

ГЛУБИНА РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТА В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТА И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Статья посвящена одному из важнейших вопросов, связанных с глубиной развития деформаций грунта в зависимости от различных факторов, влияющих на этот процесс и рекомендуемые методы ее определения в лабораторных и полевых условиях, а также расчетным путем.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Вопросом исследования характера развития деформаций грунта в основании штампов разной площади занимались многие авторы [2 – 6]. Однако до настоящего времени не имеется надежного теоретического и практического методов определения глубины развития деформаций грунта в зависимости от различных факторов, влияющих на этот процесс.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы. Между тем этот вопрос настолько важен, что всестороннее изучение его хотя бы для некоторых грунтов (песков и глин) позволило не только установить расчетным путем осадки проектируемых зданий, но и сэкономить силы и средства, а также приблизить расчетные осадки к фактическим и обеспечить нормальную эксплуатацию возводимых зданий и сооружений.

Проблемой «активной зоны», сжимаемой толщи, зоны деформаций занимались многие исследователи, используя для ее решения различные методы [2 – 6]. Так, профессор Х.Р. Хакимов принял за основу своего метода гипотезу о пропорциональности глубины «активной зоны» ширине загруженной площадки, которая определяется тем обстоятельством, что осадка фундамента пропорциональна корню квадратному из площади его подошвы [6].

Профессор П.А. Коновалов считает, что глубину сжимаемого массива грунта под фундаментом в большинстве методов расчета осадок можно ограничивать тем слоем, в котором деформации грунта незначительны и поэтому не учитываются [6].

Согласно СНиП 2.02.01-83 при определении осадок методом послойного суммирования за сжимаемую толщу основания принимается такая толща, ниже которой дополнительное давление не превышает 20% величины природного давления [1].

Выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. При выполнении полевых исследований возникают значительные трудности, а также отсутствуют достаточно надежные способы замера развития деформаций грунта по глубине основания.

Цель работы – определение в лабораторных и полевых условиях, а также расчетным путем влияния различных факторов на глубину развития деформаций грунта в основании фундаментов.

Изложение основного материала исследования. В результате большого количества экспериментальных исследований, выполненных в полевых условиях под руководством профессора В.Н. Голубкова, было установлено следующее:

- при передаче фундаментом нагрузки на грунт основания имеет место процесс развития деформации уплотнения в пределах ограниченного объема, называемого *зоной деформации* (рис. 1);
- за пределами зоны деформации грунт находится в природном состоянии;
- установлено, что объем зоны деформаций зависит от целого ряда факторов и, в первую очередь, от величины давления, передаваемого фундаментом на грунт основания P , кПа, плотности грунта в сухом состоянии ρ_d , кН/м², площади фундамента A , м² и его формы;
- глубина развития зоны деформаций H_d в 2,5 – 3 раза меньше сжимаемой толщи H_c , устанавливаемой нормами проектирования.

Кроме этого, было установлено, что объем зоны деформаций существенным образом влияет на величину и характер развития осадки фундамента. Так, чем слабее грунт, тем больше объем зоны деформаций и тем больше осадка фундамента. И, наоборот, чем плотнее грунт, тем меньше объем зоны деформаций и тем меньше осадка фундамента при прочих равных условиях.

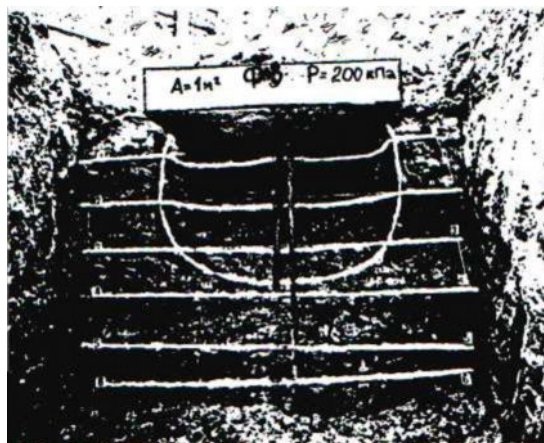


Рис. 1. Зона деформаций грунта в основании штампа площадью $A=1\text{м}^2$

Характер развития зоны деформаций в грунтах различной плотности и различной величины нагрузки можно определить в лабораторных и полевых условиях.

В лабораторных условиях это можно выполнить в приборе с возможностью объемной деформации грунта (ОИСИ) (рис. 2).

Прибор состоит из двух колец – внутреннего и наружного, пространство между которыми при необходимости заполняется водой. Внутреннее кольцо состоит из двух полуколец, соединенных болтами, которое заполняется грун-

том ненарушенной структуры на рабочем столе с использованием ручного домкрата. Затем кольцо освобождается от болтов и образец распиливается пополам. Поверхности образцов грунта в каждом полукольце зачищаются и в одно из них через 1,5...2 см, начиная от верхней грани, устанавливаются в горизонтальное положение фиксаторы деформаций в виде мелких дробинки или обрезков спичек без разрыва контактов на необходимую глубину.

