

# Износ железобетонных конструкций

Лекция 6

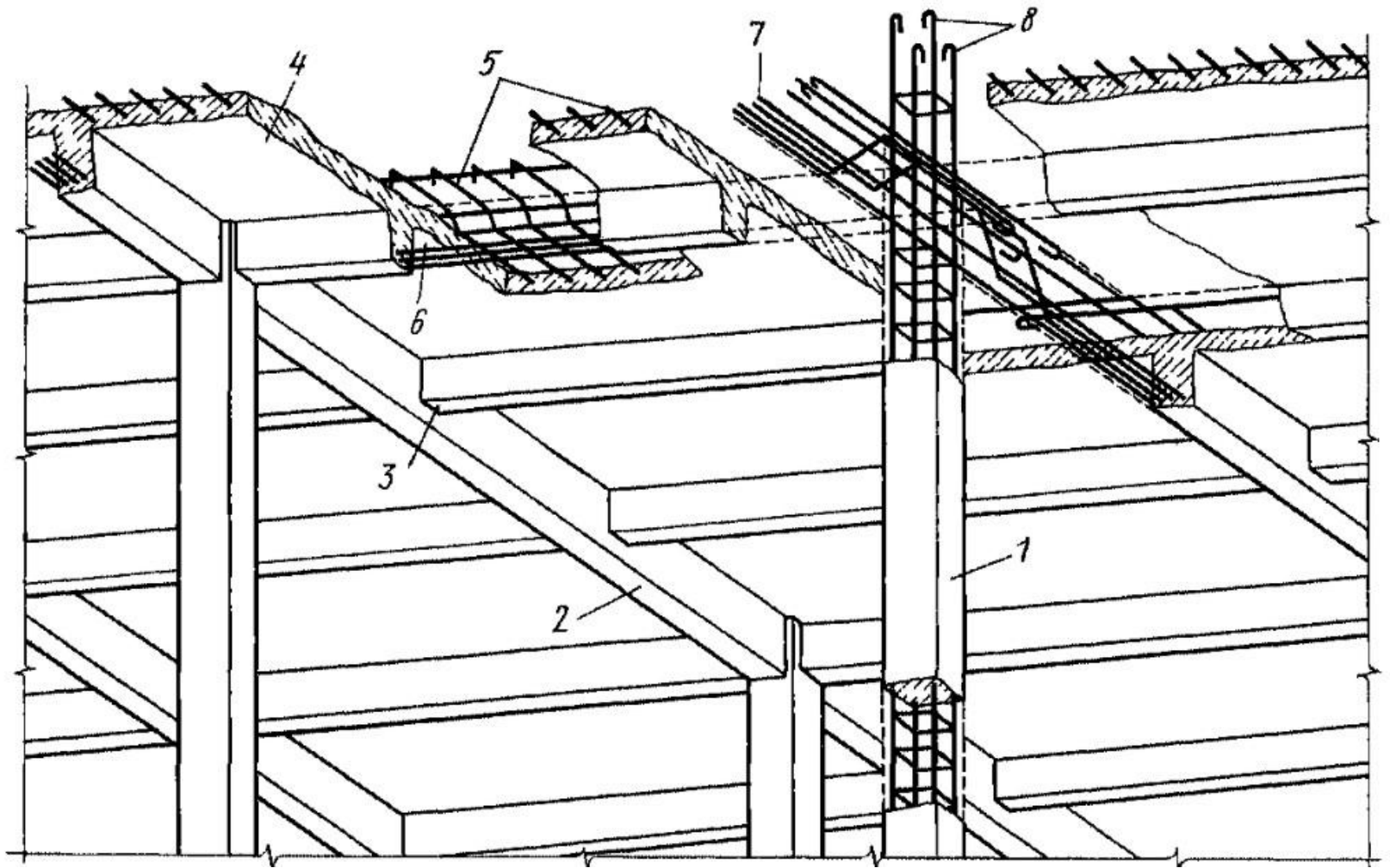
# железобетоне

- *Бетон* — искусственный каменный материал, состоит из цементного камня, тяжелых и легких заполнителей (гравий, щебень, керамзит, шлак, песок и пр.), пор и капилляров, заполненных воздухом и водой в жидкой и газообразной фазе.
- Основные виды бетонов:
  - *Цементный бетон* — изготовленный из смеси цемента, заполнителей и воды
  - *Силикатный бетон* — изготовленный из смеси извести, воды, тонкомолотой добавки (из песка или шлака), песка и других заполнителей; применяется в изделиях автоклавного твердения
  - *Ячеистый бетон* — изготовленный из смеси вяжущего (цемент, известь), тонкодисперсного компонента (например, песок) и порообразователя; имеет равномерно распределенные поры размерами до 3 мм.
- По объемному весу бетоны подразделяются:
  - *Тяжелые* — с объемным весом от 1800 до 2500 кг/м<sup>3</sup>; изготавливаются с тяжелыми заполнителями (гравий, щебень)
  - *Легкие* — с объемным весом 600-1800 кг/м<sup>3</sup>; к ним относятся бетоны с легкими заполнителями (керамзит, шлак, пемза) и ячеистый бетон

