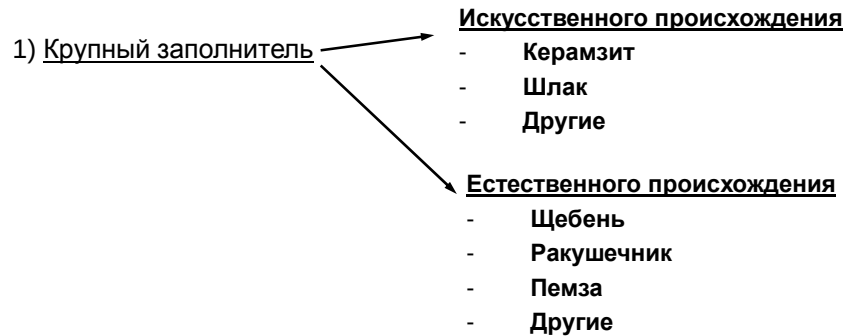


Тема 2

• Физико – механические свойства бетона

1. Состав бетона



2) Мелкий заполнитель: Песок

3) Вода

4) Вяжущее: Цемент, известь, гипс и другие

5) Специальные добавки: пластификаторы, ускорители и замедлители твердения и другие

2. Классификация бетонов и область их применения

1) По основному назначению:

- а) конструкционные (в несущих и ограждающих конструкциях)
- б) специальные (жаростойкие, химические и радиационно-стойкие и другие)

2) По виду вяжущего:

- а) на основа цементных вяжущих (несущие и ограждающие конструкции)
- б) на основе известковых вяжущих (для сборных бетонных и железобетонных конструкций)
- в) на основе шлаковых вяжущих (для бетонных конструкций)
- г) на основе гипсовых вяжущих (для внутренних конструкций)

3) По виду заполнителя:

- а) на плотных заполнителях (для тяжелого бетона)
- б) на пористых заполнителях (для легкого бетона)

4) По структуре:

- а) плотной структуры (в несущих и ограждающих конструкциях)
- б) поризованной структуры (для ограждающих конструкций)
- в) ячеистой структуры (для ограждающих конструкций)
- г) крупнопористой структуры (для бетонных конструкций работающих на сжатие)

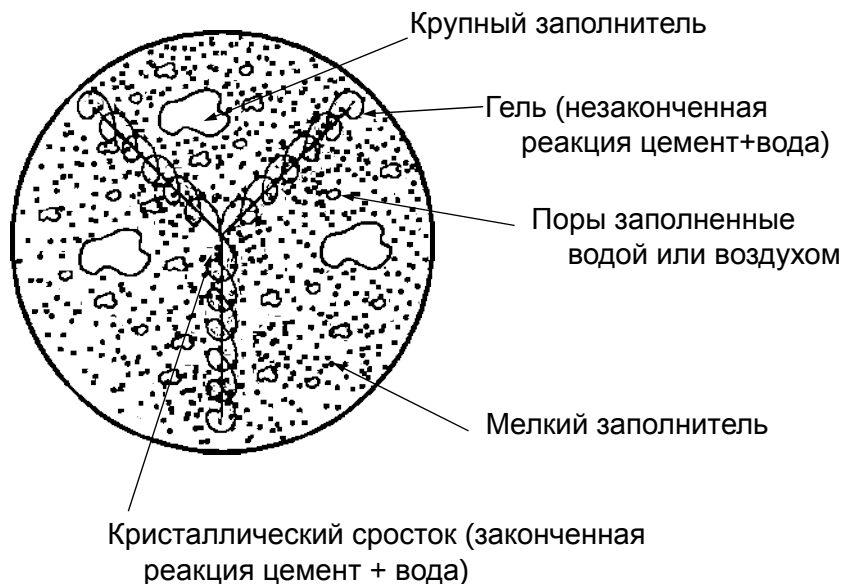
5) По условиям твердения:

- а) естественного твердения
- б) подвергнутые тепловой обработке при атмосферном давлении (пропаривание)
- в) подвергнутые тепловой обработке под давлением (автоклавная обработка)

Другие виды бетонов:

- а) Бетонополимеры
- б) Полимербетоны
- в) Напрягающие бетоны
- и другие

3. Структура бетона



Водоцементное отношение:

$$\frac{W}{C} = 0.15 - 0.2 \quad \text{- необходимое количество воды, чтобы весь цемент вступил в реакцию}$$
$$\frac{W}{C} = 0.3 - 0.4 \quad \text{- жесткие смеси (как правило на заводах)}$$
$$\frac{W}{C} = 0.5 - 0.7 \quad \text{- пластические смеси (как правило на строительной площадке)}$$

При изготовлении бетона всегда используется лишняя вода, которая в дальнейшем испаряется и приводит к усадке бетона.

