

$$\mu_H = (0,58 + 0,4\rho + 0,1i) \sqrt[3]{\frac{(m^2 + m)(1,5i + 1)(1,5 - i + m)}{(m + 1,7)i}}, \quad (6)$$

но не менее 0,7.

При построении формул без учета параметра  $\rho$  предлагаемый нами коэффициент  $K_t$  (8) к скорректированной формуле М.И. Гуковой (7) приводит к удовлетворительным совпадениям с точным расчетом.

$$\mu_H^{**} = \sqrt{\frac{m^2(n + 1,5) + 0,22n + \frac{(m^2 + 1,1\eta)m}{\sqrt{n}}}{0,4[(n + m^2) + 3m \cdot n(n + 1)]}} \quad (7)$$

$$k_t = (1,225 - 0,125m) \quad (8)$$

Нами также подобрано более простое выражение, точность которого даже несколько выше (9):

$$\mu_H = \sqrt[3]{\frac{(m^2 + m)(1,5i + 1)(1,5 - i + m)}{(m + 1,7)i \cdot \beta}}, \quad (9)$$

но не менее 0,7.

Где  $\beta$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от  $m$  и  $i$ :

$$\beta = 1 \quad \text{при } m > 0,6 \text{ и любом } i; \text{ или при } 0,3 < m < 0,6 \text{ и } i < 0,7;$$

$$\beta = 1,45 + 0,6m - i \quad \text{при } m \leq 0,3 \text{ и любом } i \text{ или при } 0,3 \leq m \leq 0,6 \text{ и } i \geq 0,7.$$

Не учет действительного значения  $\rho$  при использовании выражения (8) и (9) создает небольшой запас (до 10%)  $\mu_H$  при изменении  $\rho$  в диапазоне  $\rho = 0,7 \div 1,0$ , который наиболее реален для железобетонных каркасов (см. рис.2).

4) расчетную длину надкрановой части одноветвевой колонны в общем случае можно определить по формуле

$$\mu_B = \mu_H \frac{(1,4 - 0,4m)}{m} \sqrt{i} \leq 2. \quad (10)$$

УДК 624.151.5

Грицук М.С., Корнейчик Д.В.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ С ВЫПУКЛОЙ ПОДОШВОЙ ПОД КОЛОННЫ

### ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] дано решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния грунтового состояния под штампом с выпуклой подошвой. Где, используя уравнения теории упругости анизотропного тела для пространственной задачи с применением метода конечных разностей, определена выпуклая форма подошвы жесткого штампа, при которой будет иметь место рациональное распределение реактивного давления  $P_y$  по эллиптическому уравнению вида:

$$P_y = -k \cdot P_{cp} \left( \frac{x^2}{2a^2} + \frac{y^2}{2b^2} - 1 \right), \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  — среднее давление под подошвой штампа;

$2a$  и  $2b$  — размеры штампа в плане.

По углам плиты (при  $x = \pm a$ ,  $y = \pm b$ )

$$P_y = 0. \quad (2)$$

Грицук Михаил Степанович. К.т.н. каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

Корнейчик Д.В. Аспирант каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская 267.

При известных продольных силах в верхней и нижней части для рассматриваемой комбинации усилий коэффициент  $\mu_B$  можно более точно определить по выражению

$$\mu_B = \mu_H \frac{\sqrt{i}}{m\sqrt{\rho}} \leq 2. \quad (11)$$

Анализ полученных результатов показывает, что определение коэффициента расчетной длины  $\mu_B$  без учета соотношения продольных сил  $\rho$  по формуле (10) дает запас до 10 ÷ 15% по сравнению с точным методом. Расчет с учетом  $\rho$  по формуле (11) практически во всех случаях совпадает с расчетом точным методом.