Первоначальное положение фиксаторов фиксируется на кольце, после чего оба полукольца соединяются вместе с помощью болтов. Кольцо с грунтом (3) устанавливается в ванну (2) на рабочем столе (1) под загрузку.

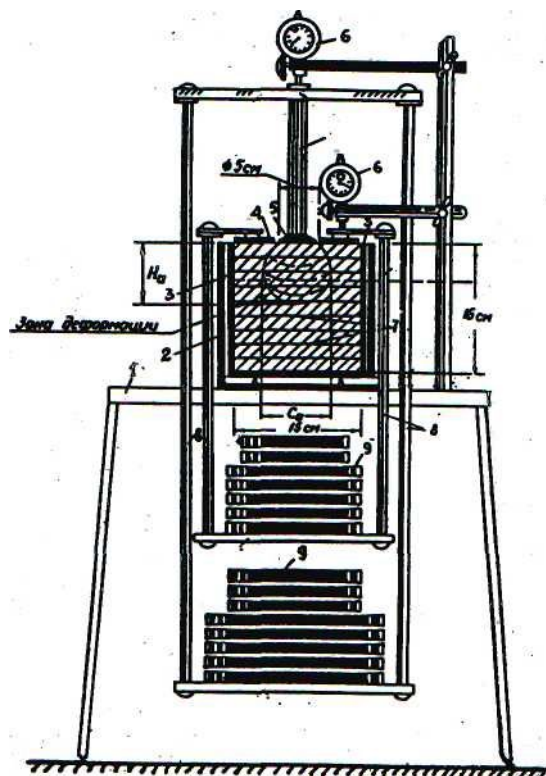


Рис. 2. Схема прибора ОИСИ-4: 1 – рабочий стол; 2 – ванна для воды; 3 – кольцо с грунтом; 4 – пригрузочная платформа; 5 – штамп ($d=50$ мм; $A=19,6$ см²); 6 – индикаторы; 7 – фиксаторы деформаций; 8 – тяги; 9 – груз

В начале на штамп (5) и пригрузочную платформу (4) передается нагрузка, соответствующая природному давлению на отметке заложения подошвы фундамента. После стабилизации осадок на штамп передается нагрузка ступенями по 50 кПа до расчетной величины, и каждая ступень выдерживается до условной величины стабилизации осадок.

После окончания испытания полукольца разъединяются, и по перемещениям фиксаторов на полукольце очерчивается граница зоны деформации. Затем замеряются глубина H_a и максимальная ширина C_a зоны деформаций и вычисляется объем зоны деформаций V_a .

При выполнении испытаний штампов в полевых условиях размеры зоны деформаций устанавливаются следующим образом.

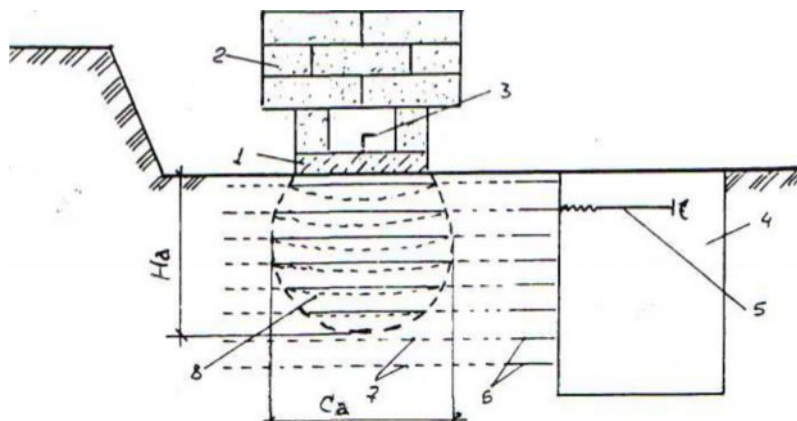


Рис. 3. Испытание штампа в полевых условиях с установлением характера развития зоны деформации грунта: 1 – штамп; 2 – груз; 3 – реперная система; 4 – монтажный шурф; 5 – ручной бур; 6 – горизонтальные шпур; 7 – фиксаторы деформаций; 8 – зона деформаций

