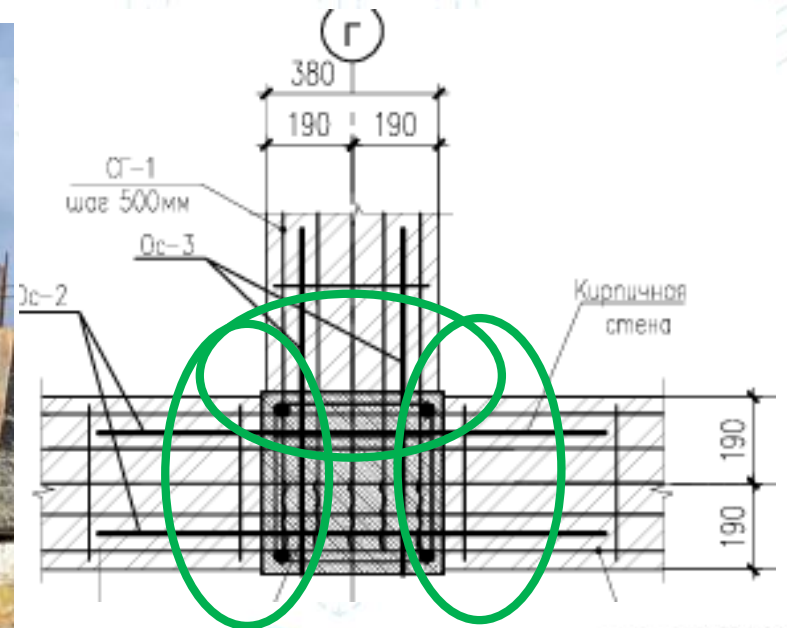
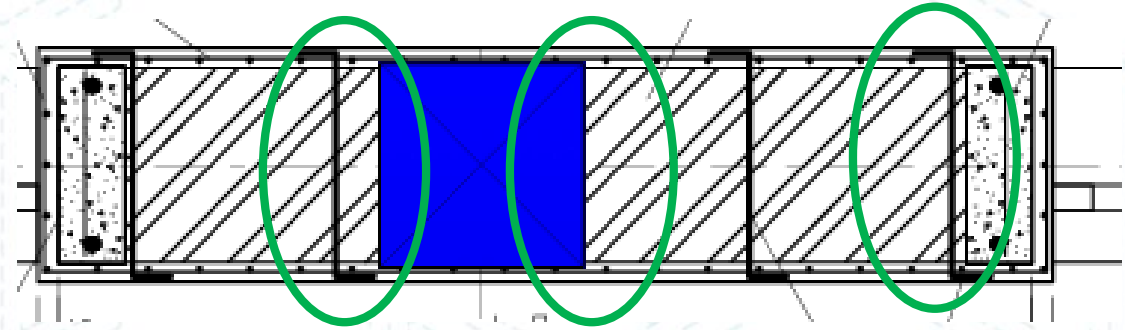
в) Не следует устанавливать кирпичные столбы без усиления жб включениями;



А) Комплексные конструкции

3) Кирпичная кладка: сначала необходимо возвести стену из кирпичной кладки

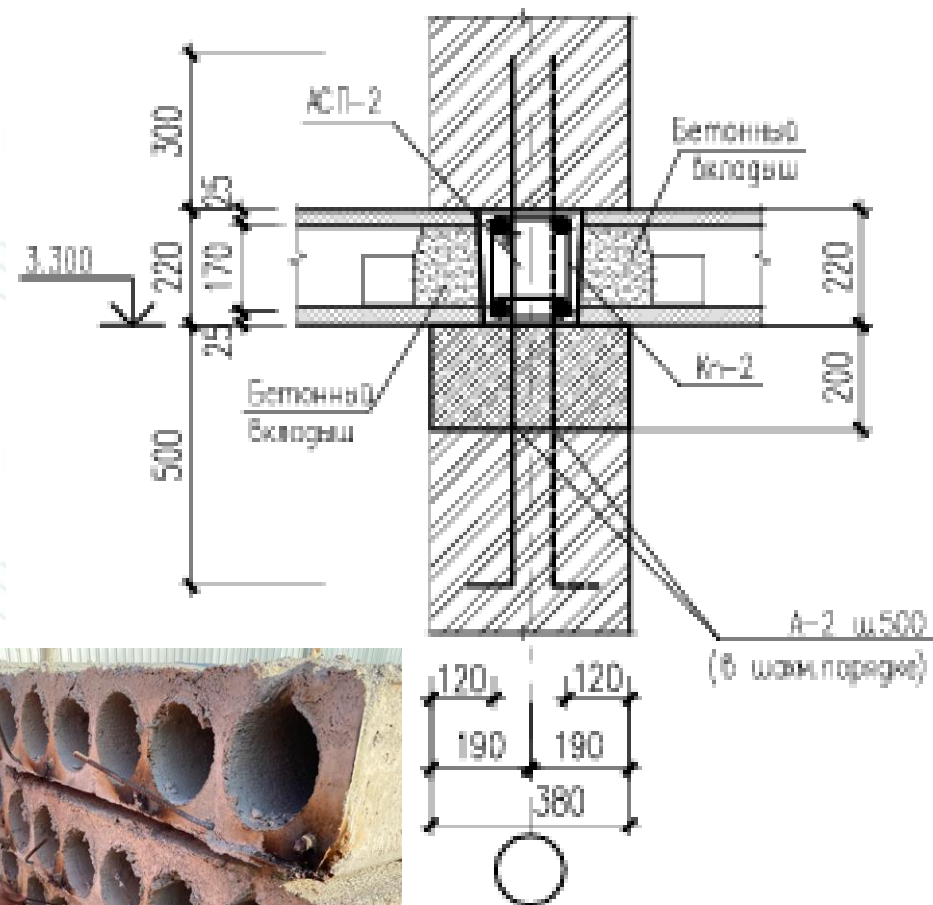
- Сначала укладывается кладка с горизонтальным армированием;
- Заливка ЖБ элементов должна проводиться после завершения кладки



А) Комплексные конструкции

4) Плиты перекрытия: многопустотные жб плиты

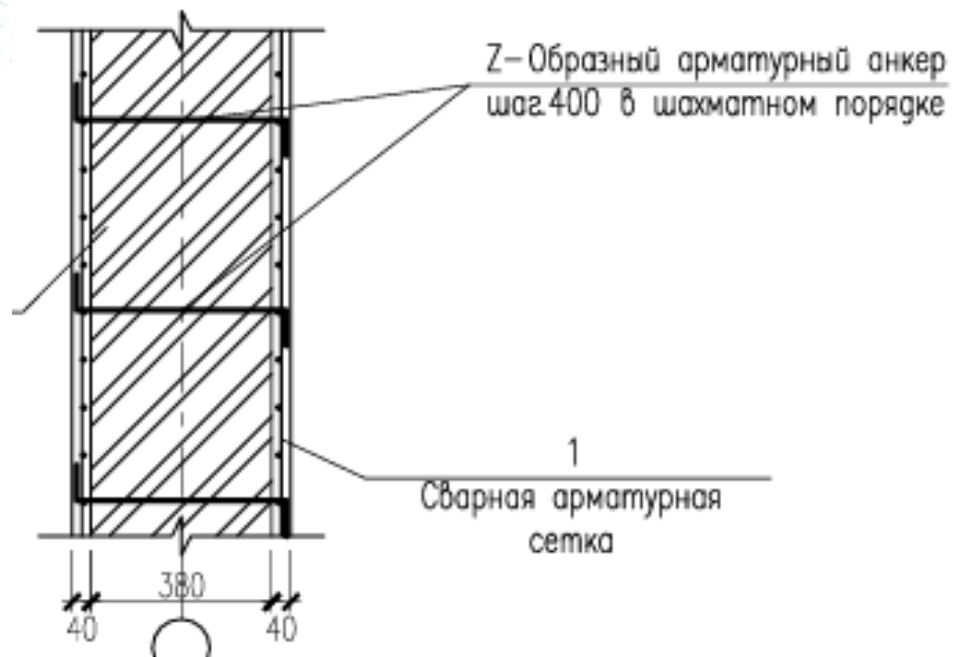
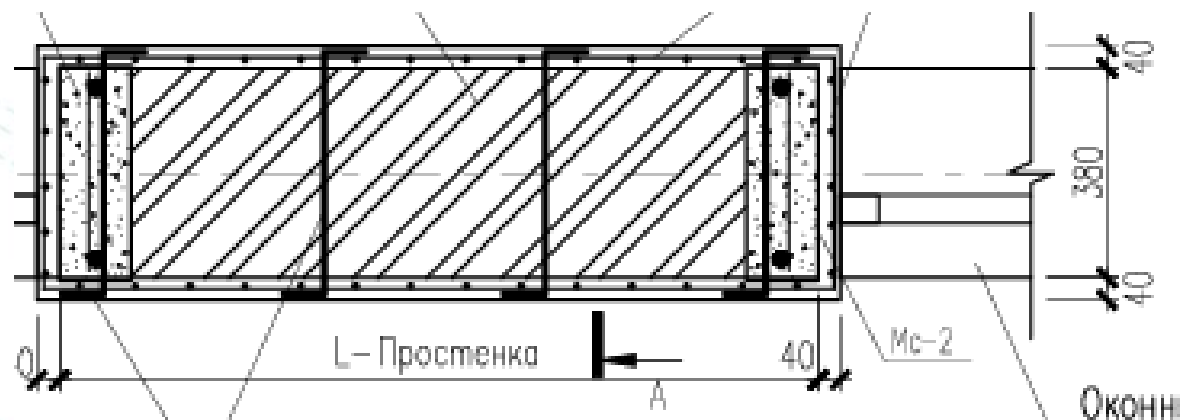
- а) Не допускать использование поврежденных плит перекрытий;
- б) При установке жб плит перекрытий арматурные выступы должны быть заведены в арматурный каркас жб обвязки



