



Томский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра
«Железобетонные и каменные конструкции»

Дисциплина
«Железобетонные конструкции»
Курс лекций

Тема 5. Расчет растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля по прочности

Лекция 12

Расчет прочности растянутых элементов

Составитель: В. В. Родевич

Вопросы:

1. Конструктивные особенности.
2. Расчет центрально-растянутых элементов.
3. Напряженное состояние растянутых элементов при различной величине эксцентриситетов.
4. Расчет внецентренно растянутых элементов при малых эксцентриситетах.
5. Расчет внецентренно растянутых элементов при больших эксцентриситетах.

1. Конструктивные особенности

По характеру работы различают **центрально** и **внецентренно растянутые** железобетонные элементы.

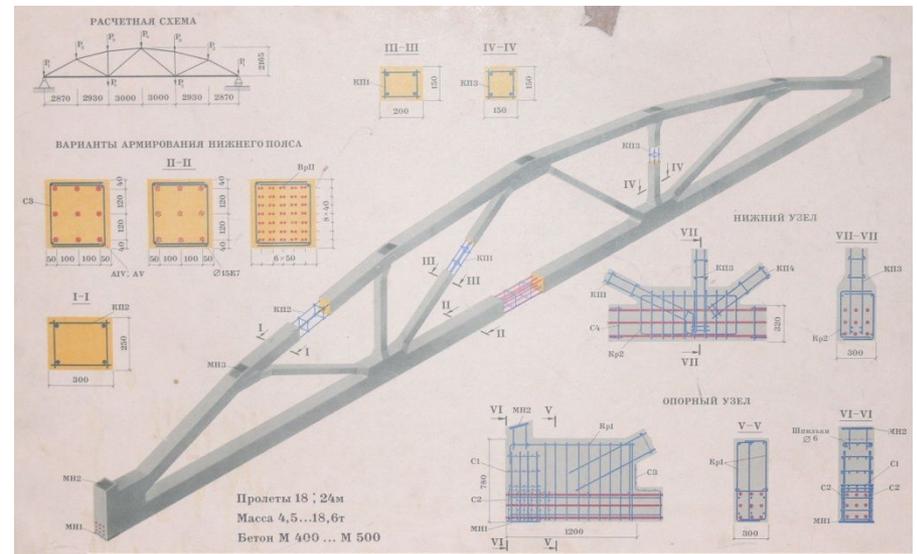
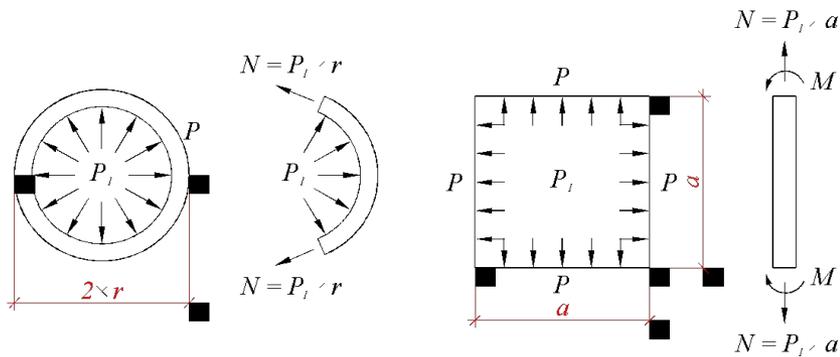
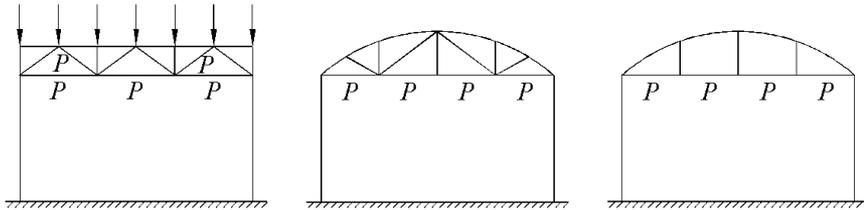
Центрально растянутыми называются элементы, подверженные действию продольного растягивающего усилия. В условиях **центрального (осевого) растяжения** находятся **затяжки арок, нижние пояса и нисходящие раскосы ферм, стенки цилиндрических резервуаров и напорных трубопроводов**, испытывающих внутреннее давление жидкости при отсутствии давления грунта.

