

УДК 539.3

ПРИЛОЖЕНИЕ МОДЕЛИ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНКИ С НЕПОЛНОЙ СИСТЕМОЙ СВЯЗЕЙ К РАСЧЕТУ ПЛИТНО-СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

© 2011 г.

Г.Н. Гусев¹, А.А. Ташикинов¹, В.В. Коркодинов², Е.Б. Пименова¹

¹Пермский государственный технический университет

²ЗАО «Пермпромпроект»

gusev@project-center.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Осадки свайного поля при достаточно регулярной сетке свай представляются как деформации плиты с неполной системой связей. Исходя из модели упругого основания с двумя коэффициентами постели, выводится формула распределения заданного нагружения между плитой и сваями в плитно-свайном фундаменте.

Ключевые слова: плитно-свайные фундаменты большой площади, двухпараметрическое основание, плита с неполной системой связей, коэффициенты постели, конечно-элементное моделирование, CAE ANSYS.

В процессе проектирования высотных зданий конструктивное решение фундаментов большой площади в различных грунтовых условиях достаточно часто выполняется в виде сплошной железобетонной плиты, опертой на свайное поле. Учитывая конструктивные особенности плитно-свайного фундамента (фундаментная плита непосредственно взаимодействует как со сваями, так и с грунтовым основанием), предполагаем, что часть полной нагрузки, приложенной к фундаментной плите, воспринимается свайным полем, а оставшаяся часть передается непосредственно через плиту на грунтовое основание.

Введем обозначения: D – цилиндрическая жесткость фундаментной плиты; G_0 – модуль сдвига слоя основания, прорезаемого сваями; l и d – длина и диаметр свай; C_1, C_2 – коэффициенты постели двухпараметрического основания для слоя, на который опираются сваи; $P_{пл}$ – часть полной нагрузки на фундамент, воспринимаемая плитой; $P_{св}$ – часть полной нагрузки на фундамент, приходящаяся на свайное поле.

Согласно СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», расчет фундамента из висячих свай и его основания по деформациям производится, как для условного фундамента на естественном основании. При этом в объем фундамента включается грунт межсвайного пространства, и осадки свайного фундамента при относительно небольших размерах в плане рассчитываются как осадки жесткого штампа. Аналогично осадки свайного поля больших размеров рассматриваются как прогибы пластинки с неполной системой связей (сопротивляющейся только сдвигу), лежащей на упругом

двухпараметрическом основании.

Переходим далее к рассмотрению совместной деформации двух последовательных слоев-плит, лежащих на упругом двухпараметрическом основании, подверженных действию с точностью до параметра совпадающих систем нагрузок. Верхний слой – железобетонная фундаментная плита с параметром нагрузки $P_{пл}$. Нижний слой – плита с неполной системой связей, работающая только на сдвиг, с параметром нагрузки $P_{св}$.

Предполагаем, что при соблюдении указанного условия нагружения отношение $P_{пл}/P_{св}$ не зависит от конкретного вида нагрузки. Для определения этого отношения рассмотрим последовательно задачи о цилиндрическом изгибе названных плит бесконечных размеров, лежащих на упругом основании, при действии равномерно распределенной вдоль прямой нагрузки с интенсивностями $P_{пл}$ и $P_{св}$ соответственно.

При этом осадка железобетонной фундаментной плиты в сечении приложения линейной нагрузки (начало координат $x = 0$) определяется по известной формуле

$$w_0 = \frac{P_{пл}\beta}{2C_{1пл}}, \quad \beta = 4\sqrt{\frac{C_{1пл}}{4D}}, \quad (1)$$

где $C_{1пл}$ – первый коэффициент постели по Пастернаку для грунта непосредственно под фундаментной плитой.

Для определения осадки плиты, сопротивляющейся только сдвигу, получим

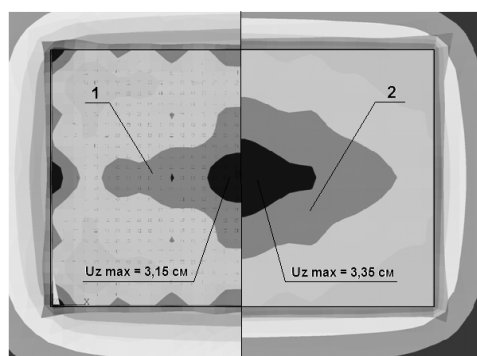
$$w_0 = \frac{P_{св}}{2\sqrt{C_{1св}G_0l}}, \quad (2)$$

где G_0 – модуль сдвиговой деформации грунта активной зоны с учетом уплотнения грунта в результате забивки свай, $C_{1св}$ – первый коэффициент постели по Пастернаку для грунта непосредственно под плоскостью касательной к остриям свай.

