EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH
Innovative Academy Research Support Center
UIF = 8.1 | SJIF = 5.685 www.in-academy.uz

ОБЩАЯ СХЕМА РАСЧЕТА НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ

Асанова Гулжанат Оринбековна
АО “Узбекистон темир йуллари”, УК
“Куприккурилишлойиха”, инженер
https://doi.org/10.5281/zenodo.7124334

ARTICLE INFO

Received: 24th September 2022
Accepted:26th September 2022
Online: 29th September 2022

KEY WORDS

сечение, изгибающий момент, нагрузка, диаграмме Прандтля, зоны сжатия бетона.

ABSTRACT

Эта статья посвящена общей схеме расчета простых участков на мощность и содержит информацию о расчетах

Цель расчета – гарантировать от возникновения несанкционированных предельных состояний при эксплуатации объекта. Это делается таким образом, что вместо единого синтезирующего резервного коэффициента вводится система расчетных коэффициентов, которые умножаются на нормативные значения и получаются расчетные значения.

Проверка прочности нормального участка. Конечной целью расчета является определение предельного значения изгибающего момента M_{ult}, которое может воспринимать поперечное сечение, и сравнение его с изгибающим моментом M, вызванным внешней рабочей нагрузкой, и, если $M > M_{ult}$, то есть предельный момент не сможет воспринять реальный момент, вызванный внешними нагрузками, то необходимо усилить сечение.

Для этого в первую очередь проверяется прочность сечения по общим уравнениям баланса сил в предельном состоянии до армирования.

На рис.1 показан фрагмент прямоугольной и диагональной балки моста, срезанной в середине пролета при отсутствии поперечной силы, с максимальным действующим изгибающим моментом M и расположением внутренних сил в предельном состоянии.

EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH
Innovative Academy Research Support Center
UIF = 8.1 | SJIF = 5.685 www.in-academy.uz

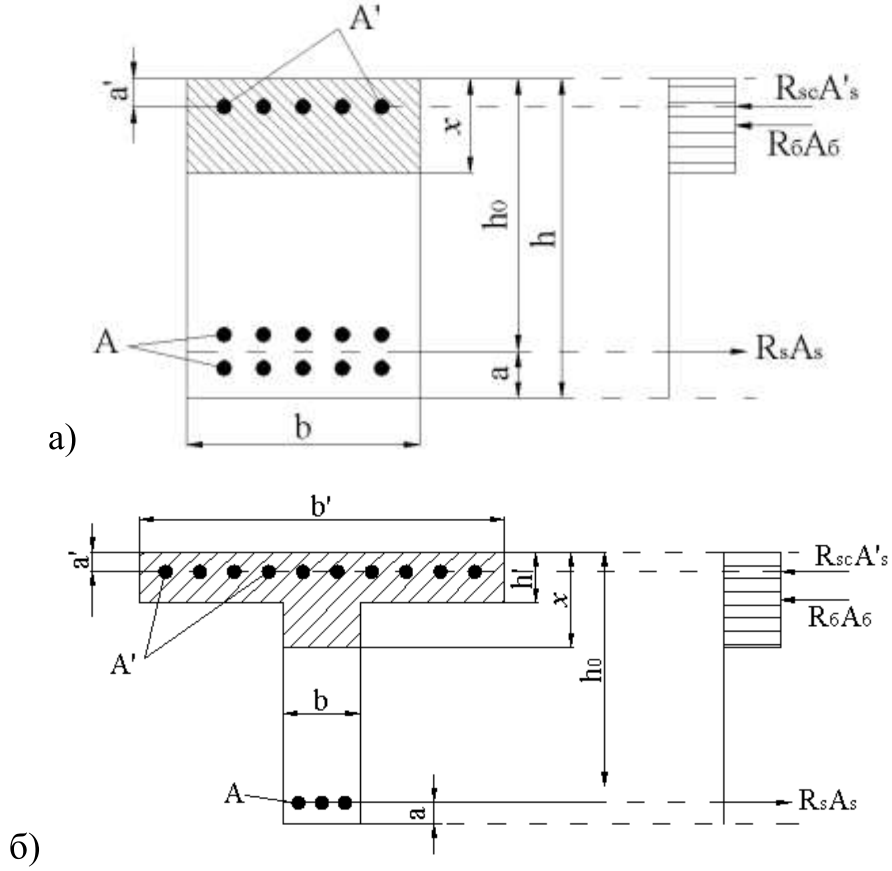

Рис. 1

Эквивалентные продольные силы и уравнения равновесия

По диаграмме деформирования (диаграмме Прандтля) из равенства напряжений в бетоне и арматуре при любом значении деформации к расчетным сопротивлениям (т. е. для бетона и стальной арматуры в горизонтальных участках диаграммы $\sigma_b = R_b, \sigma_s = R_s$), равно действующих продольных сил, показанных на рис. 2.2, и равновесия, получаем систему уравнений в следующем общем виде:

$\sum_j N_j = 0;\ R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_b A_b = 0;$ (1)

$\sum_j M_j = 0;\ \ M_{ult} = R_b S_b + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = M,$ (2)

(где момент силы взят относительно центра тяжести растянутой поверхности якоря и, следовательно, статический момент растянутой поверхности якоря равен нулю).

