



УДК 624.154

А.Н. Драновский, М.А. Прыгунов

## МЕТОД РАСЧЕТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ

В соответствии с требованиями норм [1], расчет свайных фундаментов должен производиться по двум группам предельных состояний.

Основным является расчет по определению количества свай. Он сводится к выполнению условия

$$N_{Ics} \leq \frac{F_d}{g_k} \equiv F_{RI}, \quad (1)$$

где  $N_{Ics}$  – расчетное продольное усилие, передаваемое на сваю в составе фундамента от действующих расчетных нагрузок, соответствующих первой группе предельных состояний;  $F_d$  – расчетная несущая способность грунта основания сваи (в дальнейшем НСС);  $g_k$  – коэффициент надежности, зависящий от достоверности способа определения НСС;  $F_{RI}$  – введенное нами обозначение расчетного сопротивления сваи по несущей способности грунта основания.

Следующим этапом расчетов является расчет свайного фундамента по второй группе предельных состояний – по деформациям.

Методы расчета деформаций свайных фундаментов обладают, как известно, низкой точностью. Например, при расчете осадок свайных фундаментов как условных фундаментов на естественном основании, рекомендуемым [1], расчетные осадки часто в 1,5-1,8 раза превышают фактические [2]. Для ленточных фундаментов разница оказывается еще более существенной.

Неточность расчетов осадок свайных фундаментов обусловлена сложностью работы системы свай-ростверк-грунтовой массив, трудностью учета таких факторов, как взаимодействие свай, изменения свойств грунтов в межсвайном пространстве и под подошвой свайного фундамента в процессе строительства и эксплуатации, изменения свойств грунтов при изменении гидрогеологических условий, явления ползучести.

Один из крупнейших специалистов в области расчетов свайных фундаментов по деформациям А.А.Бартоломей считает, что при осадках свайных фундаментов, близких к предельно допустимым, когда возникает сложное и неоднородное напряженно-деформированное состояние активной зоны и преобладают нелинейные и реологические процессы, наиболее приемлемы инженерные методы расчета осадок, косвенно учитывающие названные факторы [2].

Учитывая вышеизложенное, предлагается инженерный метод расчета свайных фундаментов, позволяющий соблюсти требования норм, не производя расчетов свайных фундаментов по деформациям (осадкам). Он опирается на следующие положения.

Известны разные способы определения НСС. Они могут быть классифицированы по основополагающему теоретическому принципу. Можно выделить три основных класса способов определения НСС:

класс *A* – способы, основанные на теории предельного состояния;

класс *B* – способы, основанные на экспериментальном или теоретическом определении зависимости “осадка сваи – нагрузка”;

класс *B* – способы, основанные на теории энергетического баланса.

К классу *A* относятся экспериментальные и теоретические способы, позволяющие определить предельное сопротивление сваи, при котором полностью исчерпывается несущая способность грунтов основания сваи. Типичными представителями этого класса являются способ определения НСС по результатам статического зондирования и практический расчетный способ, по которому НСС вычисляется с помощью табличных значений расчетных сопротивлений грунтов под нижним концом и по боковой поверхности свай, приведенных в [1].

К классу *B* относится способ динамического испытания свай в полевых натуральных условиях.

К классу *B* относятся способы математического моделирования напряженно-деформированного состояния системы свая–грунтовой массив и способ полевых натуральных испытаний свай пробной статической нагрузкой, называемый в дальнейшем способом пробных испытаний.

Наиболее достоверным – эталонным – считается способ пробных испытаний. Недостатки его известны: трудоемкость, высокая стоимость, краткосрочность испытаний.

Из наименее дорогих и трудоемких наибольшей достоверностью обладает способ определения НСС по результатам статического зондирования, что общепризнано [3]. В дальнейшем будем называть его способом статического зондирования.

Для определения  $F_{RI}$  пригодны способы всех



классов, однако на практике применяют наименее дорогие.

Для оценки деформативности свай могут быть использованы только способы класса Б. Теоретические способы еще не завоевали достаточного доверия. Поэтому при проектировании объектов I и II классов рекомендуется испытывать сваи пробной нагрузкой. При пробных испытаниях возможны два основных случая.

В первом, встречающемся относительно редко, предельное сопротивление сваи  $F_u$  достигается при осадке сваи  $S \leq 20$  мм. В этом случае расчет осадки свайного фундамента практически теряет смысл, так как она будет заведомо ниже предельно допустимой.

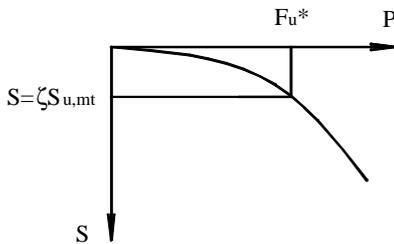


Рис. График зависимости “осадка - нагрузка”

Во втором, наиболее распространенном случае, предельное сопротивление сваи  $F_u$  достигается при осадке сваи  $S \geq 20-40$  мм либо вообще не достигается. Для этого случая (см. рис.) нормы [1] считают нужным принимать в качестве частного значения предельного сопротивления сваи вдавливающей нагрузке такую нагрузку, под воздействием которой испытываемая свая получает осадку, равную  $S$ , определяемую по формуле

$$S = z \times S_{u,mt} \quad (2)$$

где  $S_{u,mt}$  – предельное значение средней осадки фундамента здания, устанавливаемое указаниями СНиП 2.02.01-83;  $z$  – коэффициент перехода от предельного значения осадки  $S_{u,mt}$  к осадке сваи, полученной при краткосрочных испытаниях с условной стабилизацией осадки, соответствующей требованиям ГОСТ 5686-78.