Приведенные данные показывают, что диапазон изменения значений  $\mu_B$  и  $\mu_H$  в зависимости от параметров стоек весьма широк, причем установленные нормами /4/ значения  $\mu$  весьма консервативны, и уточнение расчета в этой области сулит большой экономический эффект.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Испытания каркаса одноэтажного промышленного здания с колоннами кольцевого сечения/ Т.М. Пецольт, В.А. Клевцов, В.Г. Казачек и др.// Сб. докл. V Всесоюз. конф. (Таллин, сентябрь 1981). Экспериментальные исследования инженерных сооружений.- Киев: НИИСК, 1981.- С. 35 - 36.
2. Клевцов В.А., Пецольт Т.М., Казачек В.Г. Экспериментальные исследования пространственной работы блока одноэтажного промышленного здания на горизонтальные нагрузки// Экспериментальные исследования инженерных сооружений: Сб. материалов всесоюз. конф. - Киев, 1977- С. 18 - 29.
3. Казачек В.Г. Уточненный метод учета продольного изгиба колонн одноэтажных производственных зданий, оборудованных мостовыми кранами// Инженерные проблемы современного бетона и железобетона: Тр. между нар. конф.- Мн., 1997-Т. 1,ч. 1.-С. 142-147
4. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции/ Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.- 79 с.

В центре плиты (при  $x = y = 0$ )

$$P_y = -P_{max} = k \cdot P_{cp}, \quad (3)$$

при  $x = 0, y = \pm b$

$$P_y = 0,5k \cdot P_{cp}, \quad (4)$$

при  $y = 0, x = \pm a$

$$P_y = 0,5k \cdot P_{cp}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый из равновесия системы (рис.2.б)

Зная величину и характер распределения реактивного давления по подошве плиты, можно определить внутренние усилия в ее расчетных сечениях, которые проходят по грани подколонника.

### ПЛИТЫ С ПЛОСКОЙ ПОДОШВОЙ

По данным [2] при расчете плит с плоской подошвой (рис.1.а) на естественном основании при центральной загрузке принимается, что реактивное давление по подошве распределяется равномерно (рис 1.б) и его величина определяется по формуле:

$$P_y = P_{cp} = \frac{N}{A},$$

(6)

где  $N$  – нагрузка на обрезах фундамента;

$A$  – площадь плиты, равная  $2a \times 2b$ .

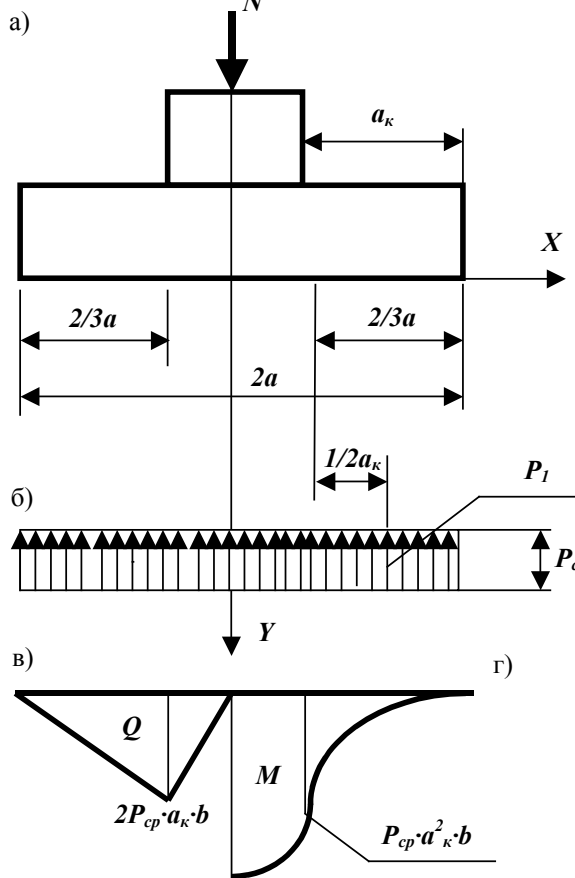


Рисунок 1. Плита с плоской подошвой

Изгибающий момент и поперечная сила в расчетном сечении (рис.1.в, г) определяются по формулам:

$$M = \frac{1}{2} a_k \cdot P_{cp} \cdot a_k \cdot 2b = P_{cp} \cdot a_k^2 \cdot b,$$

$$Q = 2P_{cp} \cdot a_k \cdot b, \quad (7)$$

где  $P_{cp}$  – среднее давление под подошвой плиты;

$a_k$  – вылет консоли;

$b$  – полудлина.