- *Железобетон* — это рациональное сочетание двух различных по своим физико-механическим свойствам материалов — бетона и стали.
- Свойства железобетона зависят от свойств исходных материалов, при этом появляется ряд ценных свойств, которыми не обладали составляющие материалы. Например, арматура воспринимает растягивающие напряжения, на которые плохо работает бетон. Бетон защищает арматуру от внешних воздействий (механических и химических), повышает несущую способность стальных элементов на сжатие.
- Совместная работа бетона и стали обеспечивается силами сцепления, при этом благодаря близким коэффициентам линейного расширения практически не возникает внутренних напряжений при изменении температуры.

## 2 Виды железобетонных конструкций

- В зависимости от создания начального напряжения железобетонные конструкции делятся на: *обычные, предварительно напряженные*
- По способу производства железобетонные конструкции делятся на: *монолитные, сборные, сборно-монолитные*
- Из железобетона изготавливают:
  - Фундаменты, подпорные стены
  - Стены, колонны
  - Балки, плиты и настилы перекрытий и покрытий,
  - Пространственные конструкции покрытий (оболочки, купола, складки)
  - Башни, дымовые трубы
  - Резервуары, бункера, напорные трубопроводы
  - Конструкции мостов (опоры, устои), гидротехнических сооружений (плотины, катушки генераторов), атомных реакторов



*Монолитный железобетонный каркас с балочным (ребристым) перекрытием:*

1 – колонна, 2 – главная балка, 3 – второстепенная балка, 4 – плита,  
5 – арматура плиты, 6 – арматура второстепенной балки, 7 – арматура главной балки, 8 – арматура колонны

# 3 Свойства бетона и железобетона

- Основными свойствами железобетонных конструкций являются:

- *прочность (B)*
- *морозостойкость (F)*
- *водонепроницаемость (W)*
- *плотность (D)*
- *долговечность*

- *Прочность бетона* в значительной степени зависит от :
  - *огнестойкость*
  - *стойкость против атмосферных явлений*
  - соотношений и свойств входящих в состав бетона материалов,
  - методов укладки и обработки смеси,
  - возраста к моменту загрузки,
  - размеров бетонного элемента, температуры и влажности среды, в которой находится бетон.

- Бетон имеет предел прочности при сжатии в 10-15 раз выше, чем при растяжении.

# Стадии НДС бетона при сжатии

## 1 стадия – без видимых следов повреждения

$\sigma < R_m$  – напряжения сжатия в бетоне не достигли напряжений, при которых произойдет появление первых микротрещин.

$R_m = 0,3-0,4R_b$  – для слабых бетонов;

$R_m = 0,65-0,75R_b$  – для прочных бетонов.

## 2а стадия – появление микротрещин

$$\sigma = R_m$$

## 2б стадия – появление видимых трещин

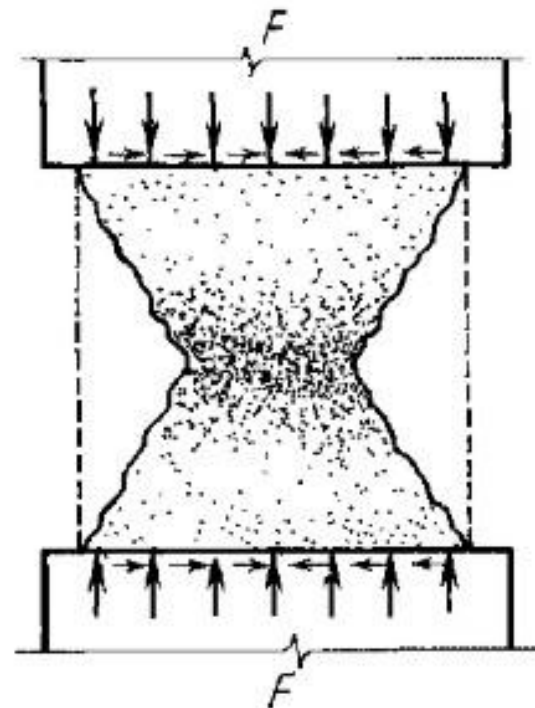
$$\sigma = 0,7R_b$$

## 3 стадия – развитие квазипластических деформаций, вызванных процессом микроразрушения бетона

$$\sigma > 0,7R_b$$

## На работу бетона в конструкции влияют:

- Длительность приложения нагрузки (разрушение бетона происходит при  $\sigma > R_{dl} = 0,8R_b$ )
- Повторное приложение нагрузки (разрушение происходит при  $\sigma > R_m$ )



# Стадии НДС железобетона при изгибе

## 1 стадия – упругая (без трещин в растянутой зоне)

Бетон растянутой зоны сохраняет сплошность, деформации растянутой зоны не превышают значений  $\varepsilon_{bt} = R_{bt}/E_b$ , арматура растянутой зоны практически не напряжена. Стадия характерна для малых нагрузок (15-20% от разрушающих).

