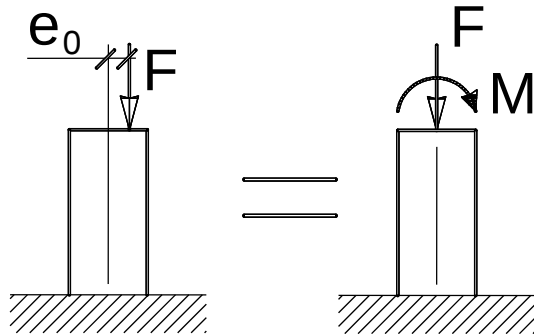


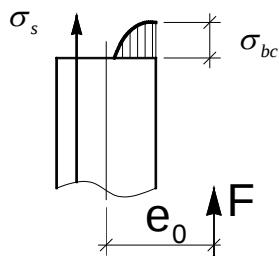
Тема 11

Расчет прочности нормальных сечений внецентренно сжатых элементах

1. Особенности разрушения внецентренно сжатых элементов

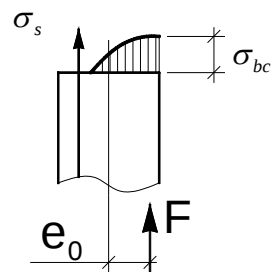


Напряженное состояние при разрушении внецентренно сжатых элементов подобно изгибаемым элементам



1 – случай разрушения:
(случай больших эксцентриситетов)

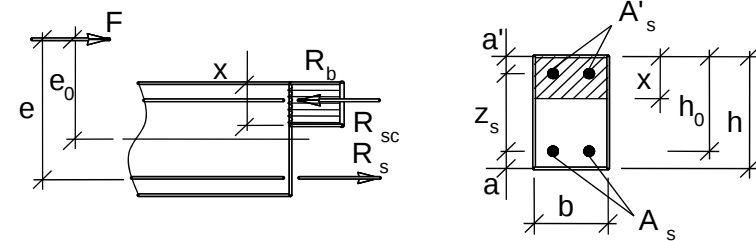
$$\begin{aligned}\sigma_s &\rightarrow R_s \\ \sigma_{bc} &\rightarrow R_{bc}\end{aligned}$$



2 – случай разрушения:
(случай малых эксцентриситетов)

$$\begin{aligned}\sigma_s &< R_s \\ \sigma_{bc} &\rightarrow R_{bc}\end{aligned}$$

2. Проверка прочности внецентренно сжатых элементов



Дано:

$$b, h, F, e_0, R_b, R_s, R_{sc}, A_s, A'_s$$

Найти: выдержит ли данное сечение приложенное усилия F с эксцентриситетом e_0 или не выдержит

Решение:

- 1) Предполагаем, что у нас первый случай разрушения
- 2) Составляем условие равновесия:

$$\begin{aligned}\sum F = 0 \quad F - R_b * b * x - R_{sc} * A'_s + R_s * A_s &= 0 \\ x &= \frac{F - R_{sc} * A'_s + R_s * A_s}{R_b * b}\end{aligned}$$

- 3) Сравниваем $x \geq x_R$

Если $x \leq x_R$ – 1-ый случай разрушения

- 4) Составляем второе условие равновесия:

$$\begin{aligned}\sum M &= 0 \\ F * e - R_b * b * x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) - R_{sc} * A'_s * z_s &= 0\end{aligned}$$

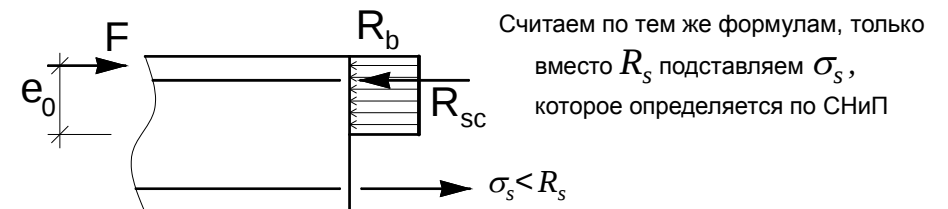
Отсюда получаем условие прочности

$$F * e \leq R_b * b * x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} * A'_s * z_s$$