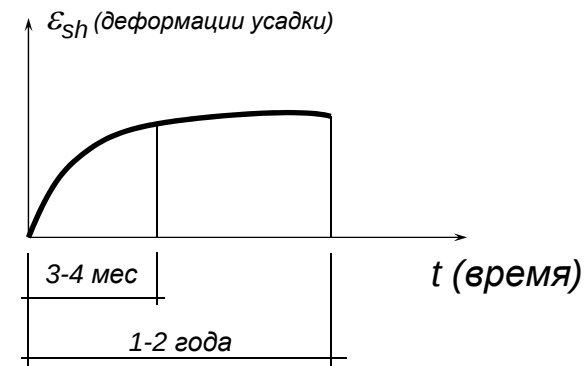
- **Структура бетона существенно влияет на прочность и деформативность бетона**

4. Усадка бетона

Усадка бетона –это уменьшение в объеме бетона при его твердении за счет испарения воды и физико-химических процессов.

- **Факторы влияющие на усадку**

1) Время



2) Влажность окружающей среды



3) Водоцементное отношение $\frac{W}{C}$ Чем больше водоцементное отношение, тем усадка больше (лишняя вода, больше пор)

4) Количество цемента и его активность

Чем больше цемента и выше его активность, тем усадка больше

5) Наличие открытых поверхностей

Усадка больше на открытой поверхности из-за большего испарения воды

Достоинство усадки – улучшает сцепление бетона с арматурой.

Недостаток усадки - снижение трещиностойкости бетона

Меры борьбы с усадочными трещинами:

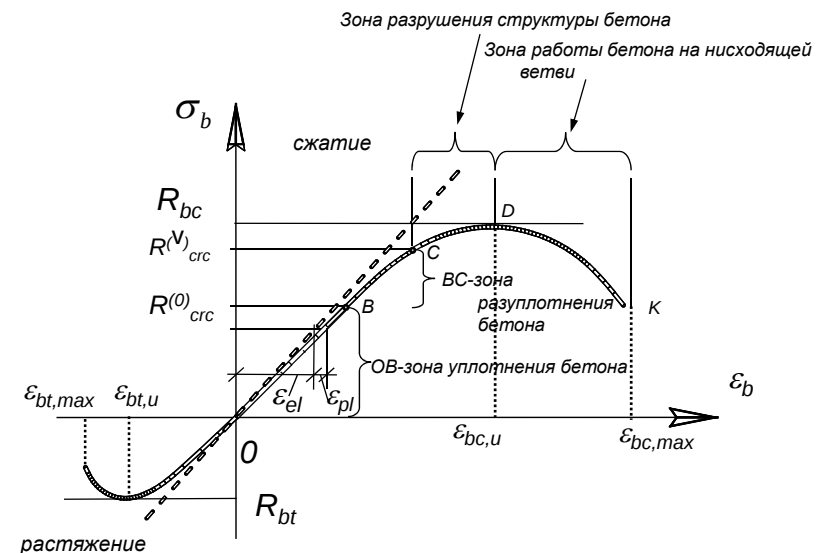
1) Технологические:

- Подбор состава бетона
- Увеличение влажности окружающей среды
- Увлажнение открытых поверхностей
- Использование противоусадочных добавок

2) Конструктивные:

- устройство усадочных швов

• Диаграмма σ - ε для бетона при однократном кратковременном нагружении



Участок 0 - В – зона уплотнения бетона

$$\varepsilon_v = \varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}$$

ε_v - полные деформации
 ε_{el} - упругие деформации
 ε_{pl} - пластические деформации

Точка В – напряжение, при котором образуются микротрещины

$$R_{crc}^{(0)} \cong (0.5 - 0.6) * R_{bc}$$

Участок В - С – зона разуплотнения бетона

Точка С – напряжение, при котором образуются видимые трещины

$$R_{crc}^{(v)} \cong (0.85 - 0.9) * R_{bc}$$

Участок С - D – зона разрушения структуры бетона

Точка D – напряжение, при котором бетон раздавливается

Участок D - К – работа бетона на нисходящей ветви

Характеристики диаграммы $\sigma - \varepsilon$ для бетона

1) R_{bc} - прочность бетона при сжатии.