Внецентренно растянутыми называют элементы, у которых линия действия внешней продольной растягивающей силы N не совпадает с линией действия равнодействующей внутренних усилий центрально-растягиваемого сечения, т. е. когда продольная сила N действует с эксцентриситетом e_0 по отношению к вертикальной оси элемента или когда одновременно действуют продольная осевая сила N и изгибающий момент M

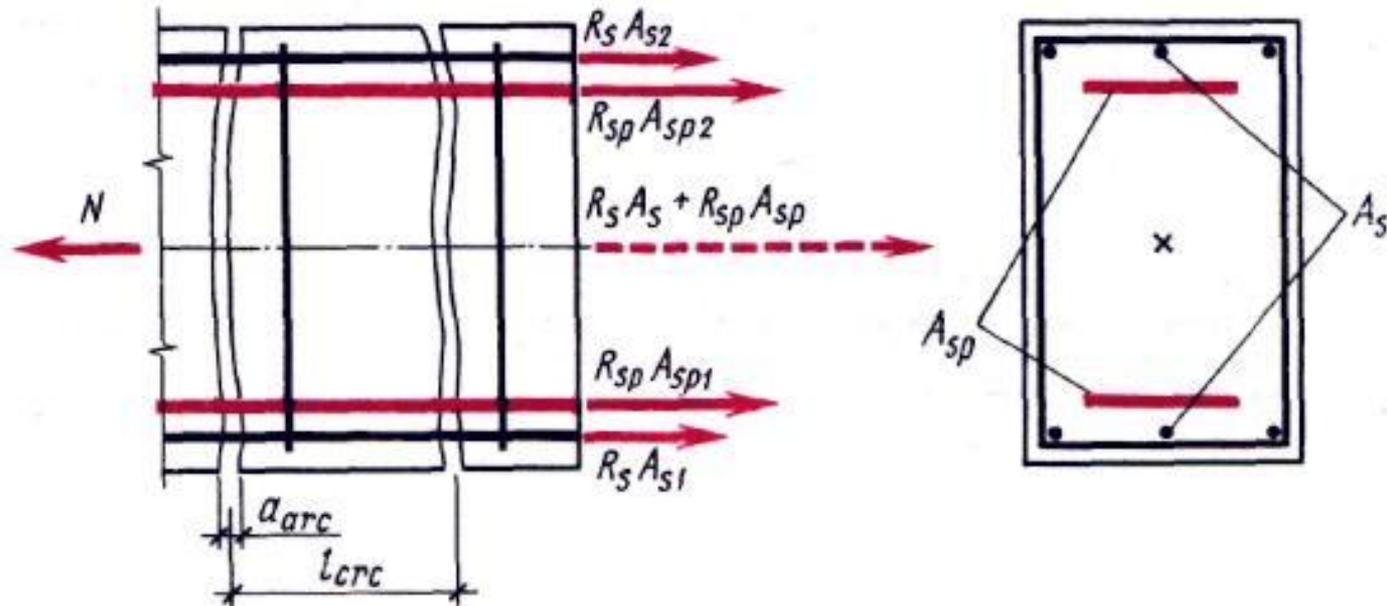
В условиях **внецентренного растяжения** находятся **стенки прямоугольных бункеров, напорные подземные трубопроводы, нижние пояса безраскосных ферм** и т.п.