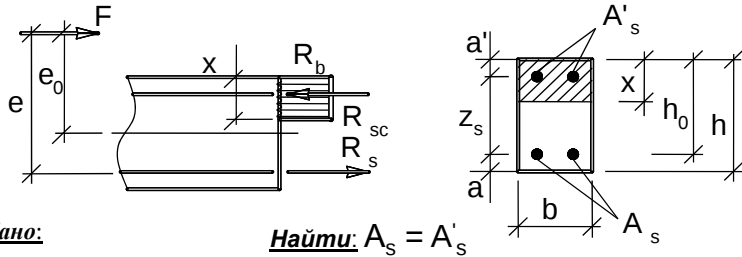
- Если условие выполняется, то сечение выдержит
- Если не выполняется, то сечение не выдержит

- 5) Если $x > x_R$ – 2-ой случай разрушения.

Изменяется напряженное состояние сечения:



3. Подбор арматуры



Дано:

$b, h, F, e_0, R_b, R_s, R_{sc}$

Найти: $A_s = A'_s$

Решение:

1) Предполагаем, что у нас первый случай разрушения

2) Составляем условие равновесия: $\sum F = 0$

$$R_b * b * x + R_{sc} * A'_s - R_s * A_s - F = 0$$

$$x = \frac{F}{R_b * b}$$

3) Сравниваем $x \geq x_R$

Если $x \leq x_R$ – 1-ый случай разрушения

4) Составляем второе условие равновесия:

$$\sum M = 0$$

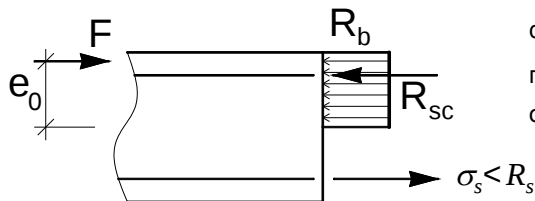
$$F * e - R_b * b * x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) - R_{sc} * A'_s * z_s = 0$$

$$A'_s = \frac{F * e - R_b * b * x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} * z_s}$$

$$A_s = A'_s$$

5) Если $x > x_R$ – 2-ой случай разрушения.

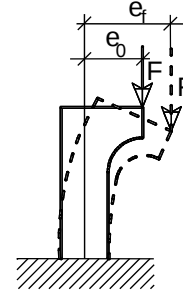
Изменяется напряженное состояние сечения:



Расчет ведем по тем же формулам, только вместо R_s подставляем σ_s , которое определяется по СНиП

4. Особенности расчета гибких внецентренно сжатых элементов

А. Учет продольного изгиба при наличии начального эксцентриситета



Гибкими сжатыми элементами называются элементы, у которых гибкость отвечает следующим условиям

$$\lambda = \frac{l_0}{i} > 14, \text{ где } i - \text{радиус инерции сечения}$$

$$\lambda = \frac{l}{h} > 4, \text{ где } h - \text{наименьший размер поперечного сечения}$$

$$e_f = e_0 + \Delta e_0 = e_0 * \left(1 + \frac{\Delta e_0}{e_0} \right) = \eta * e_0,$$

где: $\eta > 1$ – коэффициент, учитывающий нарастание начального эксцентриситета вследствие продольного изгиба

Из сопоставления:

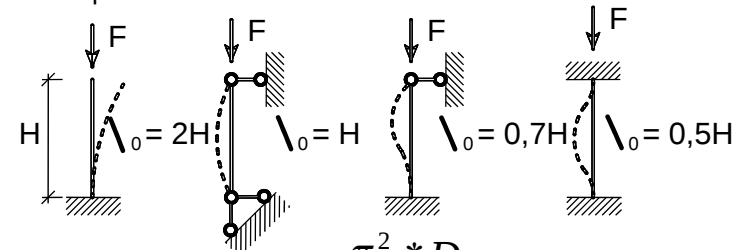
$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{F}{F_{критич}}}; \text{ где } F_{критич} - \text{усилие, при котором сжатый элемент теряет устойчивость}$$

Для упругого элемента:

$$F_{критич} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_0^2} - \text{формула Эйлера}$$