В этих формулах соответственно поперечное сечение зоны сжатия бетона, поверхности нижней арматуры и верхней арматуры сжатия, S_b - статический момент поверхности зоны сжатия бетона относительно центра тяжести удлиненной арматуры, M_{ult} — предельный момент внутренних сил, M — момент, вызванный внешними силами, R_b, R_s — соответственно расчетные сопротивления бетона и стали, h_o, a' — расчетная высота и толщина верхнего защитного слоя бетона.

Эти формулы справедливы (правильный) только в том случае, если несущие свойства сечения соответствуют одновременному разрушению бетона и арматуры.

По этим общим формулам определяют S_b в точных размерах сечения, затем из первого уравнения находят высоту сжатой зоны x, что позволяет вычислить и применить второе уравнение [1].

Так, например, система уравнений равновесия балки с прямоугольным поперечным сечением высотой h и шириной b принимает следующий вид:

$$R_sA_s - R_{sc}A'_s - R_bbx = 0 \quad (3)$$

$$M^s_{ult} = R_bbx(h_0 - 0.5x) + R_{sc}A'_s(h_0 - a') \geq M \quad (4)$$

Для прямоугольной балки высотой h и шириной b и для пластины шириной и толщиной b′ и h′при x ≤ h′ получаем следующее:

$$R_sA_s - R_{sc}A_{sc} - R_bb' = 0 \quad (5)$$

$$R_{sc}A_{sc}(h_0 - a') + R_bb'x(h_o - 0{,}5x) \geq M \quad (6)$$

Если x > h′

$$R_sA_s - R_{sc}A_{sc} - R_bbx - R_b(b' - b)h' = 0 \quad (7)$$

$$R_{sc}A_{sc}(h_0 - a') + R_bbx(h_o - 0{,}5x) + R_b(b' - b)h'(h_o - 0{,}5h') \geq M \quad (8)$$

Из (8) определяется фактическая высота зоны сжатия бетона

$$x = \frac{R_sA_s - R_{sc}A'_s}{R_bb} \quad (9)$$

Затем находится фактическая относительная (безразмерная) высота зоны сжатия бетона.

$$\xi = x/h_0 \quad (10)$$

При выборе сечения из условия прочности $M_0 \leq M_{ult}$ имеем два уравнения равновесия с тремя неизвестными значениями этих поверхностей, то есть задача является статически неопределенной и для решения этой задачи требуется только одно дополнительное уравнение деформации соединения . Это условие выражается в виде достаточно обоснованной для длинных балок гипотезы о плоском сечении и принятии $\sigma - \varepsilon$-диаграммы Прандтля, включающей линейную зависимость между напряжениями и деформациями в упругой фазе (косая прямая) и в пластической фазе (горизонтальная прямая) по закону Гука.

Поэтому, исходя из расчета прочности в равновесных условиях, из (2.3) видим, что одно и то же значение высоты зоны сжатия может быть получено при разных значениях поверхностей сжатого бетона и растянутой арматуры в зависимости от того, происходит ли разрушение бетона или арматуры, или бетона и арматуры одновременно.

Поэтому вводится понятие предельной высоты зоны сжатия бетона, где предельное состояние возникает одновременно в самой верхней сжатой фибре бетона и в нижней арматуре. Для нахождения предельной высоты сжатой зоны необходимо установить зависимость между предельными деформациями верхней сжатой фибры бетона $\varepsilon_{b,ult} = R_b/E_b$ и предельными деформациями нижней арматуры $\varepsilon_{b,ult} = R_s/E_s$ на основе условия деформации нормального сечения.

