

УДК 69.07

Анкудинов Д.А.,

студент

2 курс, Строительный факультет

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный

университет

Россия, г. Санкт-Петербург

**СРАВНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ПЛИТЫ
ПЕРЕКРЫТИЯ В УЗЛЕ СОПРЯЖЕНИЯ С КОЛОННАМИ
РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ**

***Аннотация:** в данной статье сравнивается несущая способность плиты перекрытия на продавливание в узле сопряжения с колонной квадратного и круглого сечений. Главные различия в данных расчётах будут заключаться в определении длины и формы расчётного контура продавливания, момента сопротивления рассматриваемых сечений, а также действие моментов.*

***Ключевые слова:** железобетон, продавливание, контур продавливание, сечение колонн.*

***Annotation:** this article compares the load-bearing capacity of a floor slab for punching in the junction with a column of square and round sections. The main differences in these calculations will be in determining the length and shape of the design punching contour, the moment of resistance of the considered sections, as well as the action of moments.*

***Key words:** reinforced concrete, punching, contour punching, section of columns.*

СП 63.13330.2018 [1] рассматривает общие случаи сопряжения железобетонных плит перекрытия с вертикальными несущими элементами, и не дают указаний о возможных частных случаях продавливания. Сравним несущие способности плиты перекрытия в узле сопряжения с колоннами различного по форме, но одинаковой по площади сечения.

Определим прочность плиты на продавливание в узле сопряжения с колонной квадратного сечения 400х400 мм в соответствии с СП 63.13330.2018 [1].

В качестве исходных данных для расчёта примем следующие параметры:

- бетон В25;
- толщина плиты $t=200$ мм;
- диаметр арматуры в направлении оси x : $d_x=20$ мм;
- диаметр арматуры в направлении оси y $d_y=20$ мм;
- защитный слой до верхней сетки армирования $a_3=20$ мм;
- продавливающее усилие $F= 500$ кН;
- момент в направлении оси x $M_x=40$ кН;
- момент в направлении оси y $M_y=40$ кН.

В соответствии с расчётом по СП 63.13330.2018 [1] несущая способность плиты на продавливание определяется по формуле:

$$\frac{F}{u \cdot R_{bt} \cdot h_0 + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} + \frac{M_x}{W_{bx} \cdot R_{bt} \cdot h_0 + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} + \frac{M_y}{W_{by} \cdot R_{bt} \cdot h_0 + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} \leq 1 \quad (1)$$

где, u – периметр контура продавливания;

R_{bt} – сопротивление бетона осевому растяжению;

h_0 – рабочая высота сечения;

W_{bx} , W_{by} – моменты сопротивления рассматриваемого сечения

q_{sw} - усилие в поперечной арматуре на единицу длины расчетного контура поперечного сечения плиты, расположенной равномерно по

периметру « » расчетного контура в пределах расстояния по обе стороны расчетного контура, определяемого по формуле:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s_w} \quad (2)$$

где R_{sw} - расчетное сопротивление поперечной арматуры, принимаемое равным, но не более 300 МПа;

A_{sw} - площадь сечения поперечной арматуры с шагом s_w , расположенная в пределах расстояния $h_0/2$ по обе стороны контура расчетного поперечного сечения плиты.

Моменты инерции рассматриваемого сечения определяется по формуле:

$$W_{bx} = (a + h_0) \cdot \left(\frac{a + h_0}{3} + b + h_0 \right) \quad (3)$$

$$W_{by} = (b + h_0) \cdot \left(\frac{b + h_0}{3} + a + h_0 \right) \quad (4)$$

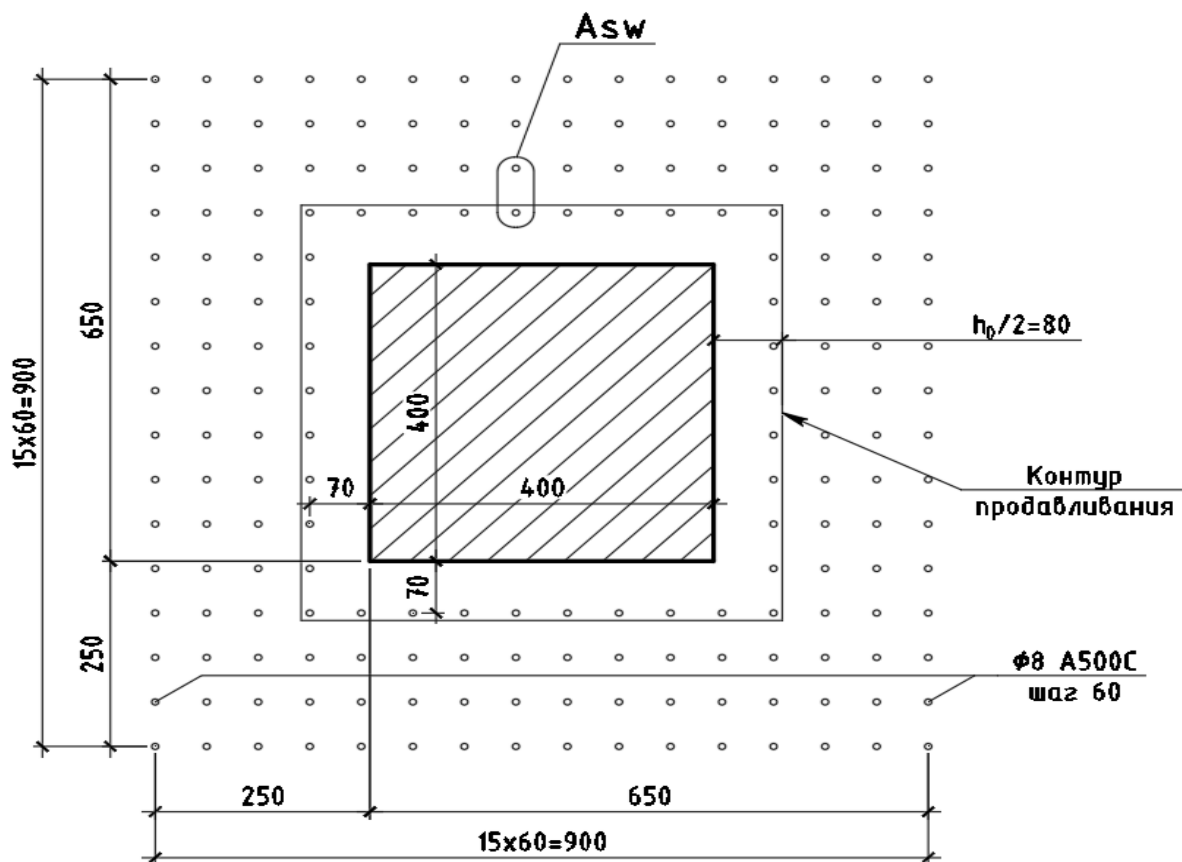


Рисунок 1. Схема для расчёта прочности плиты перекрытия на продавливание колонной квадратного сечения 400x400

Определим моменты инерции рассматриваемого сечения по формулам (3, 4):

$$W_{bx} = W_{by} = (400 + 160) \cdot \left(\frac{400 + 160}{3} + 400 + 160 \right) / 100 = 4181 \text{ см}^2$$

В соответствии с формулой (2) определим усилие в поперечной арматуре на единицу длины расчетного контура поперечного сечения плиты:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s_w} = \frac{300 \cdot 101}{60} = 505 \frac{H}{\text{мм}}$$

С учётом пункта 8.1.50 СП 63.13330.2018 [1] уравнение (1) принимает следующий вид:

$$\frac{F}{2 \cdot (u \cdot R_{bt} \cdot h_0)} + \frac{M_x}{2 \cdot (W_{bx} \cdot R_{bt} \cdot h_0)} + \frac{M_y}{2 \cdot (W_{by} \cdot R_{bt} \cdot h_0)} \leq 1 \quad (5)$$

Определим несущую способность плиты перекрытия на продавливание с учётом поперечного армирования в узле сопряжения с колонной квадратного сечения по формуле (5):

$$\frac{500 \cdot 10^3}{2 \cdot (2240 \cdot 1,05 \cdot 160)} + \frac{20 \cdot 10^4}{2 \cdot (4181 \cdot 1,05 \cdot 160)} + \frac{20 \cdot 10^4}{2 \cdot (4181 \cdot 1,05 \cdot 160)} = 0,949$$

В результате расчёта получаем, что прочность плиты на продавливание обеспечена.

Рассмотрим расчёт на продавливание плиты перекрытия в узле сопряжения с колонной круглого сечения в соответствии с требованиями СП 63.13330.2018 [1].

Подберём круглое сечение колонны по площади аналогичное колонне квадратного сечения габаритами 400x400.

Площадь колонны круглого сечения определим по формуле:

$$A_{кв} = A_{кр} = a^2 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6)$$

где, a – сторона колонны квадратного сечения, D – диаметр колонны круглого сечения.

