

Нелинейная деформационная модель расчета железобетонных конструкций по нормальным сечениям

Переход от эпюры напряжений в бетоне к обобщенным внутренним усилиям определяют с помощью процедуры численного интегрирования напряжений по нормальному сечению. Для этого нормальное сечение условно разделяют на малые участки: при косом внецентренном сжатии (растяжении) и косом изгибе - по высоте и ширине сечения; при внецентренном сжатии (растяжении) и изгибе плоскости оси симметрии поперечного сечения элемента - только по высоте сечения. Напряжения в пределах малых участков принимают равномерно распределенными (усредненными).

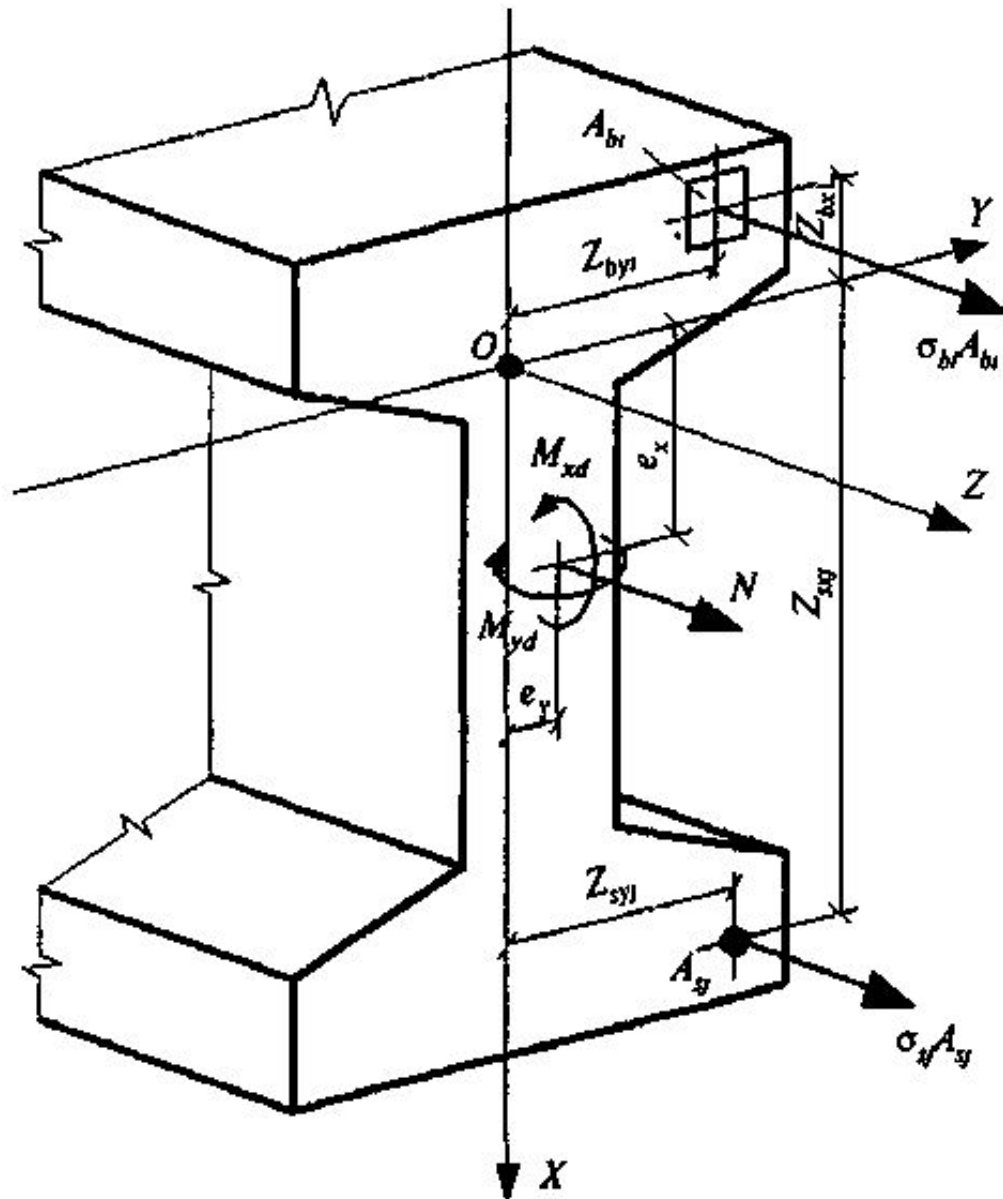
Нелинейная деформационная модель расчета железобетонных конструкций по нормальным сечениям

При расчете элементов с использованием деформационной модели принимают:

- значения сжимающей продольной силы, а также сжимающих напряжений и деформаций укорочения бетона и арматуры - со знаком «минус»;
- значения растягивающей продольной силы, а также растягивающих напряжений и деформаций удлинения бетона и арматуры - со знаком «плюс».