Эта связь устанавливается гипотезой плоского сечения. Согласно этой гипотезе, из подобия треугольника получаем следующее (рис. 2)

EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH
Innovative Academy Research Support Center
UIF = 8.1 | SJIF = 5.685 www.in-academy.uz

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_s} = \frac{x}{(h_0 - x)}. \qquad (11)$$

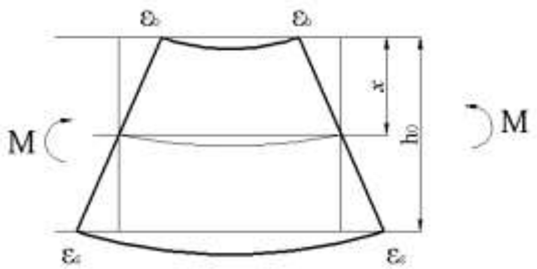

Рис.2

Из (11) находим высоту зоны сжатия бетона в следующем виде

$$x = \frac{h_0}{1 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_b}} = \frac{h_0}{1 + \frac{\sigma_s}{E_s \varepsilon_b}} \qquad (12)$$

и определяем фактическую относительную (безразмерную) высоту зоны сжатия бетона

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_b}} = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_s}{E_s \varepsilon_b}} \qquad (13)$$

Для нахождения предельной высоты зоны сжатия бетона (в пересчете на h_0) и предельной относительной высоты применим к (12) и (13) предельное значение изгибной деформации бетона $\varepsilon_{b,ult} = 0{,}0035$ (при $\sigma_b = R_b$) и предельную деформацию растянутой стержневой арматуры $\varepsilon_{s,ult} = R_s/E_s$ обозначить (при $\sigma_s = R_s$).

$$x_R = \frac{0.8 h_0}{1 + \frac{\varepsilon_{s,ult}}{\varepsilon_{b,ult}}} \qquad (14)$$

а по СП 52–103–2003 на предельную относительную высоту зоны сжатия бетона

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_o} = \frac{0.8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{R_s}{E_s 0.0035}} \qquad (15)$$

Коэффициент 0,8 вводится при изменении криво-предельной кривой напряжения сжатия бетона на равномерно распределенную кривую.

Из (14), (15) видно, что эти предельные значения зависят только от деформационных свойств материала и не зависят от формы и размеров сечения, и их берут из таблицы 1.

Таблица 1. Предельные значения относительной высоты зоны сжатия бетона

Класс арматуры	A240	A300	A400	A500
R_s (МПа)	215	270	355	435
ξ_R	0,612	0,577	0,531	0,493

EURASIAN JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH
Innovative Academy Research Support Center
UIF = 8.1 | SJIF = 5.685
www.in-academy.uz

Напряжения в стальной стержневой арматуре определяют по следующей эмпирической формуле согласно КМК 2.03.01-96.

$$\sigma_s = \frac{\varepsilon_{bul} E_s}{1 - \frac{\omega}{1.1}}\left(\frac{\omega}{\xi} - 1\right) \leq R_s \qquad (16)$$

Пример. Дано: сечение размерами b=250 мм, h=750 мм; a=50 мм; арматура класса А400 ($R_s = R_{sc} = 355$ МПа); изгибающий момент с учетом крановой нагрузки $M_{II} = 780$ кН · м; момент без учета крановой нагрузки $M_I = 670$ кН · м тяжелый бетон класса В20 ($R_b = 11{,}5$ МПа при γ_{b2}=1,0).

Требуется определить площадь сечения продольной арматуры.

Расчет производим на полную нагрузку, корректируя расчетное сопротивление бетона согласно п. 3.1.

Так как $\gamma_{b2} = 0{,}9\frac{M_{II}}{M_I} = 0{,}9\frac{780}{670} = 1{,}05 < 1{,}1$

Принимаем $R_b = 11{,}5 \cdot 1{,}05 = 12{,}075$ МПа.

Вычислим $h_0 = 750 - 50 = 700$ МПа.

По формуле находим значение α_m [4]:

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b {h_0}^2} = \frac{780 \cdot 10^6}{12{,}075 \cdot 250 \cdot 700^2} = 0{,}527$$

Так как $\alpha_m = 0{,}527 > \alpha_R = 0{,}42$ ($\gamma_{b2} = 1{,}0$), при заданных размерах сечения и классе бетона необходима сжатая арматура.

Принимая $\alpha' = 30$мм, по формулам определим необходимую площадь сечения сжатой и растянутой арматуры [4]:

$$A_s' = \frac{M - 0{,}4 R_b b {h_0}^2}{R_{sc}(h_0 - a')} = \frac{780 \cdot 10^6 - 0{,}4 \cdot 12{,}075 \cdot 250 \cdot 700^2}{355(700-30)} = 792 \text{ мм}^2;$$

$$A_s = \frac{0{,}55 b h_0 R_b}{R_s} + A_s' = \frac{0{,}55 \cdot 250 \cdot 700 \cdot 12{,}075}{355} + 792 = 4066 \text{ мм}^2$$

Принимаем $A_s' = 804$мм^2 (4Ø18); $A_s = 4239$ мм^2 (6Ø30).

References:

1. СП 52-101-2003 «бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». – м. 2003.
2. https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294814/4294814965.pdf
3. https://mc.uz/wp-content/uploads/2021/12/kmk-2.03.02-96.pdf
4. https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854677.pdf