В соответствии с формулой (6) определим диаметр круглого сечения колонны:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot a^2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 400^2}{\pi}} = 451 \text{ мм}$$

Длина периметра контура продавливания колонны круглого сечения определяется по следующей формуле:

$$u = \pi(D + h_0) \quad (7)$$

Периметр контура продавливания в соответствии с формулой (7):

$$u = \pi(D + h_0) = \pi(451 + 160) = 1910,5 \text{ мм}$$

Момент сопротивления для круглой площадки опирания расчётного сечения будет иметь вид:

$$W_b = \frac{\pi(D + h_0)^2}{4} \quad (8)$$

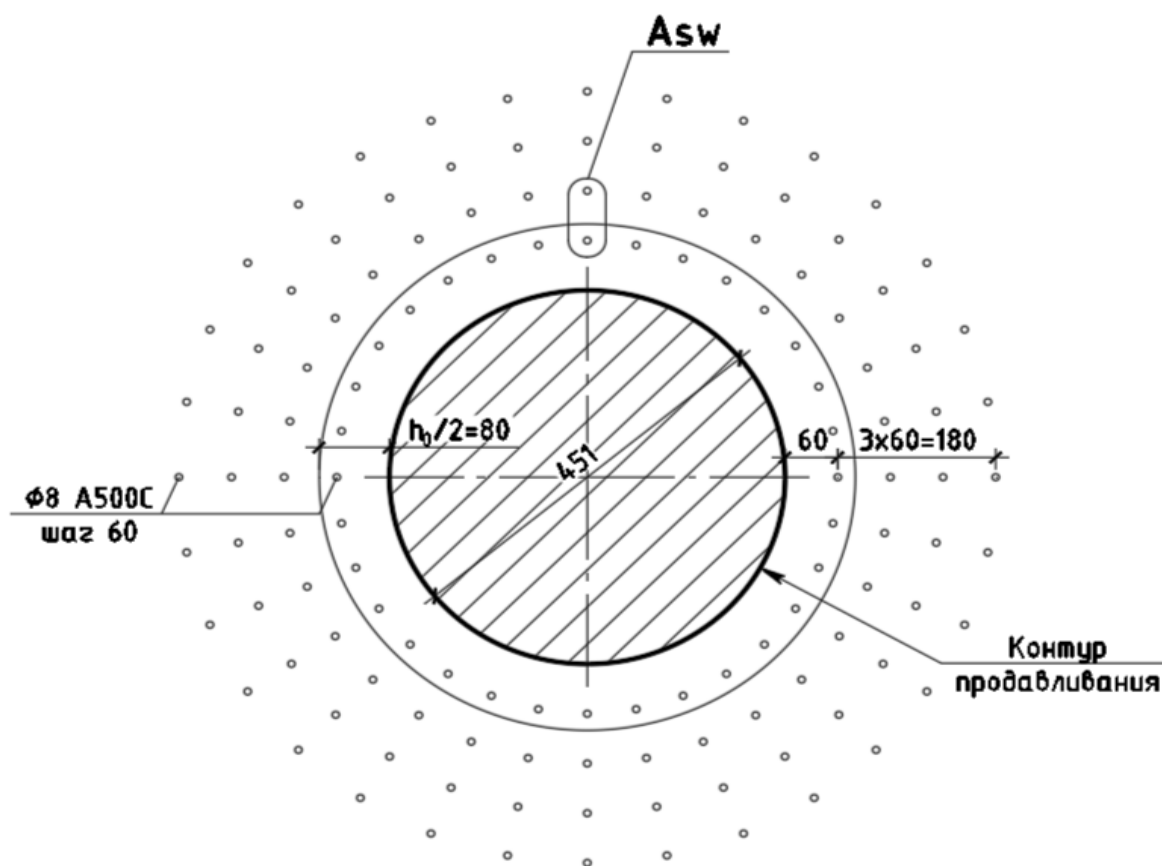


Рисунок 2. Схема для расчёта прочности плиты перекрытия на продавливание колонной круглого сечения диаметром 451 мм

Определим момент сопротивления круглого сечения в соответствии с формулой (8):

$$W_b = \frac{\pi(D + h_0)^2}{4} = \frac{\pi(451 + 160)^2}{4} = 2932 \text{ см}^2$$

Основное уравнение для определения прочности перекрытия на продавливание в узле сопряжение с колонной круглого сечения будет определяться по следующей формуле:

$$\frac{F}{u \cdot R_{bt} \cdot h_0 + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} + \frac{M_{tot}}{W_b \cdot R_{bt} \cdot h_0 + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} \leq 1 \quad (9)$$

где, M_{tot} определяется, как сумма моментов в направлении x , y (рис. 3).