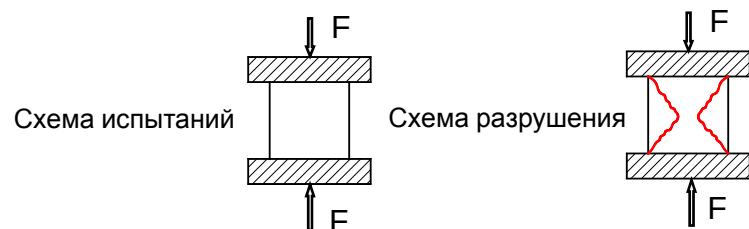
Зависит от формы и размеров образцов

В зависимости от формы образца различают два вида прочности:

R- кубиковая прочность при сжатии.

В качестве образца берется кубик с ребром **15 см**

Кубиковая прочность используется для контроля качества бетона

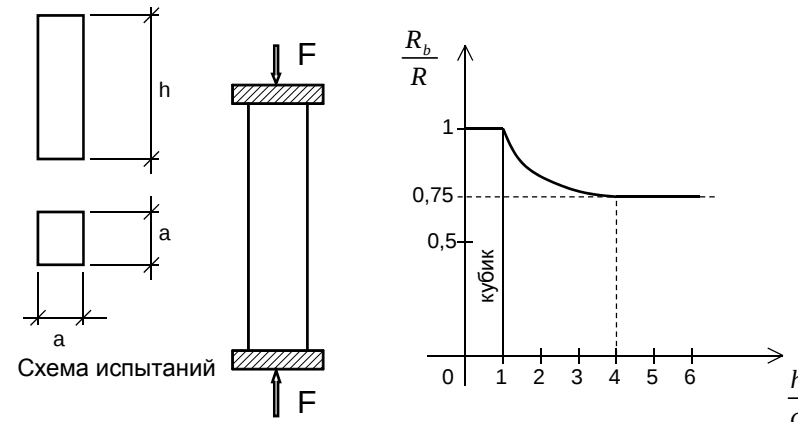


Кубиковая прочность зависит от размеров куба:

- куб с ребром 15 см – R
- куб с ребром 10 см – 1.1R
- куб с ребром 20 см – 0.9R

R_b - призмная прочность.

В качестве образца берется призма 15 x 15 x 60 см



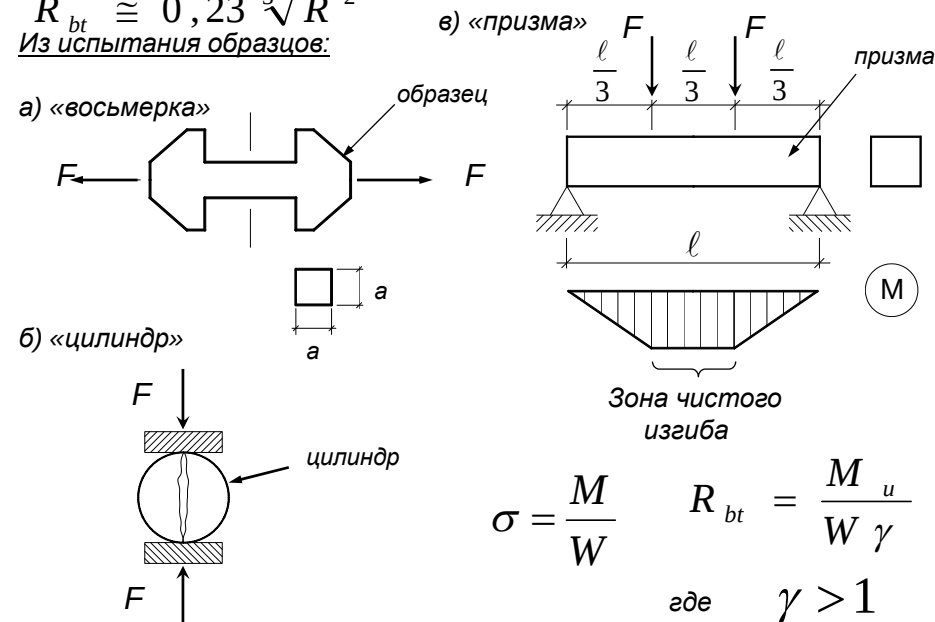
$$R_b \cong 0.75 R$$

Призмная прочность используется в расчетах, т.к. призма ближе подходит к конструкции и силы трения бетона о подушки пресса не оказывают влияние на прочность