А) Комплексные конструкции

5) Качество бетонирования

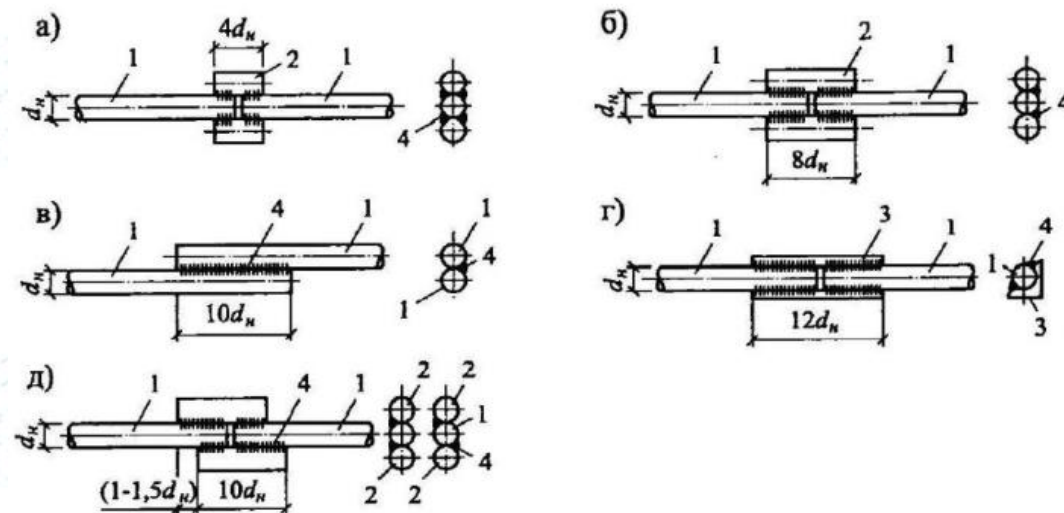
- Произвести качественное бетонирования и не допускать рыхлость и раковинистость бетона;
- ЖБ включения должны быть непрерывными



А) Комплексные конструкции

б) Сварочные работы

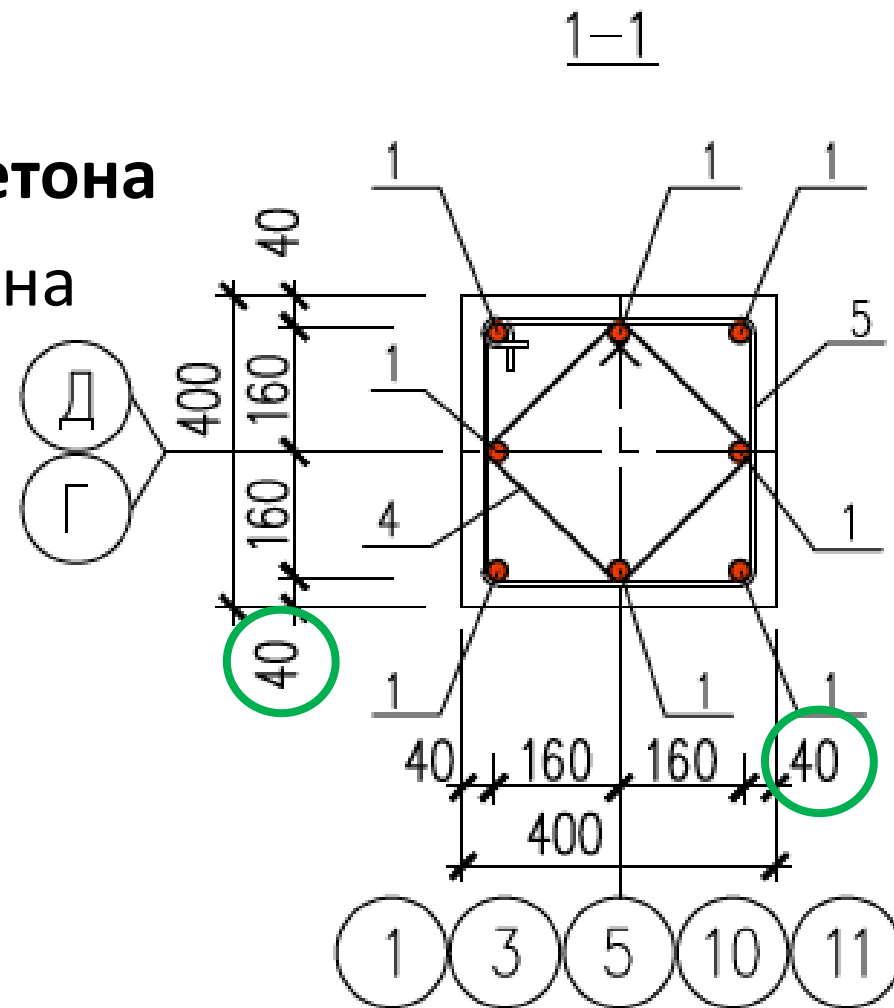
- Сварка арматурных стержней должна соответствовать проекту по длине, расположению и типу соединений;
- Сварные швы должны быть выполнены без трещин, пор, расслоений и других дефектов;
- Все сварные соединения подлежат обязательному контролю качества, включая визуальный осмотр и неразрушающие методы испытаний на площадке строительства;
- Перед заливкой бетона следует очистить поверхность старого бетона от пыли и грязи;