Центрально растянутые элементы армируют отдельными стержнями или сварными каркасами с равномерным размещением рабочей арматуры по сечению. Центрально растянутые элементы применяют, как правило, предварительно напряженными, что является радикальным средством повышения их сопротивления образованию трещин. Напрягаемую арматуру в линейных элементах размещают в сечении симметрично, чтобы при передаче усилия на бетон по возможности избежать внецентренного обжатия элемента. Для **ненапряженной арматуры допускается стыкование внахлестку**, при этом **в одном сечении должно располагаться не более 25% стержней класса А-I и 50% арматуры периодического профиля. Минимальный процент армирования продольной арматурой должен быть больше 0,5%.**

Растянутые железобетонные конструкции и элементы: сборные стропильные фермы покрытия одноэтажных промышленных зданий; - стенки резервуаров – нижние пояса и раскосы ферм с параллельными поясами; - затяжки арок



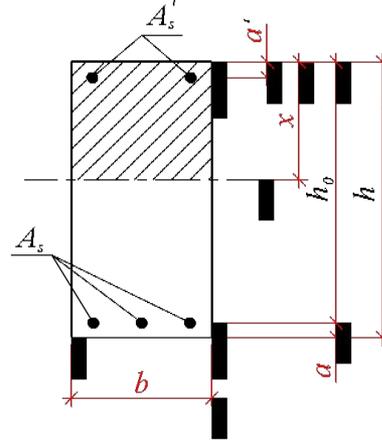
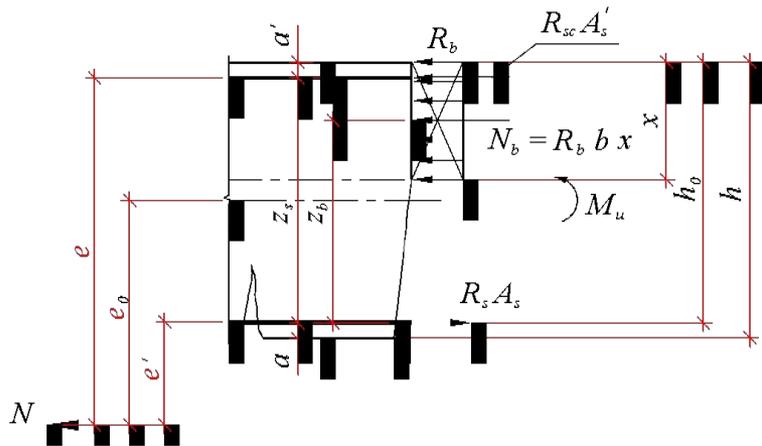
2. Расчет прочности центрально-растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля



$$N \leq N_{cu} = R_s A_{s,tot} = \gamma_{s6} R_{sp} \Sigma A_{sp} + R_s \Sigma A_s$$

$R_s A_{s,tot}$ - выражение в обобщенных усилиях; $A_{s,tot}$ - площадь сечения всей продольной арматуры; $\gamma_{s6} = \eta$ - коэффициент, учитывающий увеличения расчетного сопротивления предварительно напряженной арматуры ($\eta = 1,2$ - для арматуры класса А-IV; $\eta = 1,15$ - для А-V, В-II; Вр-II, К-7, К-19; $\eta = 1,1$ - для арматуры классов А-VI и Ат-VII)

3. Расчет прочности внецентренно растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля при больших эксцентриситетах



Случай 1 – Случай больших эксцентриситетов. Он имеет место, когда продольная растягивающая сила приложена вне ядра сечения, т.е. за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре ($e_0 > 0,5h - a$ или $e' > h_0 - a'$).

При этом $x \leq \xi_R h_0$.

