

Михаил С. Грицук, Рышард Хульбой

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТАХ С ВЫПУКЛОЙ ПОДОШВОЙ ПОД КОЛОННЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВНЕЦЕНТРЕННОЙ НАГРУЗКИ

Введение

В работе [1] дано решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния грунтового основания 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_z по эллиптическому уравнению вида:

$$P_z = -kP_{\max} (x^2/2a^2 + y^2/2b^2 - 1) \quad (1)$$

где P_{\max} - максимальное давление под подошвой штампа;

$2a$ и $2b$ - размеры штампа в плане.

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

$$P_z = 0 \quad (2)$$

В центре плиты (при $x = y = 0$)

$$P_z = kP_{\max} \quad (3)$$

(при $x = 0$; $y = \pm b$)

$$P_z = 0,5kP_{\text{cp}} \quad (4)$$

(при $y = 0$; $x = \pm a$)

$$P_z = 0,5kP_{cp} \quad (5)$$

где k - коэффициент определяемый из условия равновесия системы.

Зная величину и характер распределения реактивного давления по подошве плиты, в работе [2] дано определение внутренних усилий в фундаментных плитах с различными формами очертания подошвы при центральной нагрузке. При этом наиболее рациональными являются криволинейная и пирамидальная подошва [3], в которых происходит уменьшение расчетного изгибающего момента. Наиболее рациональными в конструктивном отношении являются плиты с подошвой в форме усеченной пирамиды (рис. 1а).

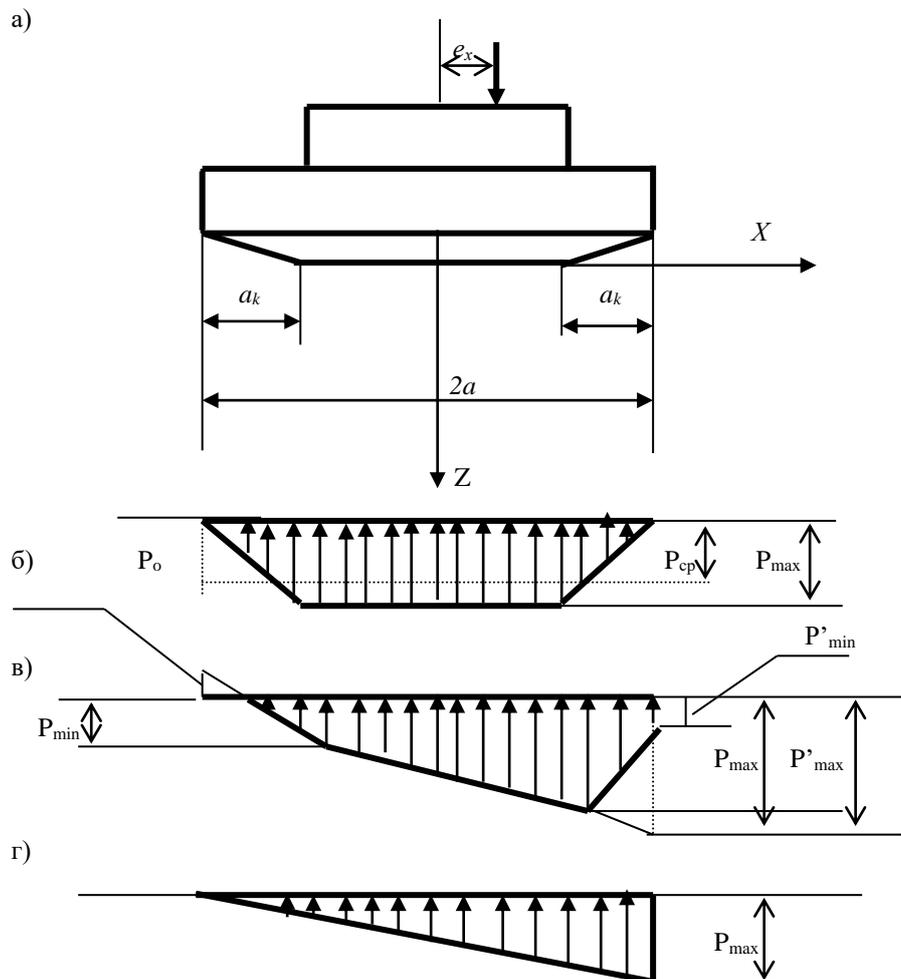


Рис. 1. Схема плиты с пирамидальной подошвой: а) общий вид; б) эпюра реактивных давлений при центральном нагружении; в) эпюра реактивных плоской подошвой давлений при внецентренном нагружении; г) эпюра реактивных давлений при внецентренной нагрузке в плите с плоской подошвой

Размеры горизонтальной части подошвы плиты, из условия более надежной работы грунтового основания, принимаем равными $3/2a$ и $3/2b$, где $2a$ и $2b$ - размеры плиты в плане. Однако, часто в строительной практике встречаются случаи внецентренной нагрузки фундаментных плит, что приводит к неравномерному перераспределению внутренних усилий по сравнению с центральной нагрузкой и изменению расчетного изгибающего момента.