Б) ЖБ каркас с кирпичным заполнением

7) Дефекты в жб раме: защитный слой бетона

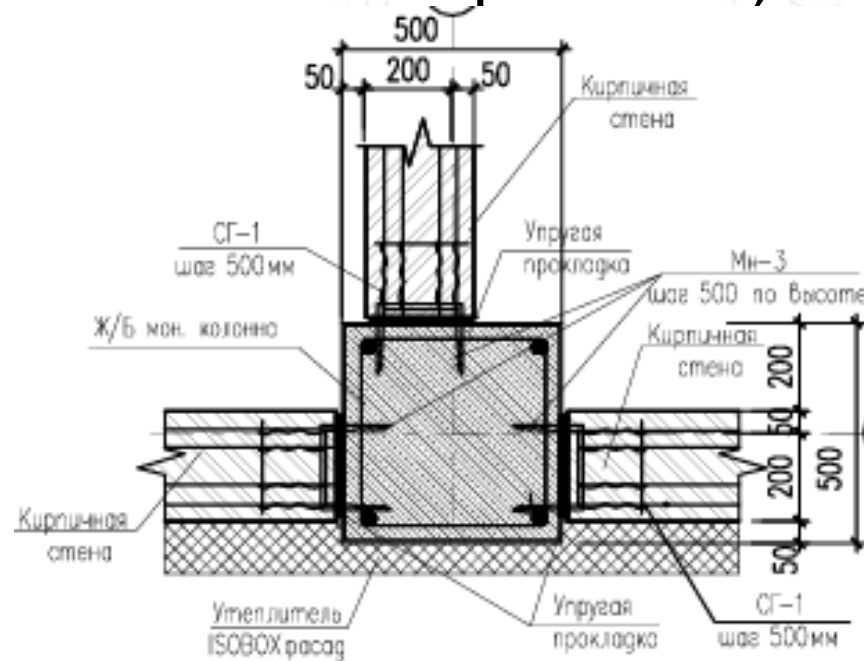
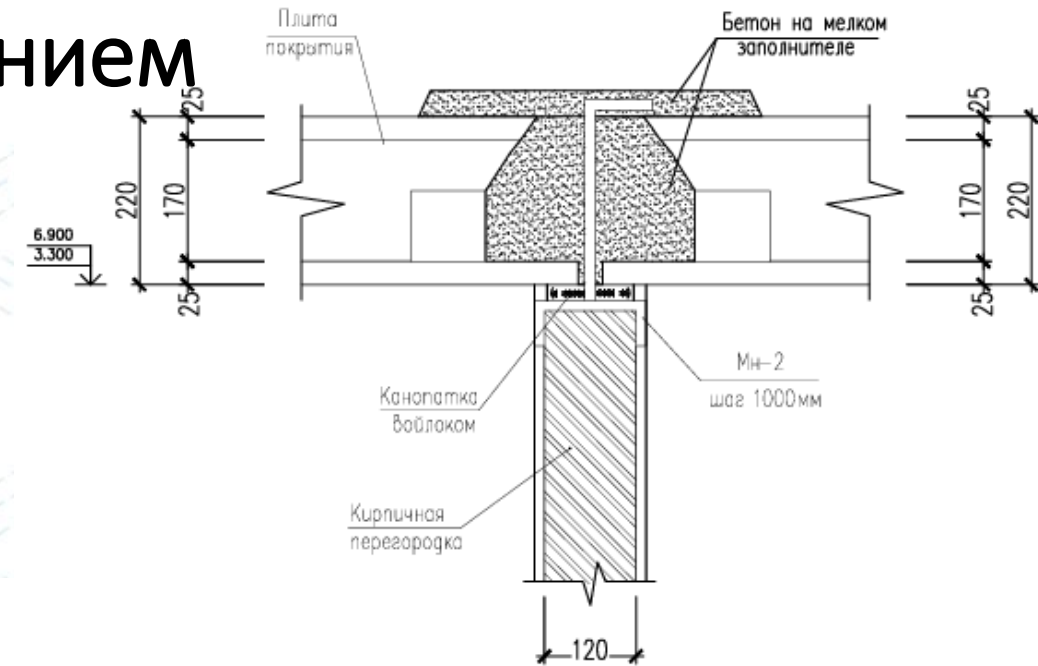
- Следует обеспечить защитный слой бетона при устройстве арматуры



Б) ЖБ каркас с кирпичным заполнением

8) Швы между жб колоннами и заполнением

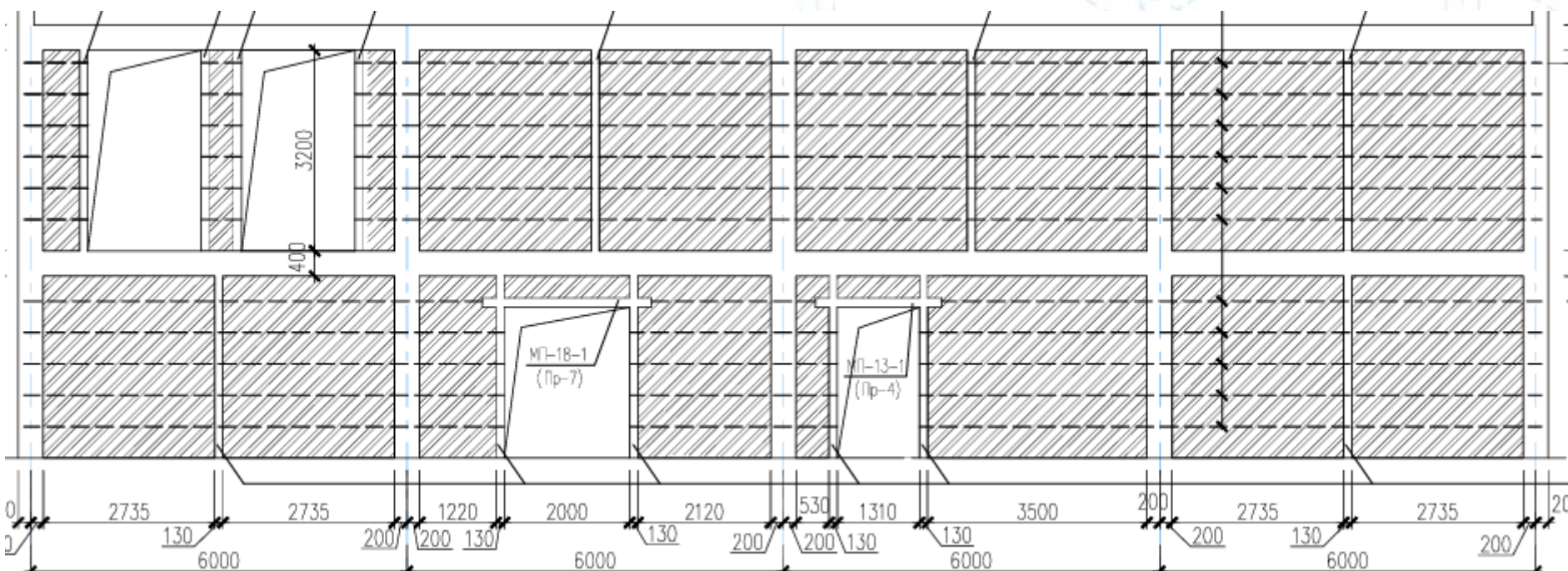
- а) Швы между жб каркасом и заполнением должны быть гибкими;
- б) Заполнены эластичными материалами;



Б) ЖБ каркас с кирпичным заполнением

8) Швы между жб колоннами и заполнением

- а) Швы между жб каркасом и заполнением должны быть гибкими;
- б) Заполнены эластичными материалами;