### ПЛИТЫ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОДОШВОЙ

Для определения внутренних усилий в расчетном сечении плиты с криволинейной подошвой (рис.2.а) необходимо в уравнении (1) определить максимальное давление  $P_{max}$  (рис.2.б), которое определяется из условия равенства объемов эпюр реактивных давлений под плитой с плоской и криволинейной подошвой, т.е.

$$P_{max} = \int_{-a}^a \int_{-b}^b \left( \frac{x^2}{2a^2} + \frac{y^2}{2b^2} - 1 \right) dx dy = P_{cp} \cdot A, \quad (8)$$

откуда  $P_{max} = \frac{3}{2} P_{cp}$ ,

где  $P_{cp}$  – среднее давление под подошвой плиты;

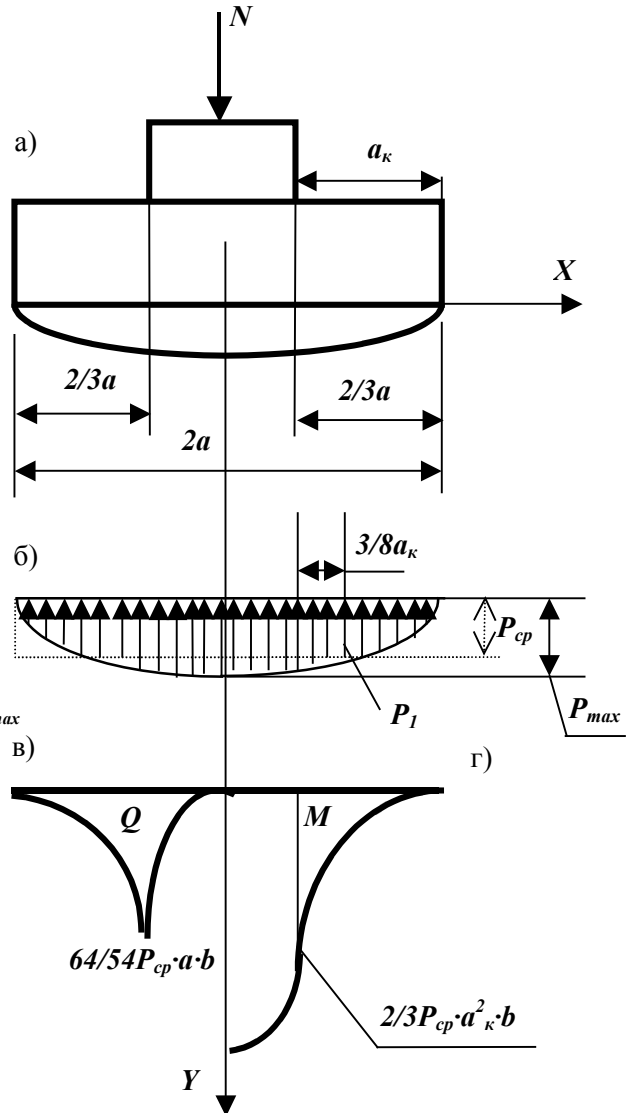


Рисунок 2. Плита с криволинейной подошвой

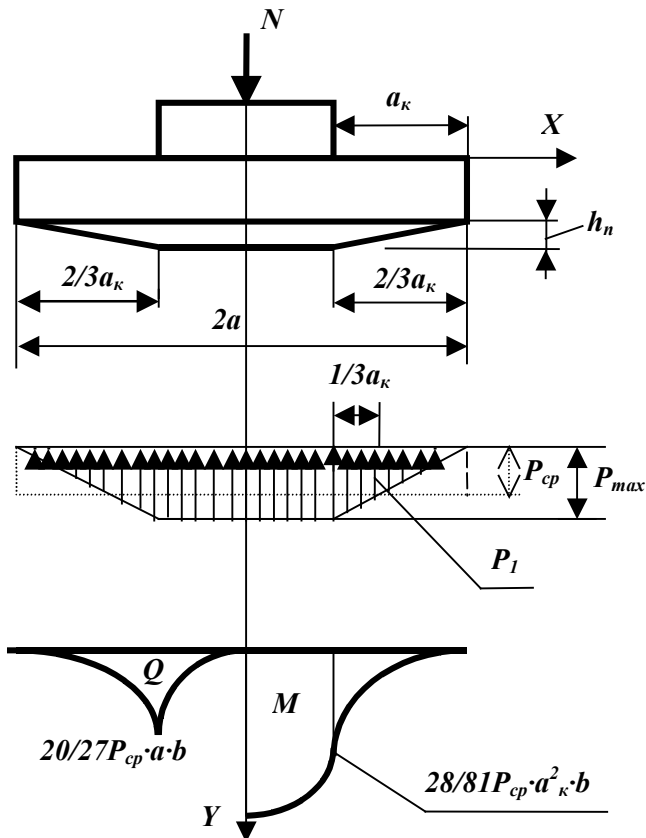


Рисунок 3. Плита с пирамидальной подошвой

Равнодействующая объема эпюры реактивного давления относительно расчетного сечения (рис.2.б) определяется по выражению:

$$P_1 = P_{max} \int_{\frac{1}{3}a}^a \int_{-b}^b \left( \frac{x^2}{2a^2} + \frac{y^2}{2b^2} - 1 \right) dx dy = \frac{64}{54} a \cdot b \cdot P_{cp}. \quad (9)$$

Откуда  $P_1 = \frac{64}{54} P_{cp} \cdot a \cdot b$ , тогда изгибающий момент и поперечная сила в расчетном сечении (рис.2.в) определяется по формулам:

$$M = \frac{2}{3} P_{cp} \cdot a_k^2 \cdot b, \quad Q = \frac{64}{54} P_{cp} \cdot a \cdot b. \quad (10)$$

### ПЛИТЫ С ПИРАМИДАЛЬНОЙ ПОДОШВОЙ

Плиты с криволинейной поверхностью опирания трудоемки в изготовлении. Поэтому для упрощения их изготовления принимаем форму подошвы в виде усеченной пирамиды

высотой  $h_n$  (рис.3.а). Максимальное давление определяется из условия равенства объемов эпюр реактивных давлений под плитой с плоской и пирамидальной подошвой (рис.3.б). Откуда имеем

$$P_{max} = 2P_{cp}. \quad (11)$$