## 2 стадия – образование трещин

В бетоне растянутой зоны образуются и раскрываются трещины, арматура включается в работу и при развитии трещин в ней развиваются неупругие деформации, свидетельствующие о приближении напряжений к пределу текучести  $\sigma_y$ . Стадия характерна для эксплуатационных нагрузок (примерно 65% от разрушающих).

## 3 стадия – разрушение

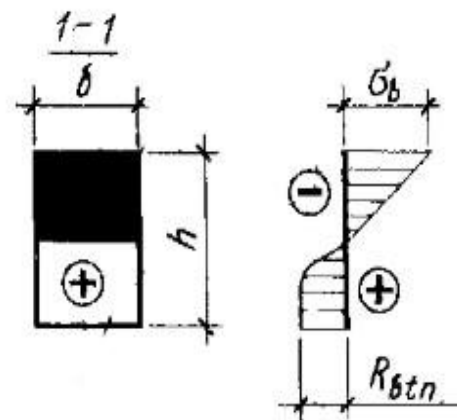
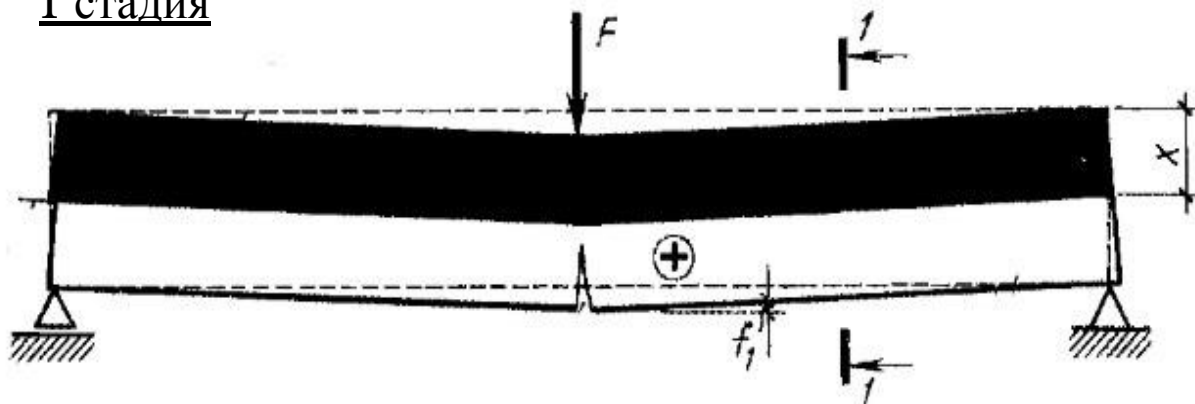
Самая короткая стадия. Напряжение в арматуре достигают предела текучести. Различают два случая разрушения:

- 1 – пластическое разрушение нормально армированного элемента;
- 2 – хрупкое разрушение элемента с избыточным армированием.

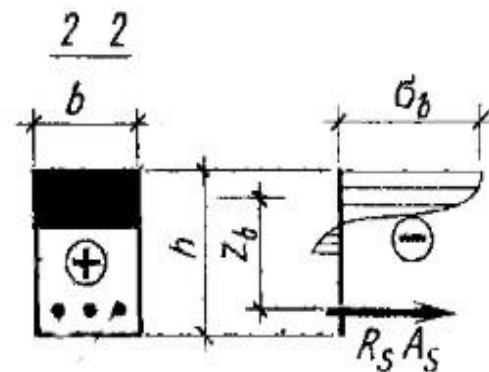
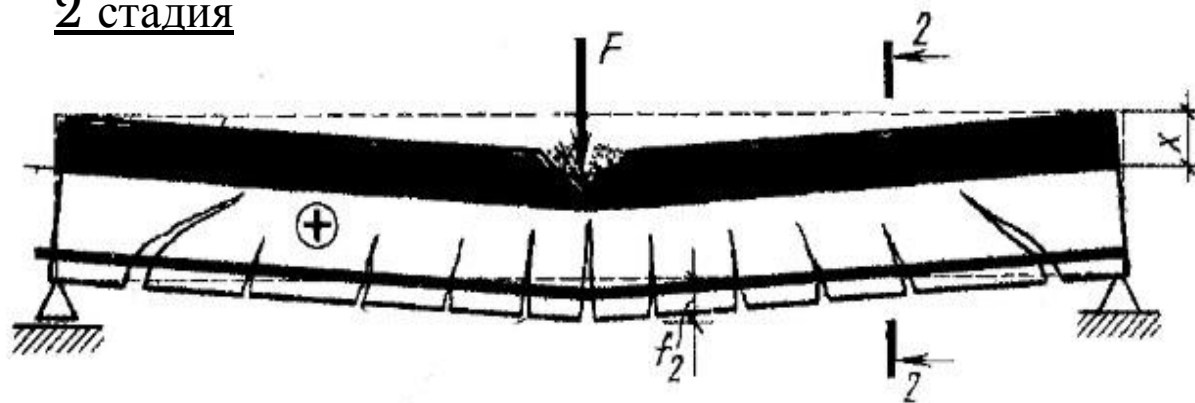