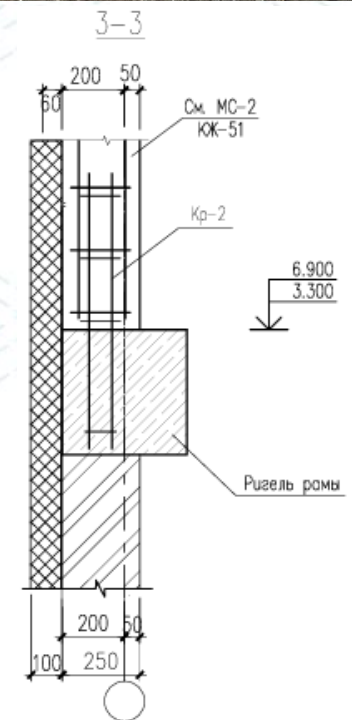
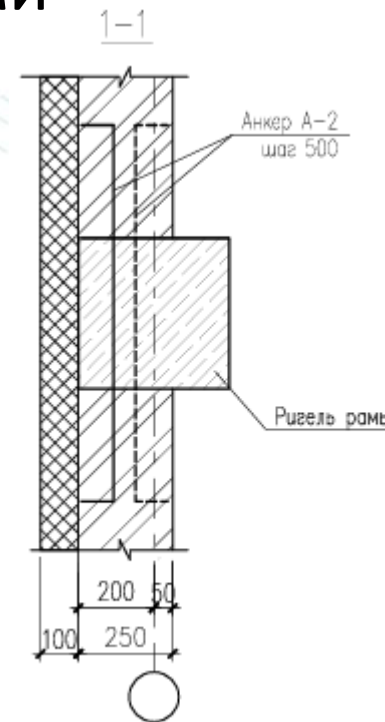
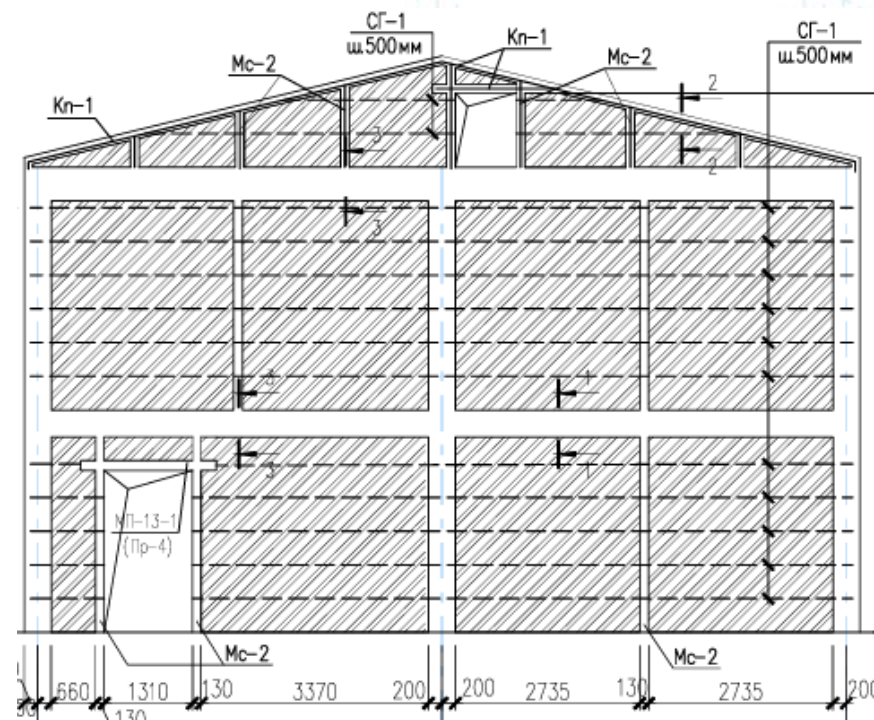


Б) ЖБ каркас с кирпичным заполнением

8) Швы между жб колоннами и заполнением

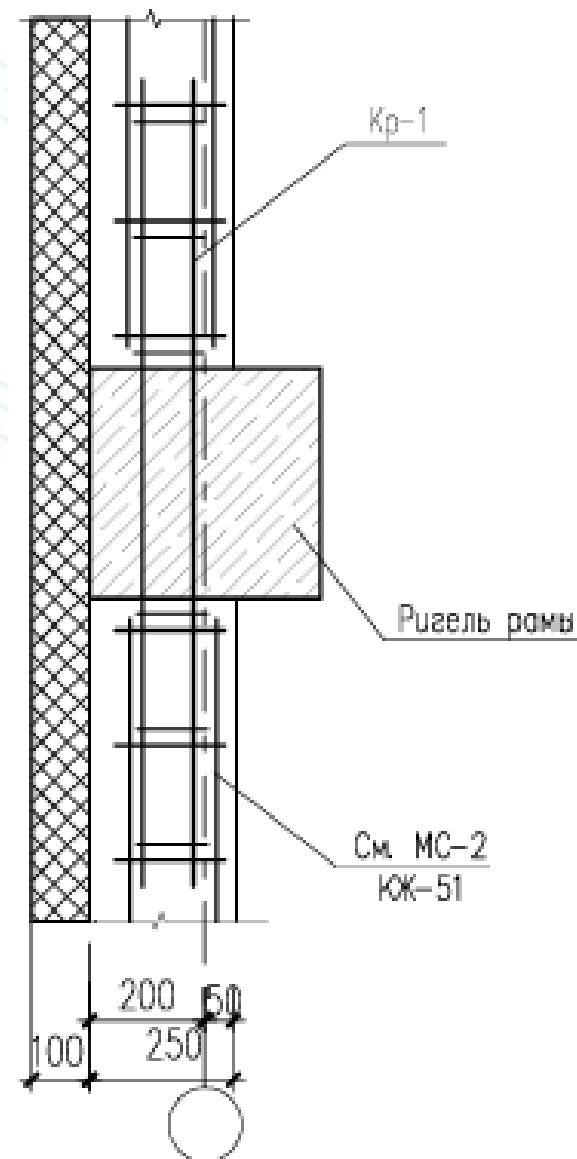
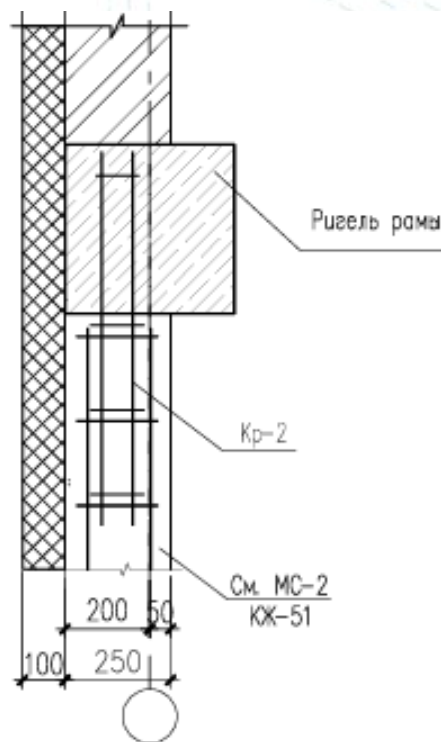
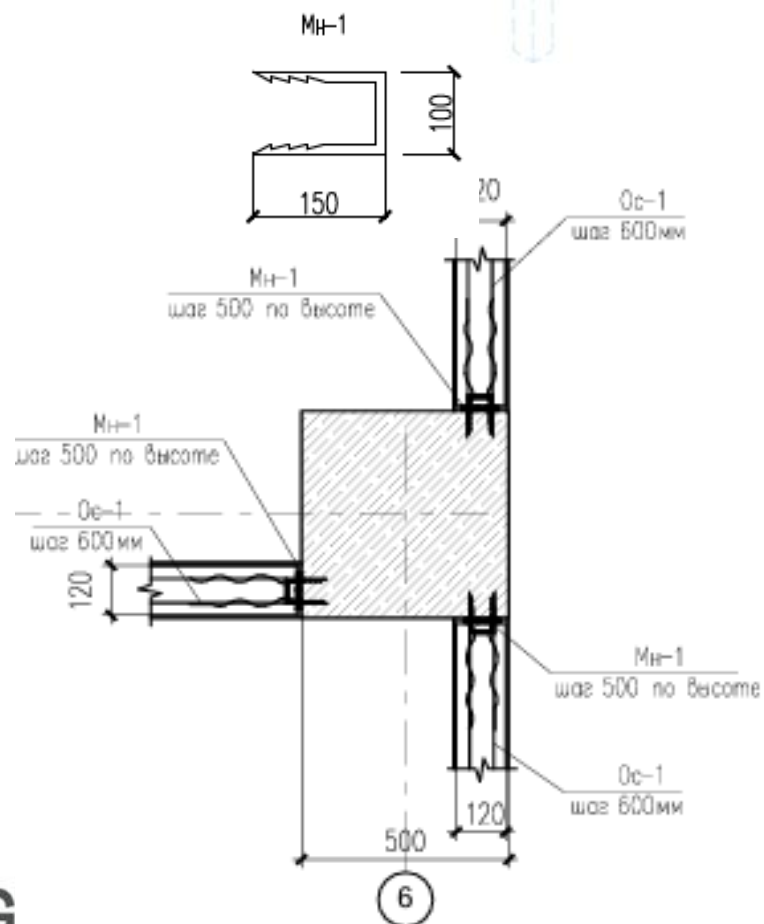
а) Швы между жб каркасом и заполнением должны быть гибкими;