Равнодействующая объема эпюры реактивного давления относительно расчетного сечения (рис.3.б), состоящая из объема треугольной призмы и двух объемов пирамид определяется по выражению:

$$P_1 = \frac{20}{27} P_{cp} \cdot a \cdot b. \quad (12)$$

Изгибающий момент и поперечная сила в расчетном сечении (рис.3.г) определяются по формулам:

$$M = \frac{28}{81} P_{cp} \cdot a_k^2 \cdot b; \quad (13)$$

$$Q = \frac{20}{27} P_{cp} \cdot a \cdot b. \quad (14)$$

Фактическая эпюра реактивных давлений по данным [1] имеет криволинейную форму. Однако, для упрощения расчета, принимаем аппроксимированную эпюру в форме усеченной четырехгранной пирамиды, применение которой для вычисления  $M$  и  $Q$  дает определенный (до 5 %) запас прочности фундаментной плиты.

### ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показывает, что при применении криволинейной или пирамидальной формы подошвы фундаментных плит под колонны по сравнению с плоской подошвой происходит уменьшение внутренних усилий в расчетном сечении в 1,5-2,5 раза, что приводит к соответствующей экономии материалов. При этом следует отметить, что при выпуклой форме опирания плит грунтовое основание работает в более выгодных условиях, так как по краям плит, в виду отсутствия реактивного давления, не возникают зоны пластических деформаций, которые имеют место в плитах с плоской подошвой.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грицук М. С., Корнейчик Д. В., Мигель Н. А. Напряженно-деформированное состояние грунтового основания под штампом с выпуклой подошвой// Вестник Брестского политехнического института. - Строительство и архитектура.-2000.- N 1. - С. 19-21.
2. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Утв. ком. СССР по делам строительства 05.12.83 Взамен СНиП П-15-74. Срок введения 01.01.85/ Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова. - М.:Сройздат.-1985.-40 С. (Строительные нормы и правила).