# Схема разрушения балки

1 стадия



2 стадия



# 4 Характерные дефекты бетонных и железобетонных конструкций

## Конструктивные дефекты

- Недостаточные прочность бетона, скорость схватывания, коррозионная стойкость
- Недостаточная звукоизоляция ограждающих конструкций
- Высокая теплопроводность ограждающих конструкций
- Принятая расчетная схема конструкций не соответствует принятым технологии производства работ, последовательности монтажа и конструкциям узлов.
- Недостаточное или избыточное армирование ж.б. элементов

## Дефекты изготовления

- Низкая прочность бетона из-за:
  - Изменения водоцементного отношения
  - Изменения гранулометрического состава заполнителей
  - Изменения состава бетона, свойств заполнителей, цемента, добавок
- Усадочные трещины из-за нарушения температурных и влажностных условий твердения, плохого уплотнения бетонной смеси
- Силовые трещины при обжатии бетона преднапряженной арматурой
- Технологические трещины в сборных конструкциях, связанные с нарушением условий распалубливания
- Проскальзывание ПН арматуры в бетоне из-за нарушений условий твердения и распалубливания сборной конструкции
- Нарушение схем армирования сборных ж.б. изделий

## Дефекты производства работ

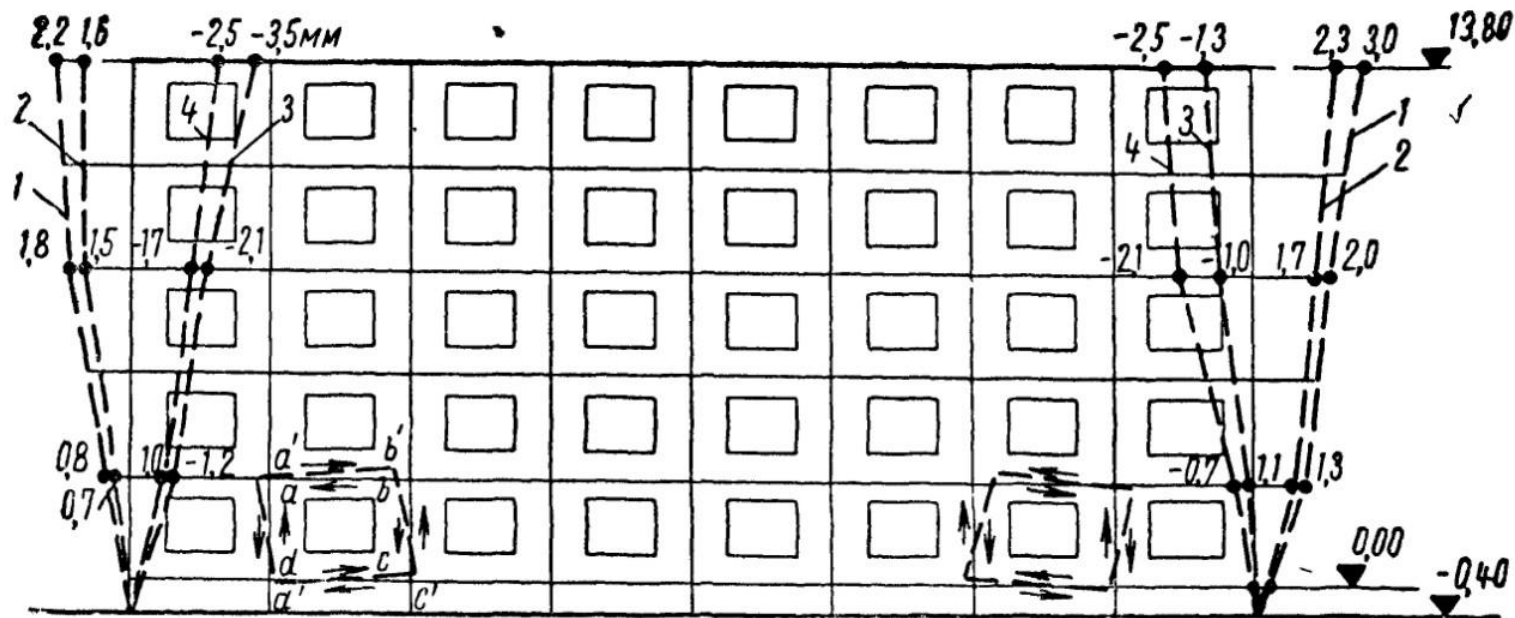
- Применение бетона непроектной прочности
- Неравномерность бетонной смеси в опалубке монолитной конструкции, раковины, отверстия в бетоне
- Замораживание бетонной смеси на стадии твердения
- Нарушения технологических швов в бетоне, необработанные швы
- Сколы бетона от механических повреждений при распалубке, транспортировании, складировании, монтаже
- Силовые трещины при неправильном складировании, перевозке, монтаже
- Применение бракованных сборных ж.б. элементов (панели перекрытий, ригели и колонны каркаса, стеновые панели)
- Нарушение технологии выполнения узлов (полное или частичное отсутствие сварки, коррозионной защиты металлических деталей, герметизации и замоноличивания стыков)
- Недостаточное опирание сборных конструкций, крены, смещения осей, перекосы
- Осадочные трещины в узлах и сборных элементах