б) Швы должны быть заполнены эластичными материалами;



Б) ЖБ каркас с кирпичным заполнением

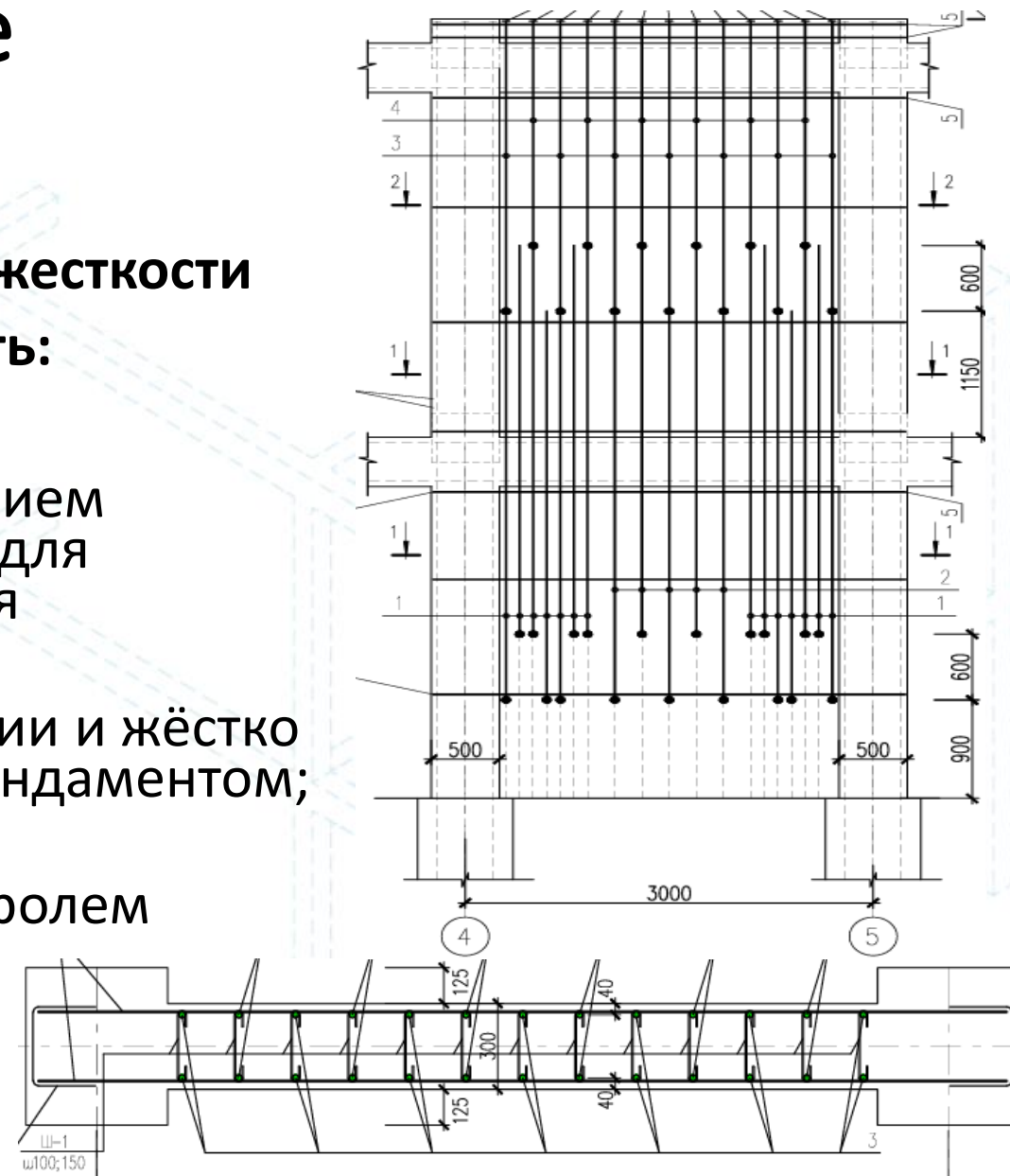
9) Соединения железобетонных включений с ригелями должны быть шарнирными



В) Железобетонные стеновые диафрагмы

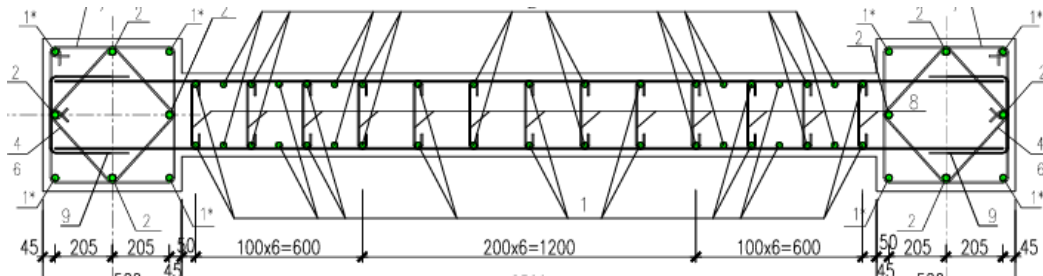
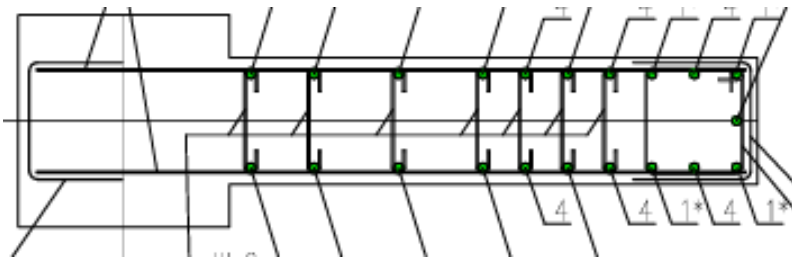
10) Строительство железобетонных диафрагм жесткости

- Стеновые диафрагмы жесткости должны быть:
- непрерывными по всей высоте здания;
- арматура должна устанавливаться с соблюдением проектного шага, иметь необходимые загибы для надёжного сцепления с бетоном и исключения выдергивания;
- связанными с другими элементами конструкции и жёстко соединяться с перекрытиями, колоннами и фундаментом;
- изготовленными с соблюдением технологии бетонирования и с уплотнением смеси и контролем качества швов и поверхностей;
- защищенными от коррозии