На дне котлована устанавливается штамп (1) принятых размеров, и на расстоянии $1...1,5$ м от штампа отрывается монтажный шурф (4) с размерами в плане $0,7 \times 1,4$ м на глубину не менее $2,5\sqrt{A}$ (A – площадь штампа). Из шурфа пробуриваются горизонтальные шпур (6) в вертикальной плоскости по оси штампа диаметром $d=18$ мм. Расстояние между шпурами принимаются в пределах $15...20$ см. Количество шпуров по глубине должно охватывать не менее $2\sqrt{A}$. В шпур заталкиваются деревянные фиксаторы цилиндрической формы диаметром $d=16$ мм и длиной $40...50$ мм. После этого шурф засыпается грунтом и производится загрузка штампа бетонными тарированными блоками или образцовыми гирями (2). Первоначально загрузка штампа выполняется малыми ступенями ($10...15$ кПа) с целью определения структурного сопротивления грунта уплотнению R_{cy} , величина которого определяется при осадке $S=3...5$ мм. В дальнейшем загрузка штампа производится ступенями не более 50 кПа до расчетной величины.

После окончания испытания штамп разгружается, основание раскапывается по оси штампа, фиксаторы деформаций оголяются, зачищаются и по точкам перемещений фиксаторов устанавливается граница зоны деформаций, ее глубина H_a и ширина C_a (см. рис. 1 и 3).

На основании обобщения результатов экспериментальных исследований, выполненных многими научными работниками была предложена эмпирическая формула для определения фактической глубины развития зоны деформации H_a

$$H_a = k_p \cdot k_r \cdot \sqrt{A}, \text{ м}, \quad (1)$$

где k_p и k_r – коэффициенты, учитывающие давление в подошве фундамента P и плотность грунта в сухом состоянии ρ_d , которые определяются по графикам, представленным на рис. 4;

$A = l \cdot b, \text{ м}^2$ – площадь отдельно стоящего фундамента; для ленточного фундамента принимается участок длиной равной $5b$, тогда площадь участка ленточного фундамента составит $A = 5 \cdot b^2, \text{ м}^2$.

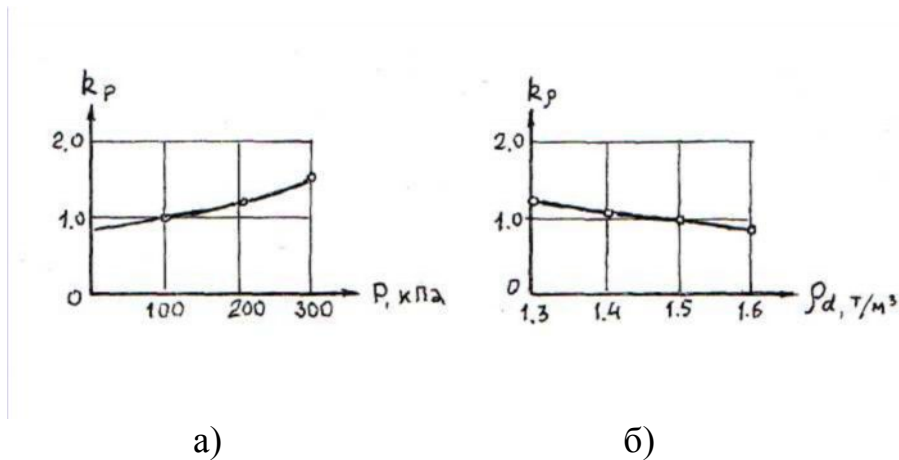


Рис. 4. Графики зависимости: а) – $k_p = f(P)$; б) – $k_p = f(\rho_d)$

Выводы из данного исследования. Использование выявленных закономерностей формирования величины зоны деформаций, а также результатов экспериментальных исследований глубины развития зоны деформаций H_a под фундаментами различной площади и формы, при воздействии различных давлений на грунт, плотности грунта позволили приблизить расчетную модель основания к фактической его работе, увеличить надежность прогнозирования осадки сооружения и сократить объем исследований грунта при выполнении инженерно-геологических изысканий.

Литература

1. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. Строительные нормы и правила.
2. Голубков В.Н., Догадайло А.И., Дуденко Ю.И. Исследование деформаций грунта в основании штампа большой площади // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1984. – №5. – С. 18 – 21.
3. Догадайло А. И. Исследование характера развития деформаций лессового грунта под штампами разной площади // Основания и фундаменты: Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – К.: «Будівельник», 1982. – №15. – С. 35 – 38.
4. Догадайло А.И., Дуденко Ю.И. Исследование характера формирования объемной деформации грунта в основании штампов разной площади // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. Т. II. Вип. 61. – К.: НДІБК, 2004. – С. 67-74.
5. Коновалов П.А. Величина сжимаемой толщи и расчетные приемы ее определения // Основания, фундаменты и подземные сооружения: Сборник НИИОСП. – М., 1969. – №58. – С. 80 – 90.
6. Хакимов Х.Р. Расчет осадки сооружений на естественном основании и определение активной зоны грунта. – М., Л., 1936. – 46 с.