Знаки координат центров тяжести арматурных стержней и выделенных участков бетона, а также точки приложения продольной силы принимают в соответствии с назначенной системой координат XOY . В общем случае начало координат этой системы (точка O на рисунке 6.7) располагают в произвольном месте в пределах поперечного сечения элемента.

Расчетная схема нормального сечения железобетонного элемента



Расчет прочности по нормальным сечениям на основе нелинейной деформационной модели

При расчете по прочности усилия и деформации в сечении, нормальном к продольной оси элемента, определяют на основе нелинейной деформационной модели, использующей уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, а также следующие положения:

Расчет прочности по нормальным сечениям на основе нелинейной деформационной модели

При расчете по прочности усилия и деформации в сечении, нормальном к продольной оси элемента, определяют на основе нелинейной деформационной модели, использующей уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, а также следующие положения:

- распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимают по линейному закону (гипотеза плоских сечений);

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byj} \quad \varepsilon_{si} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syj}$$

Расчет прочности по нормальным сечениям на основе нелинейной деформационной модели

При расчете по прочности усилия и деформации в сечении, нормальном к продольной оси элемента, определяют на основе нелинейной деформационной модели, использующей уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, а также следующие положения:

- распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимают по линейному закону (гипотеза плоских сечений):

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byj} \quad \varepsilon_{si} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syj}$$

- СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСЕВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ И ОТНОСИТЕЛЬНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ ПРИНИМАЮТ В ВИДЕ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ (деформирования) бетона и арматуры;

Расчет прочности по нормальным сечениям на основе нелинейной деформационной модели

При расчете по прочности усилия и деформации в сечении, нормальном к продольной оси элемента, определяют на основе нелинейной деформационной модели, использующей уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, а также следующие положения:

- распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимают по линейному закону (гипотеза плоских сечений):

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byj} \quad \varepsilon_{si} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syj}$$

- связь между осевыми напряжениями и относительными деформациями бетона и арматуры принимают в виде диаграмм состояния (деформирования) бетона и арматуры:
- сопротивление бетона растянутой зоны допускается не учитывать, принимая при $\varepsilon_{bi} \geq 0$ напряжения $\sigma_{bi} = 0$. В отдельных случаях (например, изгибаемые и внецентренно сжатые бетонные конструкции, в которых не допускают трещины) расчет по прочности производят с учетом работы растянутого бетона.

Расчет прочности по нормальным сечениям на основе нелинейной деформационной модели

При расчете по прочности усилия и деформации в сечении, нормальном к продольной оси элемента, определяют на основе нелинейной деформационной модели, использующей уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, а также следующие положения:

- распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимают по линейному закону (гипотеза плоских сечений):

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byj} \quad \varepsilon_{sj} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syj}$$

- связь между осевыми напряжениями и относительными деформациями бетона и арматуры принимают в виде диаграмм состояния (деформирования) бетона и арматуры:

- сопротивление бетона растянутой зоны допускается не учитывать, принимая при $\varepsilon_{bi} \geq 0$ напряжения $\sigma_{bi} = 0$. В отдельных случаях (например, изгибаемые и внецентренно сжатые бетонные конструкции, в которых не допускают трещины) расчет по прочности производят с учетом работы растянутого бетона;

- зависимости, связывающие напряжения и относительные деформации бетона и арматуры:

$$\sigma_{bi} = E_b \nu_{bi} \varepsilon_{bi} \quad \sigma_{sj} = E_s \nu_{sj} \varepsilon_{sj}$$

При расчете нормальных сечений по прочности в общем случае используют:

- уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в нормальном сечении элемента:

$$M_x = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{bxi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} Z_{sxj}$$

$$M_y = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} Z_{byi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} Z_{syj}$$

$$N = \sum_i \sigma_{bi} A_{bi} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj}$$

- уравнения, определяющие распределение деформаций по сечению элемента:

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{bxi} + \frac{1}{r_y} Z_{byj}$$

$$\varepsilon_{sj} = \varepsilon_0 + \frac{1}{r_x} Z_{sxi} + \frac{1}{r_y} Z_{syj}$$

- зависимости, связывающие напряжения и относительные деформации бетона и арматуры:

$$\sigma_{bi} = E_b \nu_{bi} \varepsilon_{bi} \quad \sigma_{sj} = E_s \nu_{sj} \varepsilon_{sj}$$

$$M_x = M_{xd} + N \cdot e_x$$

$$M_y = M_{yd} + N \cdot e_y$$

$$v_{bi} = \frac{\sigma_{bi}}{E_b \cdot \varepsilon_{bi}} \quad v_{si} = \frac{\sigma_{si}}{E_s \cdot \varepsilon_{si}}$$

Расчет нормальных сечений железобетонных элементов по прочности производят из условий