В) Железобетонные стеновые диафрагмы

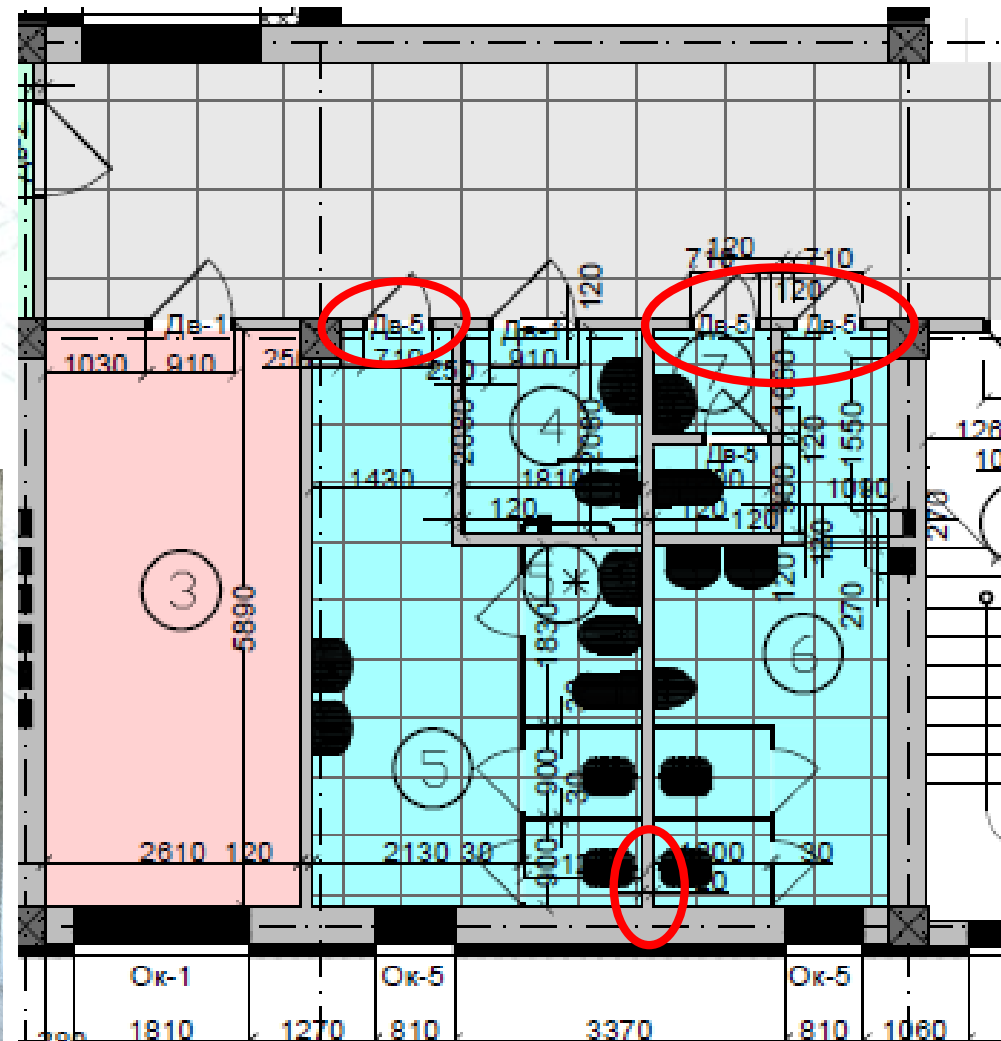
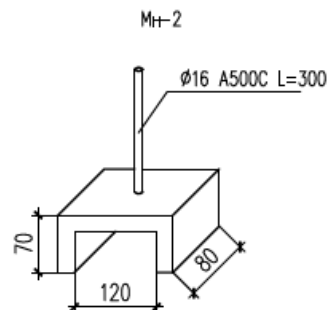
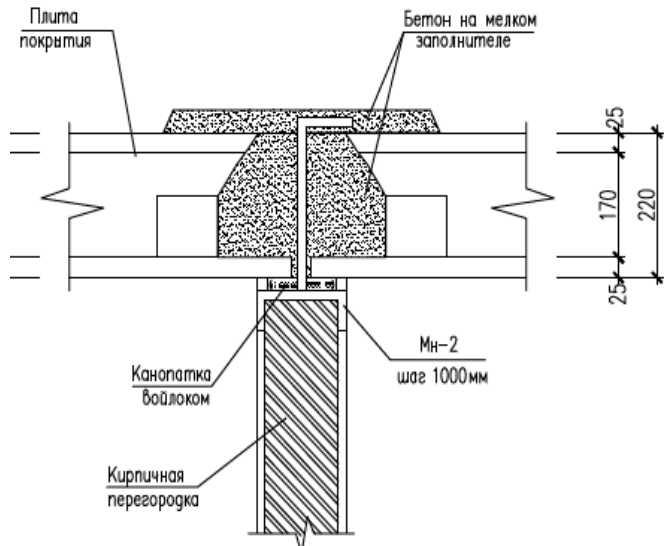
11) Арматура должна иметь необходимый загиб



Соединена с другими конструктивными элементами и жестко соединена с перекрытиями, колоннами и фундаментами

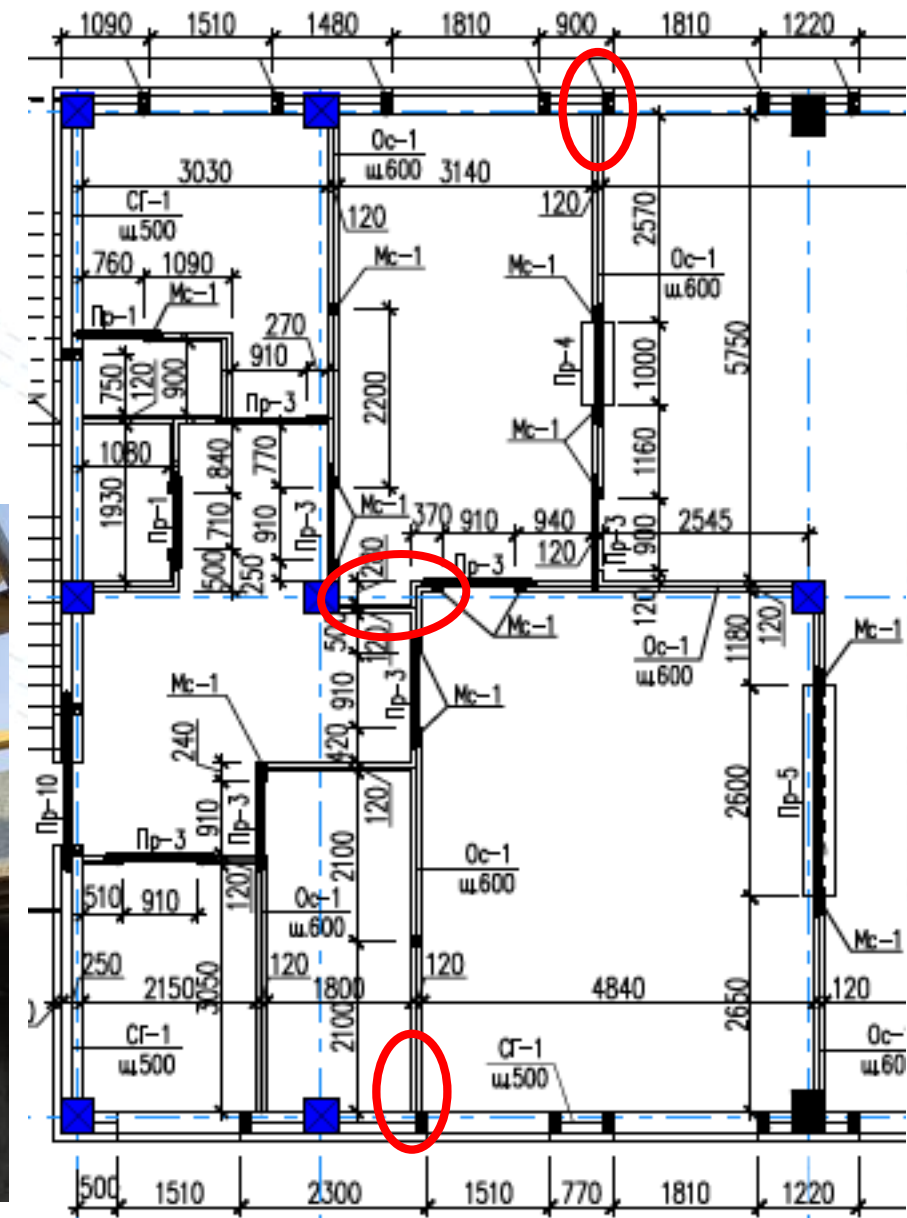
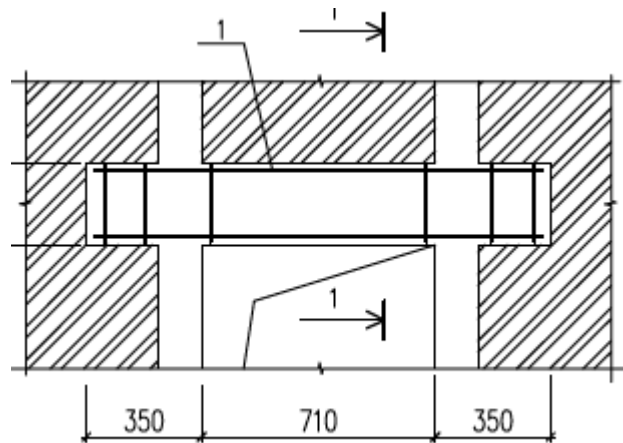
Г) Ненесущие элементы