## Дефекты из-за нарушения норм эксплуатации

- Трещины в бетоне
  - Силовые (нормальные и наклонные) трещины в растянутой зоне бетона из-за недостаточной несущей способности
  - Продольные трещины по направлению рабочей арматуры из-за коррозии арматуры
  - Температурные трещины при перенапряжении бетона от температурных воздействий
- Коррозия арматуры и бетона (см. след. слайд)
- Разрушение защитного слоя бетона
- Интенсивное или систематическое увлажнение бетона
- Промерзание ограждающих конструкций
- Деформации формы конструкций (прогибы, выгибы, перекосы, кручение)
- Дефекты, связанные с огневым воздействием
- Разупрочнение стыков сборных ж.б. конструкций

- Коррозия бетона и арматуры
  - Химическая коррозия бетона
    - 1 вида – выщелачивание извести в цементе под действием мягкой воды
    - 2 вида – реакции замещения под действием кислот и сильных щелочей
    - 3 вида – кристаллизационное разрушение бетона солями и солевыми растворами
  - Электрохимическая коррозия арматуры во влажной среде
  - Физическая коррозия
    - Морозная деструкция бетона из-за периодического замораживания-оттаивания
    - Механические внешние воздействия (удары, вибрации)
    - Воздействие производственных масел и эмульсий

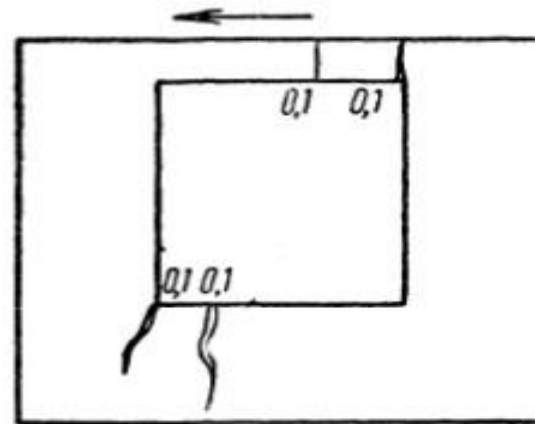
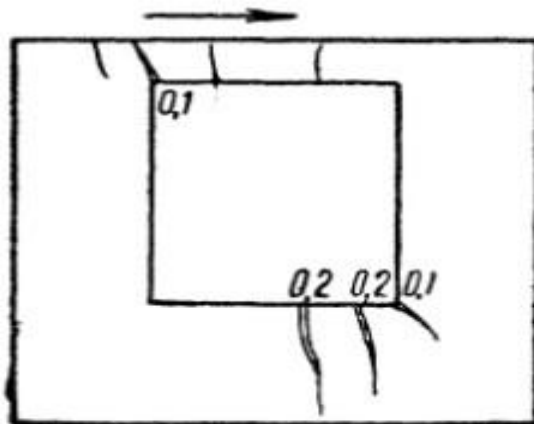
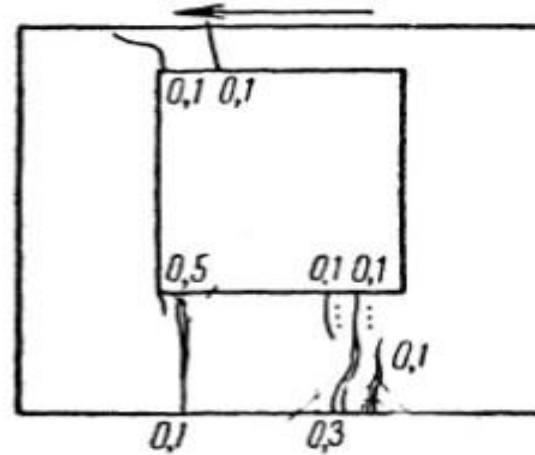
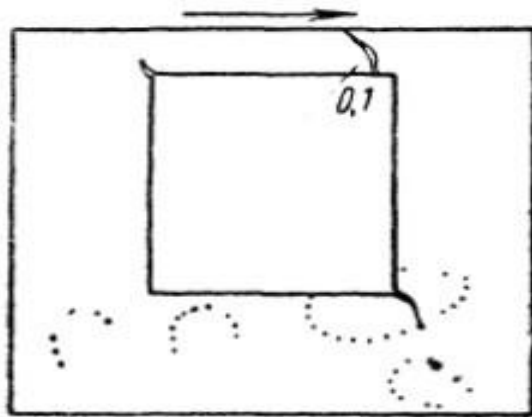
# 5 Виды повреждений бетонных и железобетонных конструкций