Приравнивая прогибы, выражаемые формулами (1) и (2), получаем

$$\frac{P_{пл}}{P_{св}} = 4 \sqrt{\frac{4D(C_{1пл}^{прив})^3}{(G_0^{прив})^2 C_{1св}^2}}. \quad (3)$$

Формула распределения заданного нагружения между плитой и сваями в плитно-свайном фундаменте проверялась на практике при расчете фундаментов высотных зданий. Расчеты перемещений фундаментной плиты при учете совместной работы системы «здание–фундамент–грунтовое основание», выполненные в программном комплексе ANSYS, подтверждают полученную формулу, показывая отличие по прогибам порядка 5% (рис. 1). На рис. 1а показана осадка фундаментной плиты: 1 – на свайном поле в модели упругого полупространства; 2 – без свайного поля с учетом перераспределения нагрузки в плитно-свайном фундаменте по формуле (3); на рис. 1б – доля нагрузки, воспринимаемая плитой в плитно-свайном фундаменте, в зависимости от отношения коэффициентов постели под плитой и свайным полем.



а)

где Δp – приращение давления на штамп; Δw – приращение осадки штампа, соответствующее Δp ; K_1 , K_0 – функции Макдональда; r – радиус штампа.

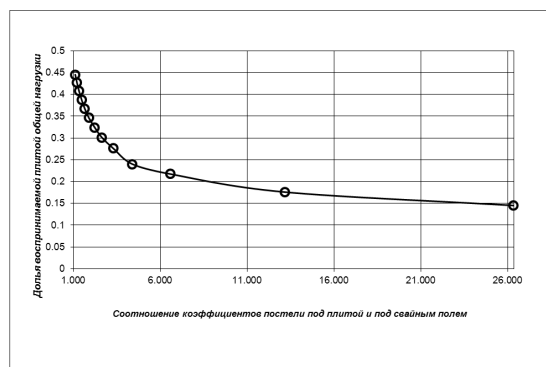
С другой стороны, зная значение модуля деформации по результатам штамповых испытаний

$$E_{шт} = (1 - \nu^2) K_p K_1 D_{шт} (\Delta p / \Delta w), \quad (5)$$

где ν – коэффициент Пуассона грунта; K_p – коэффициент, принимаемый по табл. 5.5 ГОСТ 20276-99; K_1 – коэффициент, принимаемый равным 0.79 для жесткого круглого штампа; $D_{шт}$ – диаметр штампа, равный 79.8 см, и принимая во внимание (4), можно переписать формулу (3) для однородного по высоте грунтового массива следующим образом:

$$\frac{P_{пл}}{P_{св}} = 4 \sqrt{\frac{4DE_{шт}}{(G_0 I)^2 (1 - \nu^2) K_p K_1 D_{шт}}}. \quad (6)$$

На основе математической модели П.Л. Пастернака по расчету коэффициентов постели проведена серия численных экспериментов в ПК ANSYS по вдавливанию жесткого штампа в грунтовой массив посредством приложения вертикальной нагрузки с заданным эксцентриситетом и определены значения коэффициентов постели для грунтов с разными модулями деформации.



б)

Рис. 1

Определение коэффициентов постели C_1 , C_2 по результатам штамповых испытаний проводится по методике П.Л. Пастернака. Первый коэффициент постели рассчитывается по соотношению

$$\frac{\Delta p}{\Delta w} = C_1 \left[1 + 2 \frac{K_1(\xi_0)}{\xi_0 K_0(\xi_0)} \right], \quad (4)$$

На основе полученных формул и вычисленных значений коэффициентов постели для разных грунтов сделаны выводы о том, что распределение полного нагружения между плитой и сваями в плитно-свайном фундаменте существенно зависит от отношения жесткостных характеристик подстилающих грунтов (рис. 1б).

**IMPLEMENTATION OF DOUBLE-LAYER INCOMPLETE COUPLING SYSTEM PLATE MODEL
IN THE ANALYSIS OF SLAB-PILE FOUNDATIONS**

G.N. Gusev, A.A. Tashkinov, V.V. Korkodinov, E.B. Pimenova

Displacements of the pile field with a regular pile mesh are presented as deformations of a slab with incomplete coupling system. Using the elastic foundation model with two coefficients of subgrade resistance, the formula of distribution of the preset loading between the slab and piles in SPF is derived.

Keywords: large area slab-pile foundations (SPF), two-parameters foundation, slab with incomplete coupling system, coefficients of subgrade resistance, finite element modeling, CAE ANSYS.