2) R_{bt} - Прочность бетона при растяжении

$$R_{bt} \cong 0.23 \sqrt[3]{R^2}$$

Из испытания образцов:



$$\sigma = \frac{M}{W} \quad R_{bt} = \frac{M_u}{W \gamma}$$

где $\gamma > 1$

3) $\varepsilon_{bc,u} = 0.002$ - предельные деформации бетона при сжатии

4) $\varepsilon_{bc,max} = 0.0035$ - максимальные деформации бетона при сжатии

5) $\varepsilon_{bt,u} = 0.0001$ - предельные деформации бетона при растяжении

6) $\varepsilon_{bt,max} = 0.00015$ - максимальные деформации бетона при растяжении

Величины предельных и максимальных деформаций бетона приведены при кратковременном приложении нагрузки. При длительном приложении деформации в 1,5-2 раза больше

7) E_{bc} - модуль деформации бетона при сжатии

Поскольку модуль деформации является переменной величиной, вводятся два понятия:

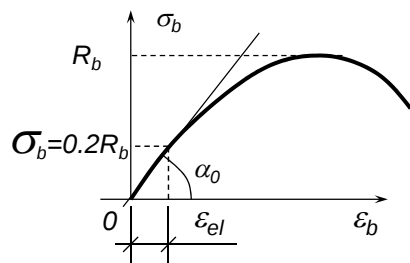
E_b - начальный модуль деформации бетона.

Соответствует упругим деформациям бетона при небольших напряжениях

Начальный модуль деформации бетона определяется как tg угла наклона секущей проведенной через 2-е точки с напряжениями:

$$\sigma_b = 0 \quad \text{и} \quad \sigma_b = 0,2R_b$$

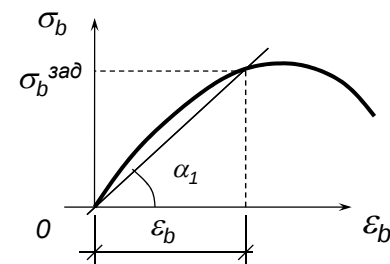
$$E_b = tg \alpha_0 = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{el}}$$



$E_{b.pl}$ - упруго пластичный модуль деформации.
Соответствует неупругим деформациям бетона при больших напряжениях

Определяется как tg угла наклона секущей, проведенной через две точки:

$$\sigma_b = 0 \quad \text{и} \quad \sigma_b = \sigma_b^{зад}$$



$$E_{b.pl} = tg \alpha_1$$

$$E_{b.pl} = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}} = \frac{\sigma_b * \varepsilon_{el}}{\varepsilon_{el} * [\varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}]} = E_b * \left(\frac{\varepsilon_{el}}{\varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}} \right) = E_b * \nu_{bc}$$

$$E_{b.pl} = \nu_{bc} * E_b$$

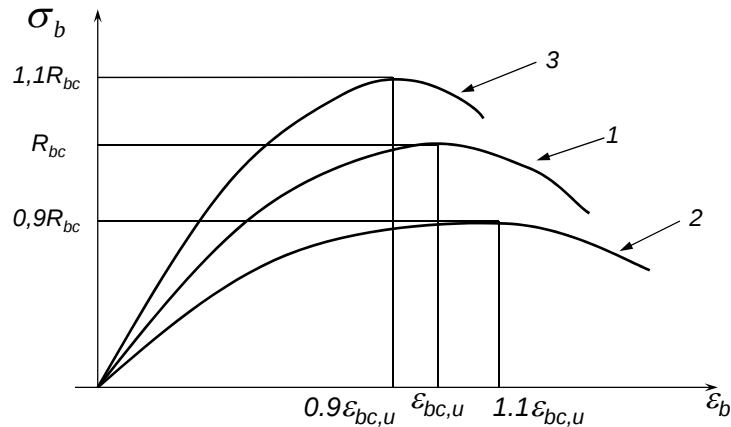
ν_{bc} — Коэффициент, учитывающий пластическую работу бетона при сжатии

Упруго пластический модуль деформации величина переменная и он всегда меньше, чем начальный модуль деформации

$$\nu_{bc} \leq 1$$

$$\nu_{bc} = 1 \quad \text{- при упругой работе бетона}$$

6. Влияние длительности нагружения на прочность и деформативность бетона



1-кратковременное нагружение (1-10 дней)

2-длительное нагружение (3-4 месяца)