*Повреждения панелей при температурных деформациях в плоскости стены (перекос панелей, раскрытие швов, трещины в панелях)*

1 -  $t_H/t_B = 23^\circ/23^\circ$ ; 2 -  $t_H/t_B = 21^\circ/20^\circ$ ; 3 -  $t_H/t_B = -9,5^\circ/-1^\circ$ ; 4 -  $t_H/t_B = -17^\circ/7^\circ$ .

Причины повреждения – большая протяженность фасадов, отсутствие температурных швов

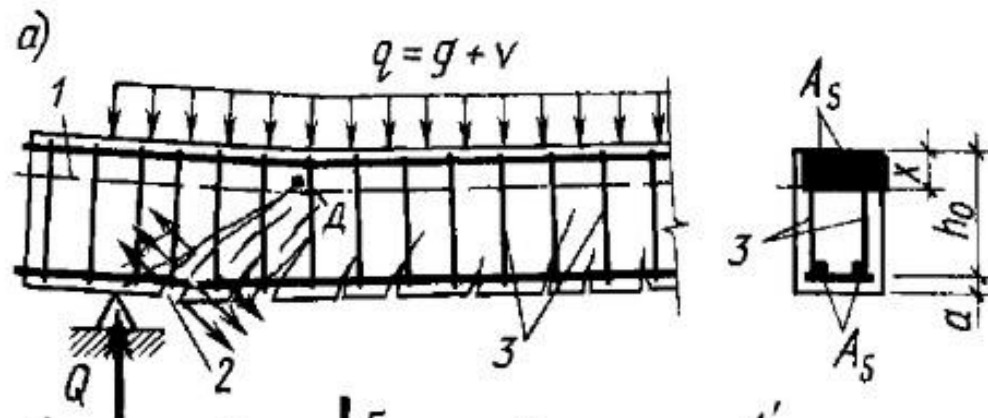


*Повреждения отдельных панелей в уровне первого этажа при температурных деформациях (температурные трещины, отслоение штукатурного слоя)*

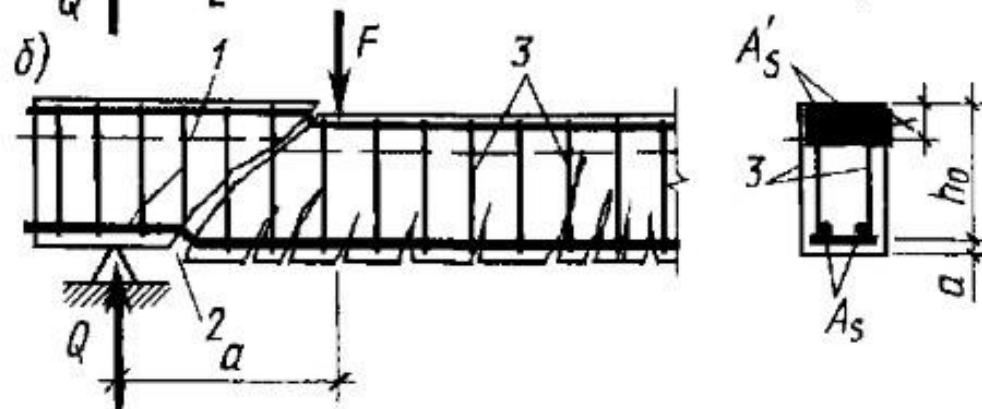
Причины повреждения - большая протяженность фасадов, отсутствие температурных швов