12) Соединение ненесущих элементов со стенами комплексной конструкции

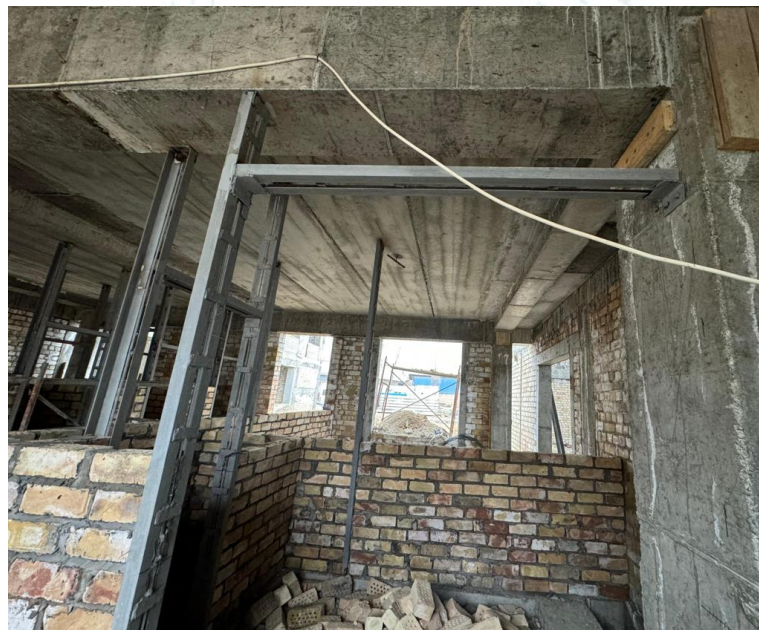
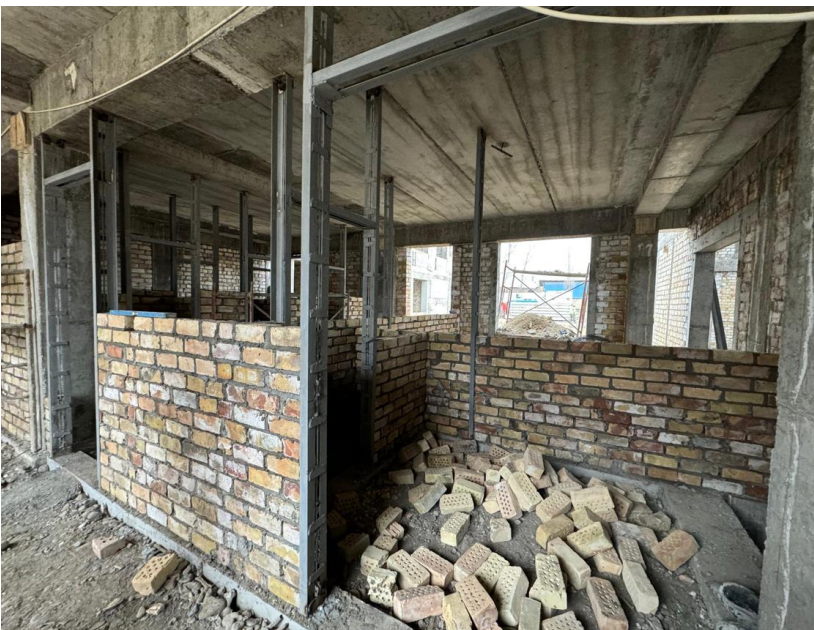


Г) Ненесущие элементы

13) Соединение ненесущих элементов с конструкциями железобетонного каркаса



Г) Ненесущие элементы



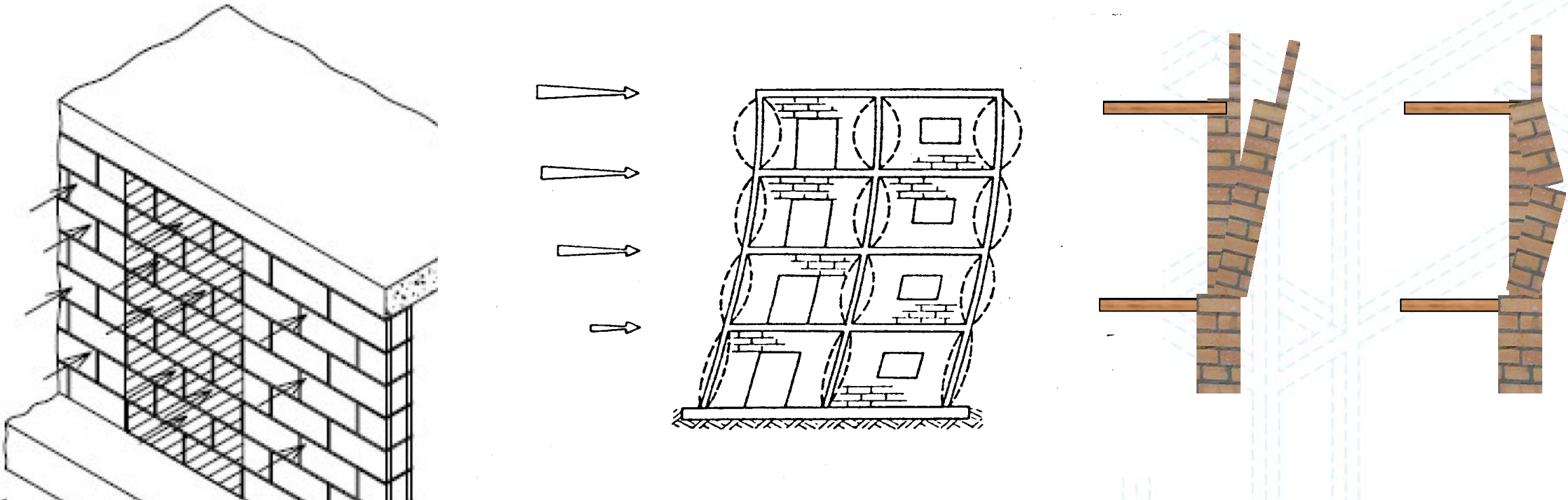
Сейсмическое воздействие в плоскости и из плоскости



Сейсмические нагрузки из плоскости – влияние на кирпичные перегородки и кирпичные заполнения

Сейсмическое воздействие из плоскости влияет на стены и перегородки из каменной (кирпичной) кладки

Из плоскости = перпендикулярно поверхности стены



Источник: Бржев и Андерсон (2018 г.); Томазевич (1999 г.); Элвуд (2011 г.)

Последствия землетрясений – перегородки из кирпичной кладки

Влияние землетрясения в Турции в феврале 2023 г. (магнитуда 7.7) на перегородки из кирпичной кладки в железобетонном каркасной здании школы – разрушения при воздействии сейсмической нагрузки из плоскости