Величину ξ_R определяют также, как для изгибаемых элементов. Характер разрушения таких элементов близок к характеру разрушения изгибаемых элементов (справедливы все предпосылки, которые относятся к изгибаемым элементам с двойным армированием). В стадии Ia напряженно-деформированного состояния (см. стадии НДС при изгибе) в растянутой зоне образуются нормальные трещины, а в стадии IIIa — наступает плавное разрушение элементов, при этом напряжения в растянутой и сжатой арматуре и в бетоне сжатой зоны сечения достигают своих предельных значений: R_s , R_{sc} , R_b т.е. разрушение наступает при одновременном исчерпании несущей способности бетона и арматуры сжатой зоны сечения и растянутой арматуры. При этом элементы следует проектировать так, чтобы соблюдалось условие $x \geq a'$, иначе арматура A_s' будет находиться за пределами бетона сжатой зоны и прочность ее не будет использоваться. Поэтому при $x < a'$ в расчетных уравнениях принимают $A_s' = 0$.

$$N \cdot e \leq M_b + M_{sc} = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a')$$

$$A_s' = \frac{N e - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}$$

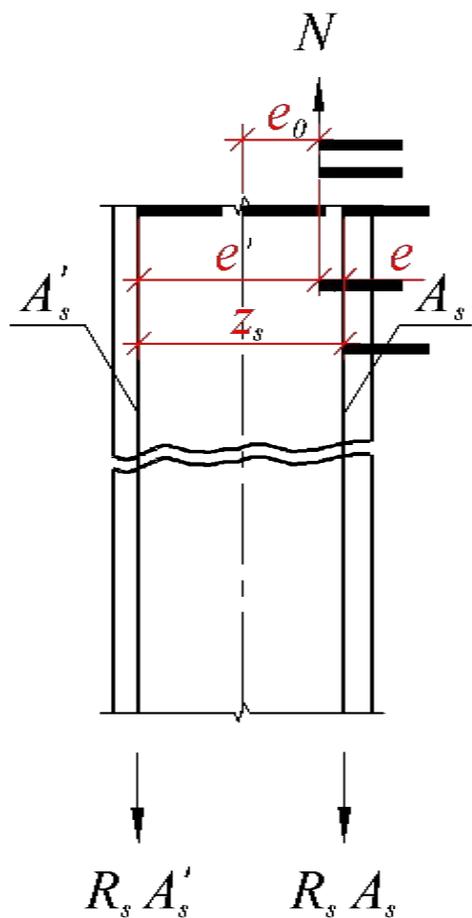
$$N = N_s - N_b - N_s' = R_s A_s - R_b b x - R_{sc} A_s'$$

$$x = \frac{N + R_{sc} A_s' - R_s A_s}{R_b b}$$

$$A_s = \frac{R_b b \xi_R h_0 + R_{sc} A_s' + N}{R_s}$$

Если $\xi > \xi_R$, то принимаем $x = x_R = \xi_R h_0$.

4. Расчет прочности внецентренно растянутых железобетонных элементов прямоугольного профиля при малых эксцентриситетах



Случай 2 – Случай малых эксцентриситетов. Он имеет место, когда внешняя продольная растягивающая сила приложена в пределах ядра сечения и, следовательно, все сечение растянуто. Предельное состояние в этом случае сходно с предельным состоянием центрально растянутых элементов. В предельном состоянии бетон выключен из работы, т.к. элемент на всю высоту пронизан поперечными трещинами. Разрушение наступает в тот момент, когда напряжения во всей продольной арматуре достигают предельного значения. В этом случае границей ядра сечения будет положение центров тяжести A_s и A'_s . Таким образом, данный случай характеризуется условием, когда продольная растягивающая сила приложена между равнодействующими усилий в арматуре, т.е. ($e_0 \leq 0,5h - a$ или $e' \leq h_0 - a'$).

$$N \cdot e \leq R_s A'_s (h_0 - a')$$

$$h_0 = h - a;$$

$$N \cdot e' \leq R_s A_s (h_0 - a')$$

$$z_s = h_0 - a';$$

$$A'_s = \frac{N \cdot e}{R_s (h_0 - a')}$$

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s (h_0 - a')}$$