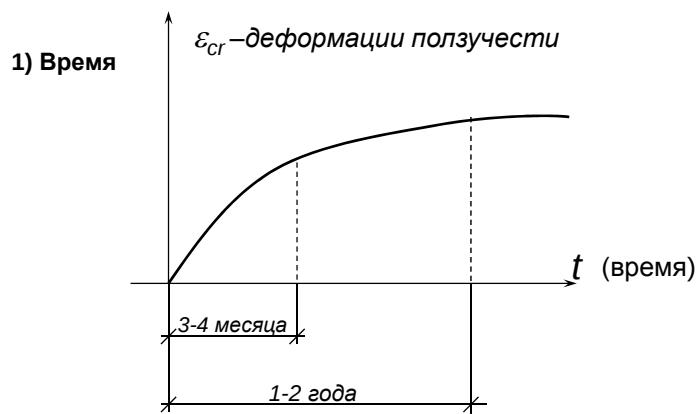
3-особо кратковременное нагружение (1-2 секунды)

Режим нагружения влияет на прочность и деформативность бетона

7. Ползучесть бетона

Ползучестью бетона называется нарастание неупругих деформаций при длительном действии постоянной нагрузки

Факторы, влияющие на ползучесть



2) Уровень напряжений

Чем больше уровень напряжений, тем больше ползучесть

$$\sigma_{bc} \leq R_{crc}^{(0)} \quad - \text{Линейная ползучесть}$$

$$\sigma_{bc} > R_{crc}^{(0)} \quad - \text{Нелинейная ползучесть}$$

3) Возраст бетона

У молодого бетона ползучесть больше

4) Влажность окружающей среды

Чем больше влажность тем меньше ползучесть

5) Водоцементное отношение

Чем водоцементное отношение больше тем больше ползучесть

8. Другие виды прочности бетона

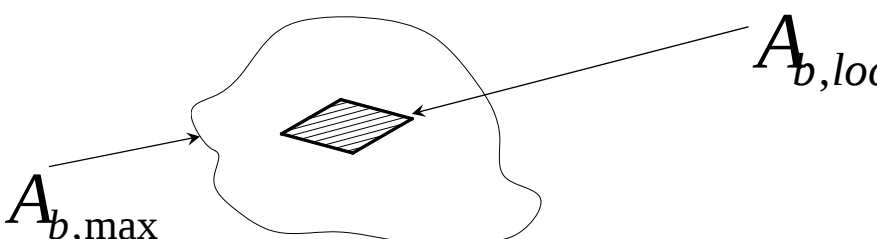
1) $R_{b,sh}$ — Прочность бетона на срез

$$R_{b,sh} \cong 2R_{bt}$$

2) $R_{b,shi}$ — Прочность бетона на скалывание

$$R_{b,shi} \cong (1,5 \div 2)R_{bt}$$

3) $R_{b,loc}$ — Прочность бетона при местном сжатии

$$R_{b,loc} = \varphi_b * R_b \quad \varphi_b = 0,8 * \sqrt{\frac{A_{b,max}}{A_{b,loc}}} > 1$$


4) Прочность бетона при двухосном нагружении

9. Показатели качества бетона

1) $\underline{B}$ - класс бетона по прочности на сжатии $\underline{B}=10...60 \text{ МПа}$

- Это гарантированная прочность на сжатие бетонного образца, изготовленного и испытанного по ГОСТ с обеспеченностью 0,95

Класс бетона – это характеристика, которая задается проектировщиком и которую необходимо контролировать на заводе или на строительной площадке.

В качестве образца принимается куб с ребром 15 см.

Испытания проводят при нормальном температурно-влажностном режиме :

$$t^o = 20 \pm 2^o C \quad W \cong 60\%$$

2) $\underline{B}_t$ - класс бетона по прочности на растяжение $\underline{B}_t=(0.8....3.2)\text{МПа}$ - Это гарантированная прочность на растяжение бетонного образца, изготовленного и испытанного по ГОСТ с обеспеченностью 0,95

3) $\underline{F}$ - марка бетона по морозостойкости $\underline{F}=(50....500)$ - Это количество циклов переменного замораживания и оттаивания эталонного образца, изготовленного и испытанного по ГОСТ

4) $\underline{W}$ – марка бетона по водонепроницаемости $\underline{W}=(2...12)$ – Это давление воды, при котором не происходит ее просачивание через эталонный бетонный образец, изготовленный и испытанный по ГОСТ.