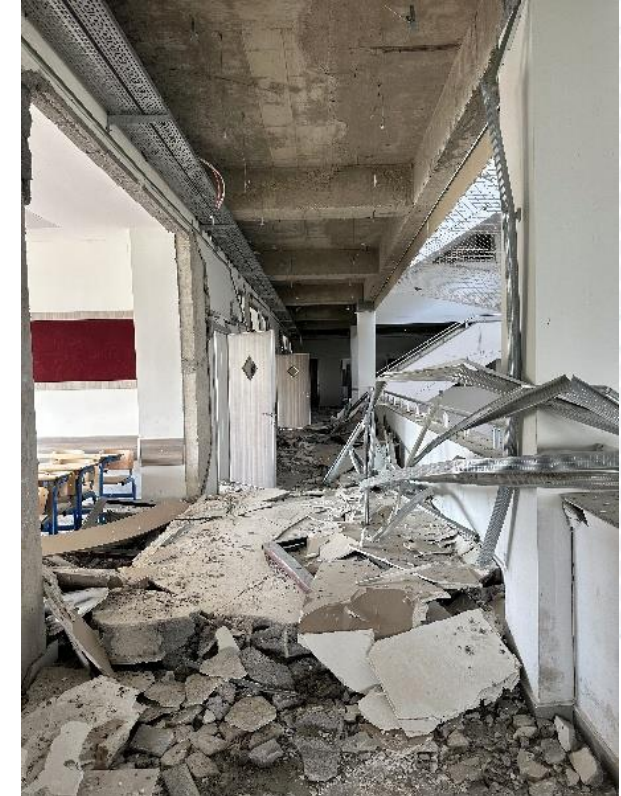
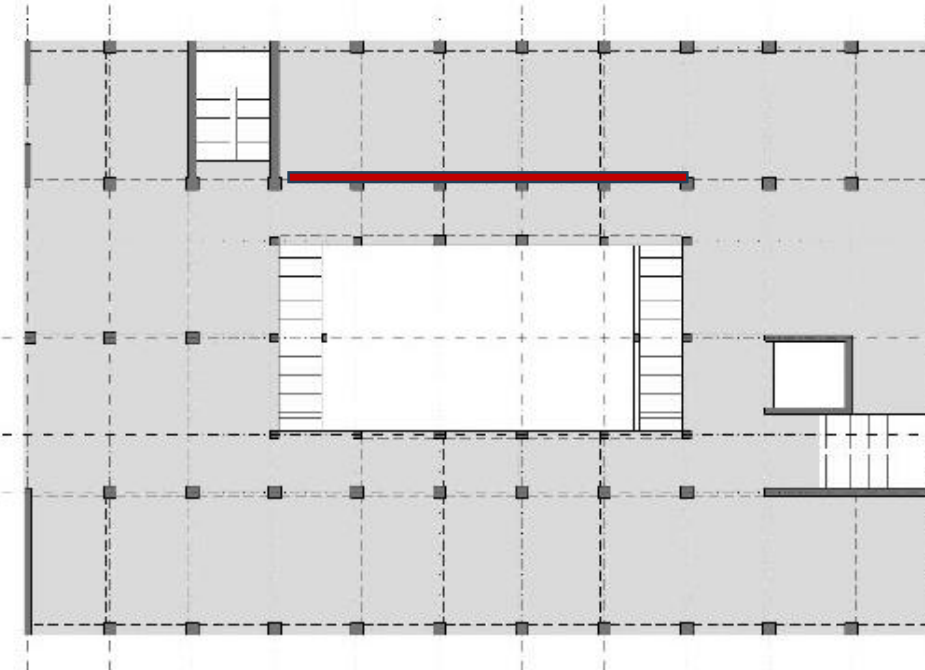


Здание школы в Нурдаги, Турция. Школу пришлось освободить после землетрясения из-за повреждения/обрушения внутренних каменных перегородок - хотя повреждений в несущих конструкциях не было

Источник: С. Бржев

Последствия землетрясений – заполнение из кирпичной кладки

Влияние землетрясения в Турции в феврале 2023 г. (магнитуда 7.7) на заполнения из кирпичной кладки в железобетонном каркасной здании школы – разрушения при воздействии сейсмической нагрузки из плоскости

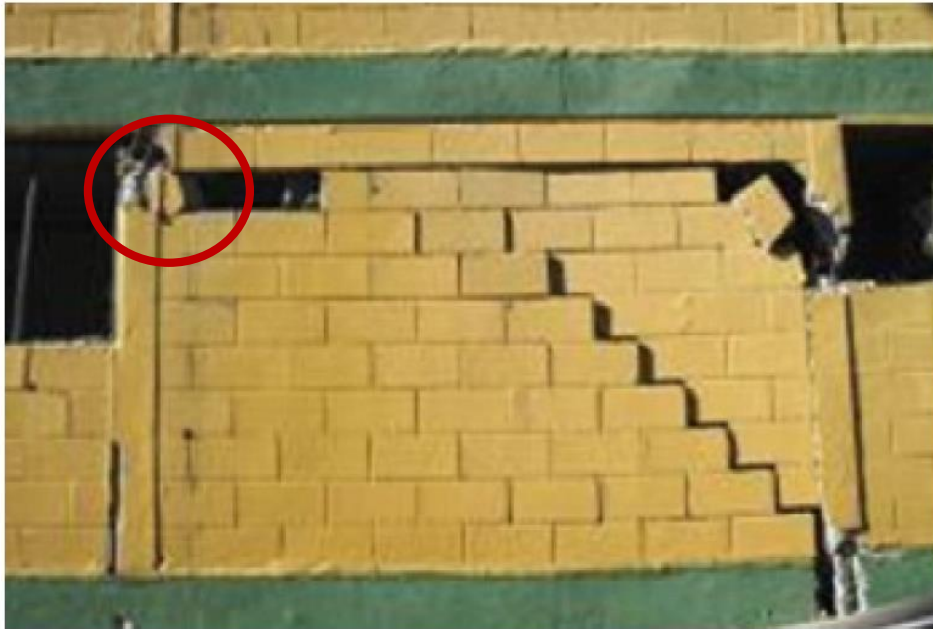


Школа № 3: Средняя школа Ислахие Мевлана Имам Хатип Ортаокулу в Ислахие (Газиантеп) (37.008276, 36.626796)

Источник: Группа Университета Британской Колумбии (2024 г.)

Последствия землетрясений: Разрушения зданий со стенами комплексной конструкции (1/2)

Последствия землетрясения в Чили 2010 года для зданий со стенами комплексной конструкции — из-за дефектов в строительстве



Повреждение зданий со стенами комплексной конструкции из-за низкого качества бетонирования

Источник: С. Бржев (2010 г.)

Последствия землетрясений: Разрушения зданий со стенами комплексной конструкции (2/2)

Последствия землетрясения в Чили 2010 года для зданий со стенами комплексной конструкции — из-за дефектов в строительстве



Разрушение здания со стенами комплексной конструкции из-за недостаточного качества кладки и вертикальных железобетонных включений



Разрушение здания со стенами комплексной конструкции из-за дефектов поперечного армирования в вертикальных железобетонных включениях

Последствия землетрясений: Разрушения железобетонных зданий (1/2)

Последствия землетрясений в Турции 2023г.: разрушения железобетонных зданий – из-за дефектов в строительстве

Строительные работы выполнены с отступлением от проектного решения!



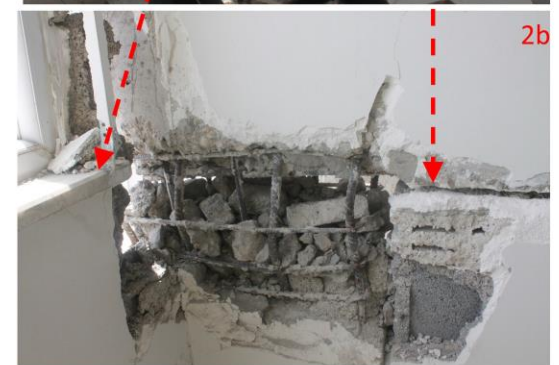
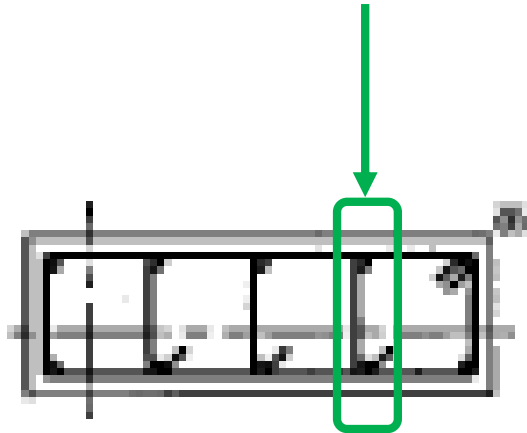
Повреждение железобетонной диафрагмы жесткости из-за отсутствия поперечного армирования, которые были указаны в конструктивной части проекта здания

Источник: Полевое обследование группой Университета Британской Колумбии (2023 г.)

Последствия землетрясений: Разрушения железобетонных зданий (2/2)

Повреждение железобетонной колонны из-за отсутствия поперечного армирования, которые были указаны в конструктивной части проекта здания (но не были выполнены при строительстве)

Источник: Полевое обследование группой Университета Британской Колумбии (2023 г.)



Благодарим за ваше внимание!