Определение внутренних усилий в фундаментных плитах с пирамидальной подошвой при внецентренной нагрузке

Максимальное давление P_{\max} определяется из условия равенства объемов эпюр реактивных давлений под плитой с плоской и пирамидальной подошвой (рис. 1б). Откуда имеем

$$P_{\max} = 1,3P_{\text{ср}} \quad (6)$$

Если на фундаментную плиту действует внецентренно приложенная нагрузка с эксцентриситетом e_x (по оси X), то эпюра реактивного давления принимает, согласно [3], вид, показанный на рисунке 1в. Со стороны действия момента под краем плиты будет иметь место давление P'_{\min} , величина которого будет равна

$$P'_{\min} = \frac{M_u}{W_y} \quad (7)$$

где W_y - момент сопротивления площади подошвы плиты, равный

$$W_y = \frac{4}{3} a^2 b \quad (8)$$

Максимальное давление по контуру горизонтальной части плиты определяется из геометрических соображений (рис. 1в), т.е.

$$P_{\max} = P'_{\max} - \frac{a_k}{a} P'_{\min} \quad (9)$$

где P'_{\min} - минимальное давление со стороны действия изгибающего момента при внецентренном приложении нагрузки;

P'_{\max} - максимальное давление со стороны действия внецентренной нагрузки

при эксцентриситете $e_x \leq \frac{2a}{6}$ плиты с плоской подошвой, которое

определяется по следующей формуле:

$$P'_{\max} = \frac{N}{A} \left(1 + \frac{6e}{2a} \right) \quad (10)$$

где $A = 2a \cdot 2b$ - площадь фундаментной плиты в плане; $e = \frac{M_u}{N}$ - эксцентриситет приложения нагрузки.
Если $a_k = a/4$, то

$$P_{\max} = \frac{N}{A} \left(1 + \frac{6e}{2a} \right) - \frac{3M_u}{16a^2b} \quad (11)$$

С другой стороны фундаментной плиты возможен отрыв ее подошвы от грунта на расстоянии b_o , которое зависит от величины внецентренной нагрузки. Так как $P_o = P'_{\min}$, то b_o будет равно

$$b_o = \frac{P'_{\min} a_k}{P_{\min} - P'_{\min}} \quad (12)$$

Площадь рабочей арматуры определяется из расчета на изгиб консольного выступа в сечении по грани колонны. Равнодействующая объема эпюры реактивного давления (при $e_x = \frac{2a}{6}$) относительно расчетного сечения (рис. 1б), состоящая из объема треугольной призмы и двух объемов пирамид определяется по выражению

$$P_1 = \frac{27,3}{48} a b P_{cp} \quad (13)$$

Изгибающий момент в расчетном сечении (1-1) равен:

$$M_{1-1} = \frac{90}{442} a^2 b P_{cp} \quad (14)$$

В случае плоской подошвы при внецентренном нагружении (с эксцентриситетом $e_x = 2a/6$), эпюра реактивных давлений имеет вид треугольника (рис. 1г)

Изгибающий момент в расчетном сечении (1-1) равен:

$$M_{1-1} = \frac{370,5}{960} a^2 b P_{cp} \quad (15)$$

Вывод: Анализ полученных данных показывает, что при пирамидальной подошве опирания плиты фундамента под колонны по сравнению с плоской подошвой происходит снижение расчетного изгибающего момента на 51%.

Литература

- [1] Грицук М.С., Корнейчик Д.В., Напряженно-деформированное состояние грунтового основания под штампом с выпуклой подошвой, Вестник Брестского политехнического института, БПИ, Брест 2000, 1, 19-21.
- [2] Грицук М.С., Корнейчик Д.В., Валуйко Л.А., Определение внутренних усилий в фундаментных плитах с выпуклой подошвой под колонны, Вестник Брестского Государственного Технического Университета, БГТУ, Брест 2001, 1.
- [3] Hrytsuk M., Racjonalne konstrukcje fundamentów płytowych, Seria Monografie nr 186, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010.

Резюме

В статье дано определение внутренних усилий в расчётных сечениях плитных фундаментов с пирамидальной подошвой при действии внецентренной нагрузки.

Streszczenie

Przedstawiono obliczanie sił wewnętrznych w przekrojach obliczeniowych stóp fundamentowych o podstawie piramidalnej przy działaniu mimośrodowego obciążenia. Stwierdzono, że w stopach fundamentowych o podstawie piramidalnej siły wewnętrzne są 30÷50% mniejsze niż w stopach o podstawie płaskiej.