где l_0 – расчетная длина элемента

При различных условиях закрепления сжатого элемента l_0 имеет различные значения



$$\text{Для железобетона } F_{критич} = \frac{\pi^2 * D}{l_0^2}, \text{ где } D - \text{изгибная жесткость железобетонного элемента}$$

$$D = k_b * E_b * I_b + k_s * E_s * I_s, \text{ где } k_b \text{ и } k_s - \text{коэффициенты определяются по СНиП}$$

Алгоритм расчета гибких элементов при подборе арматуры

(метод последовательных приближений)

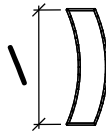
- 1) Задаемся площадью арматуры A_s ;
- 2) Находим $F_{критич}$;
- 3) Находим η ;
- 4) Находим e_f ;
- 5) Выполняем расчет гибкого элемента как внецентренно сжатых элементов с эксцентриситетом e_f и находим площадь арматуры A_s^* ;
- 6) Сравниваем полученное значение $A_s^* \leq A_s$:
 - если разница меньше 5%, то расчет заканчиваем;
 - если разница больше 5%, то возвращаемся к пункту 2,
- 7) Находим новое значение площади арматуры A_s^{**}
- 8) Сравниваем: $A_s^{**} \leq A_s^*$
- 9) Окончательно выбранное значение площади арматуры сравниваем с $A_{s,min}$
 - если $A_s^{**} \leq A_{s,min}$, то принимаем $A_{s,min}$
 - если $A_s^{**} > A_{s,min}$, то принимаем A_s^{**}

Б Учет случайных эксцентриситетов

Случайные эксцентриситеты возникают по трем причинам:

- 1) Из-за искривления конструкции

$$e_a = \frac{1}{600} l$$



- 2) Из-за неточности монтажа

$$e_a = \frac{1}{30} h$$



- 3) Из-за неоднородности структуры

$$e_a = 1 \text{ см}$$

При расчете гибких сжатых элементов начальный эксцентриситет определяется по усилиям F и M , полученным из статического расчета конструкций:

$$e_0 = \frac{M}{F}$$

Далее могут быть два варианта

а) $e_0 = 0$

- в этом случае расчет гибких сжатых элементов выполняем как для внецентренно сжатых, принимая $e_0 = e_a$

б) $e_0 \neq 0$

- если конструкция статически определимая, то в расчет вводим суммарный эксцентриситет $(e_0 + e_a)$;
- если конструкция статически неопределимая, то в расчет вводим наибольшее из этих двух значений.

В. Приближенный расчет сжатых гибких элементов со случайными эксцентриситетами

В общем случае эти элементы должны рассчитываться как внецентренно сжатые со случайным эксцентриситетом

Однако, если выполняются следующие условия:

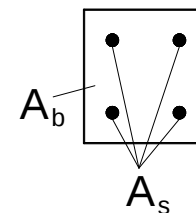
- а) сечение прямоугольное;

$$б) e_0 \leq \frac{h}{30}$$

$$в) \frac{l_0}{h} \leq 20$$

То расчет таких элементов можно выполнять, как условно центрально сжатых.

Условие прочности имеет следующий вид:



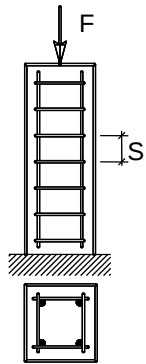
$$F \leq \varphi (A_b * R_b + A_s * R_{sc})$$

φ – коэффициент продольного изгиба
определяется по СНиП в зависимости от

$$\lambda = \frac{l_0}{h}$$

и соотношения длительной части нагрузки к полной

Г. Правило расстановки хомутов в сжатых элементах



Шаг хомутов назначается из условия, чтобы продольные стержни не потеряли устойчивость

Если $\mu \leq 3\%$, шаг определяется из следующих условий

$$\begin{cases} S \leq 15d_s \\ S \leq 500 \text{ мм} \end{cases}$$

где d_s – диаметр продольной арматуры

Если $\mu > 3\%$, то

$$\begin{cases} S \leq 10d_s \\ S \leq 300 \text{ мм} \end{cases}$$

Диаметр хомутов подбирается из условия свариваемости, а в вязанных каркасах принимается не менее 0,25 диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм.

Расчет прочности внецентренно сжатых элементов по наклонным сечениям.

Данный расчет можно выполнять как для изгибаемых элементов. Если данный расчет не выполняется, то хомуты ставятся по конструктивным соображениям.