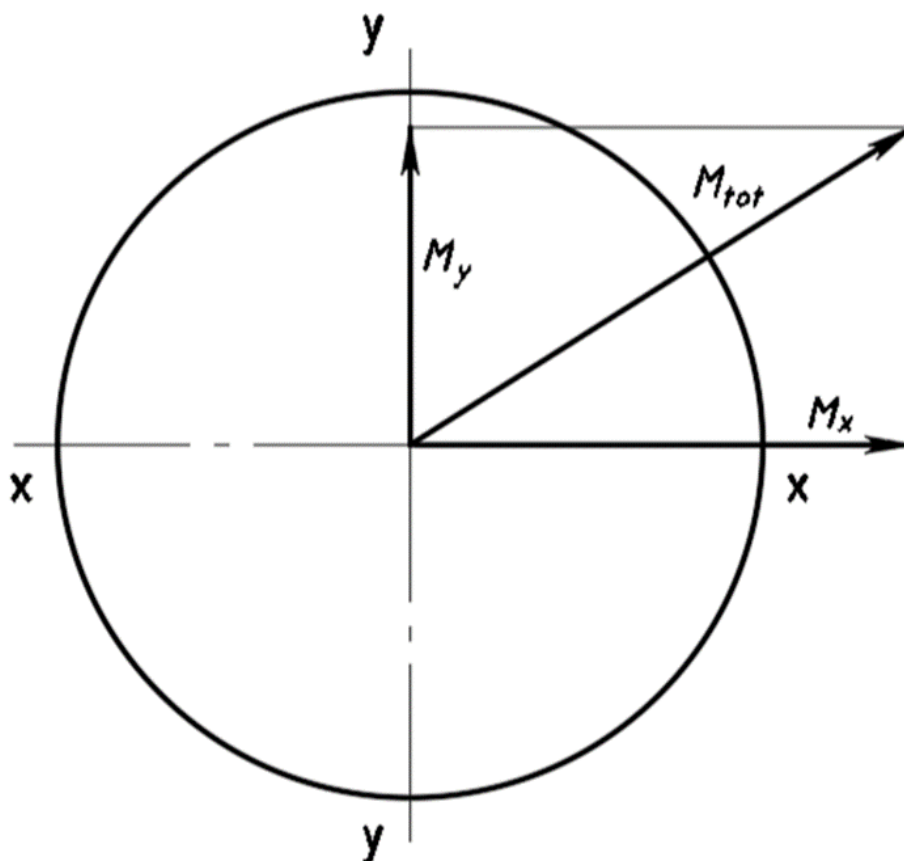


Рисунок 3. Суммарный момент M_{tot} для расчёта прочности на продавливание плиты перекрытия в узле сопряжения с круглой колонной

Суммарный момент M_{tot} определяется по следующей формуле:

$$M_{tot} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (10)$$

Определим суммарный момент на рассматриваемый контур по формуле (10):

$$M_{tot} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28,28 \text{ кНм}$$

С учётом пункта 8.1.50 СП 63.13330.2018 [1] уравнение (10) будет иметь следующий вид:

$$\frac{F}{2 \cdot (u \cdot R_{bt} \cdot h_0)} + \frac{M_{tot}}{2 \cdot (W_b \cdot R_{bt} \cdot h_0)} \leq 1 \quad (11)$$

Определим несущую способность плиты перекрытия на продавливание с учётом поперечного армирования в узле сопряжения с колонной круглого сечения по формуле (11):

$$\frac{500}{2 \cdot (1919,5 \cdot 1,05 \cdot 160)} + \frac{28,28}{2 \cdot (2932 \cdot 1,05 \cdot 160)} = 1,062$$

Прочность плиты на продавливание не обеспечена.

В результате проведённого численного эксперимента по сравнению несущей способности плиты на продавливание в узле сопряжения с колоннами квадратного и круглого сечения при их одинаковой площади получены следующие результаты: несущая способность плиты на продавливание при сопряжении с колонной квадратного сечения получилась больше на 12%, за счёт того, что контур продавливания и момент сопротивления рассматриваемого сечения при сопряжении плиты с колонной круглого сечения оказался меньше, чем те же параметры для квадратной колонны на 17% и 43% соответственно.

Использованные источники:

1. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». – М.: Минстрой России, 2018. – 143 с.