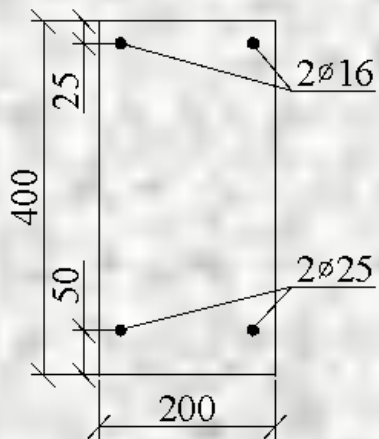
$$\left| \varepsilon_{b,\max} \right| \leq \varepsilon_{b,ult} \quad \left| \varepsilon_{s,\max} \right| \leq \varepsilon_{s,ult}$$

Программа расчета усиления под нагрузкой изгибаемых стержневых армированных конструкций

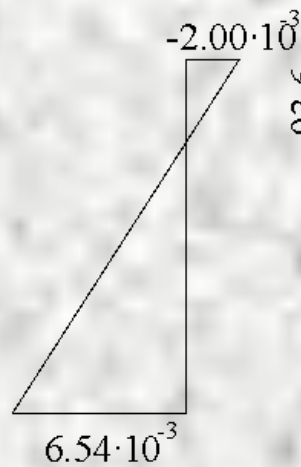
Основные допущения:

- усиливаемая и усиливающая части сечения работают совместно вплоть до разрушения;
- справедлива гипотеза плоских сечений;
- материалы обеих частей сечения следуют своим диаграммам деформирования;
- деформации в усиливаемой части сечения определяются как сумма начальных деформаций в усиливаемой части сечения, и приращения деформаций после включения усиливающей части сечения в работу;
- зависимость между напряжениями и деформациями в материалах может задаваться численно на основе экспериментальных данных или описываться различными аналитическими зависимостями;
- расчет ведется итерационным методом с использованием алгоритма деления отрезка пополам; в качестве варьируемой переменной принимается продольная относительная деформация крайнего нижнего волокна; выход из итераций осуществляется при достижении равновесия в сечении продольных усилий с заданной погрешностью;
- несущая способность усиленного элемента определяется при заданной краевой относительной деформации крайнего верхнего волокна.

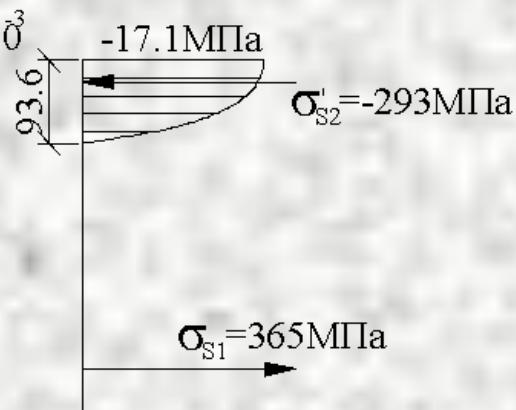
a)



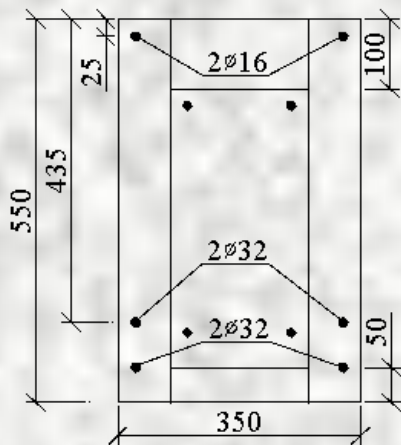
б)



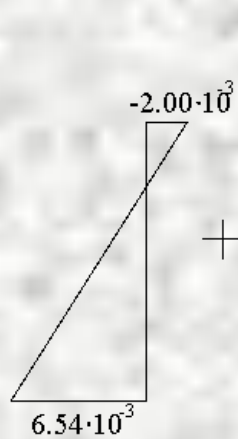
в)



a)



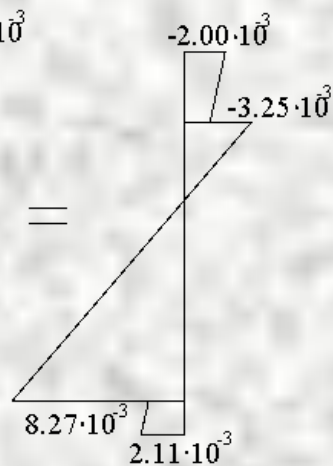
б)



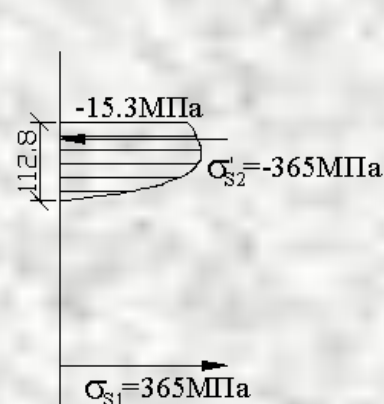
в)



г)



д)



e)