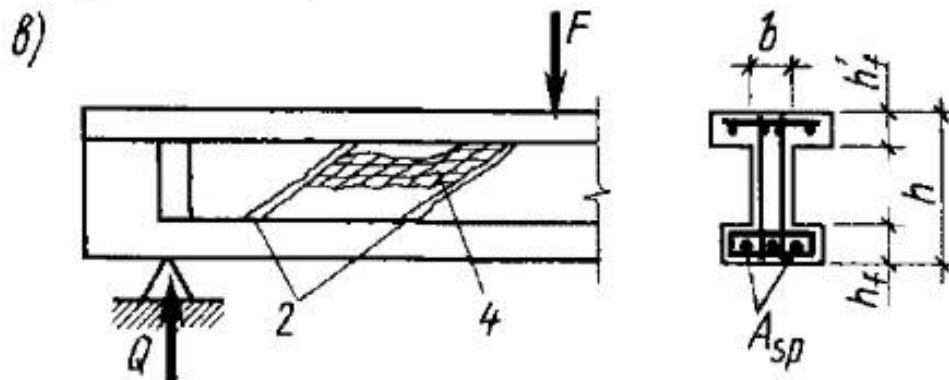
## Разрушение изгибаемых элементов по наклонному сечению



от доминирующего действия изгибающего момента



от доминирующего действия поперечной силы

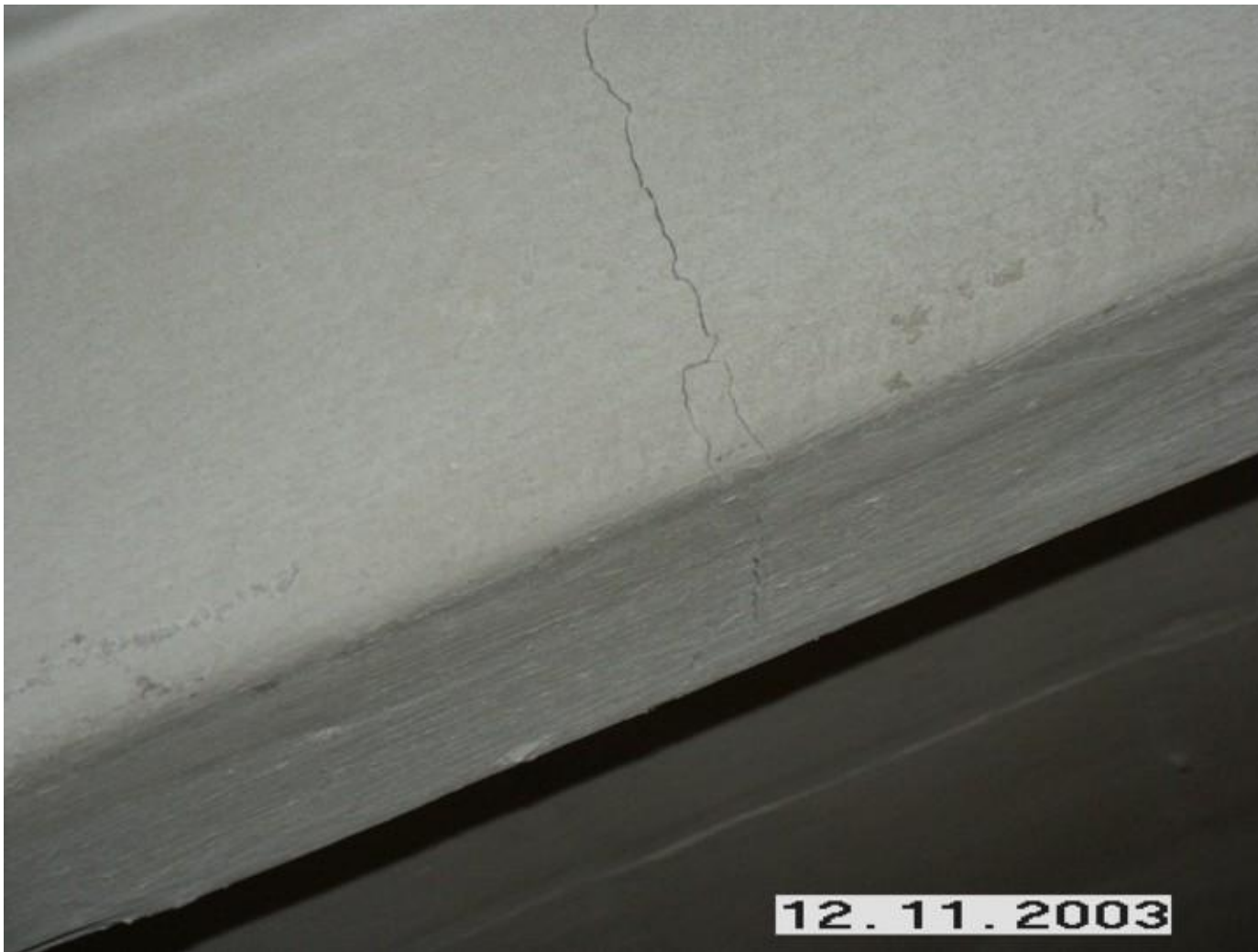


по сжатой полосе между наклонными трещинами при перенапряжении бетона



*Разрушение бетона в опорной зоне балки по наклонной полосе*

Причины повреждения – перенапряжение бетона в зоне действия главных сжимающих напряжений по причине недостаточной прочности бетона



*Силовая трещина в нормальном сечении балки*

Причины повреждения – пластические деформации в арматуре при напряжениях близких к пределу текучести стали