Коэффициент  $z$  учитывает различие между осадкой одиночной сваи и фактической осадкой свайного фундамента здания или сооружения. При значении коэффициента  $z$ , равном 0,2, осадка свайных фундаментов здания или сооружения в процессе эксплуатации увеличится в среднем в 5 раз по сравнению с осадкой одиночной сваи, полученной при ее испытании пробной статической нагрузкой. Такое увеличение осадок свайных фундаментов обосновывается результатами наблюдений за осадками зданий и сопоставлением их с осадками одиночных свай, полученных при испытаниях.

Значение коэффициента  $z$  по мере накопления сравнительных данных уточняется. В СНиП II-Б.5-67

значение  $z$  принималось равным 0,1, в СНиП 2.02.03-85 – 0,2.

Определив значение  $F_u^*$ , соответствующее осадке  $S$ , вычисленной по формуле (2), следует, как указывает п.5.3 [1], определить НСС по формуле

$$F_d = g_c \frac{F_{u,n}^*}{g_g} \quad (3)$$

где  $\gamma_c=1$ ;  $\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту, зависящий от числа испытанных свай.

Выше нами обозначено:  $F_u^*$  – частное значение условной величины  $F_u$ , соответствующее осадке  $S$ ;  $F_{u,n}^*$  – нормативное значение условного предельного сопротивления сваи.

С таким подходом норм [1] к определению НСС нельзя согласиться, так как найденное условное значение  $F_u^*$  не является предельным сопротивлением сваи по несущей способности, а является частным значением сопротивления сваи по второй группе предельных состояний – по осадке.

Поэтому предлагается ввести новое понятие расчетного сопротивления сваи по второй группе предельных состояний  $F_{RII}$  и определять его по формуле

$$F_{RII} = g_c \frac{F_{u,n}^*}{g_g} \quad (4)$$

где  $F_{u,n}^*$ ,  $\gamma_c$  и  $\gamma_g$  имеют те же значения, что и в формуле (3).

Естественно, что значение величины  $F_{RII}$  зависит от значения  $S_{u,mt}$ , то есть от вида здания, его конструктивной схемы, приспособленности к восприятию неравномерных деформаций.

Однако значение  $F_{RI}$  не должно зависеть от этих факторов, как это следует из [1]. Значение  $F_{RI}$  следует определять способом статического зондирования по формуле

$$F_{RI} = g_c \frac{F_{u,n}}{g_g} \quad (5)$$

где  $F_{u,n}$  – нормативное значение предельного сопротивления сваи по результатам статического зондирования,  $\gamma_c$  и  $\gamma_g$  имеют те же значения, что и в формуле (3).

При определении количества свай, входящих в состав фундамента, предлагается одновременно исходить из условий I<sup>то</sup> и II<sup>то</sup> предельных состояний:

$$N_{Icb} \leq F_{RI} \quad (6)$$

$$N_{IIcb} \leq F_{RII} \quad (7)$$

где  $F_{RI}$  определяется по результатам статического зондирования, а  $F_{RII}$  – по данным пробных испытаний натуральных свай.

Дальнейшее проектирование свайного фундамента регламентируется тем из условий (6) и (7), которое



требует применения большего количества свай. В тех случаях, когда регламентирующим является условие (7), предлагаемый метод расчета позволяет сократить число свай не менее чем в 1,4 раза и существенно уменьшить размеры ростверков.

Предложения о необходимости определения количества свай по значениям нагрузок, соответствующих II<sup>а</sup> группе предельных состояний, звучали и раньше [2,5]. При этом предполагалось исключить из рассмотрения расчет по первой группе предельных состояний. В предлагаемом методе расчет по первой группе предельных состояний сохраняется, если регламентирующим оказывается условие (6).

Из предлагаемого метода следует, что при изменении конструктивной схемы здания и его приспособленности к неравномерным деформациям может измениться регламентирующее условие для расчета свайного фундамента.

Сделанный выше вывод о возможности сокращения количества свай подтверждается множеством экспериментальных исследований разных авторов, установивших, что нагрузки на свайные фундаменты во многих случаях могут быть увеличены на 30-50% [2, 4]. Это свидетельствует о реальной

возможности внедрения предлагаемого метода расчета в практику проектирования зданий и сооружений. В этом случае экономия средств, затрачиваемых на возведение свайных фундаментов, превысит расходы на проведение пробных испытаний свай.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. Нормы проектирования. М.: 1986.
2. Бартоломей А.А. Основы расчета ленточных свайных фундаментов по предельно допустимым осадкам. М.: Стройиздат, 1982. - 219с.
3. Беда В.И., Кулачкин Б.И., Радкевич А.И., Александровский Ю.В., Остюков Б.С., Перепелкин И.З. Оценка несущей способности забивных свай // Материалы Международной научно-практической конференции Усиление оснований и фундаментов аварийных зданий и сооружений. Пенза, 2000. С. - 15-17.
4. Трофименков Ю.Г., Ободовский А.А. Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1970. - 239с.
5. Лапшин Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. - 152 с.