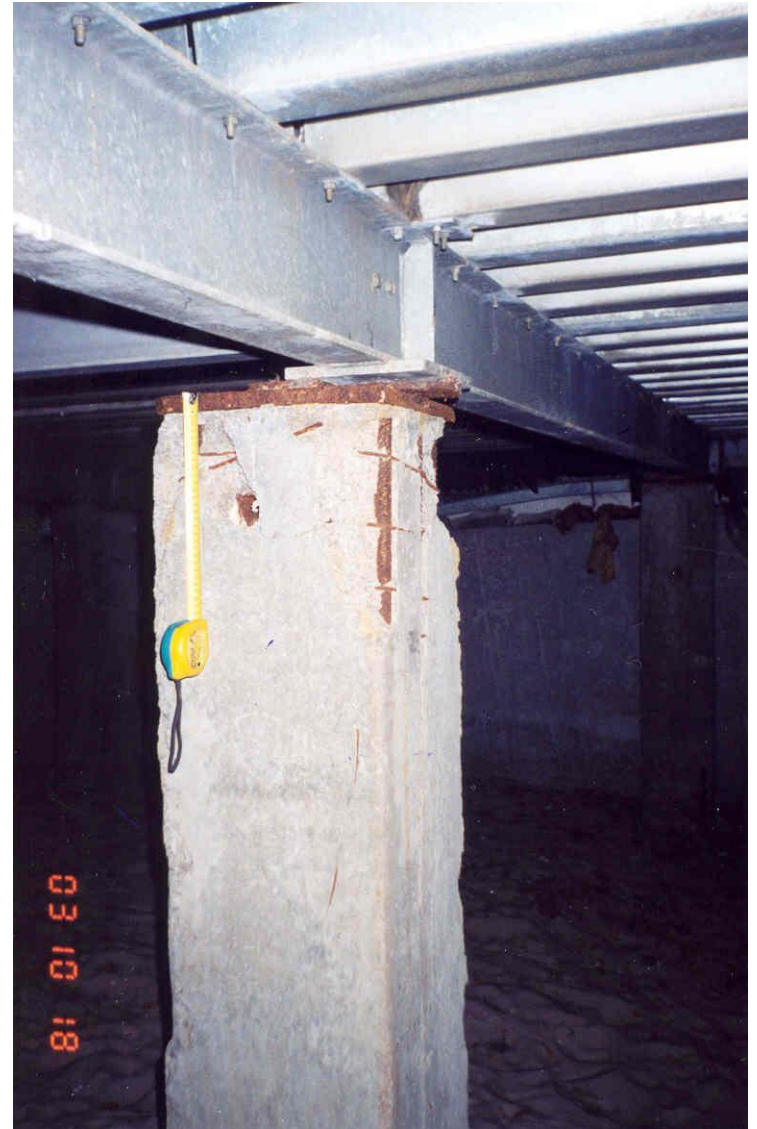
*Трещины в ж.б. балке по направлению расположения арматуры*

Причины повреждения – выдавливание защитного слоя бетона продуктами коррозии арматуры





*Разрушение бетонных стеновых  
блоков*



*Сколы защитного слоя бетона,  
коррозия арматуры и закладных*



*Следы интенсивного увлажнения межэтажного перекрытия*

Причины повреждения – нарушение гидроизоляции полов, нарушение работы систем водопровода и канализации





*Коррозия бетона (1 и 3 видов) и арматуры*

Причины повреждения – интенсивное увлажнение конструкций из-за нарушения гидроизоляции, воздействие агрессивных сред (солевые растворы)

