

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	6
Глава 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	7
1.1. Форма и размер частиц.....	7
1.2. Плотность.....	11
1.3. Степень водонасыщения и влажность.....	14
Глава 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	16
2.1. Приборы и методики проведения лабораторных испытаний грунтов.....	17
2.2. Определение динамической прочности грунтов.....	23
2.3. Определение модуля сдвига и коэффициента демпфирования.....	25
Глава 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ.....	31
3.1. Линейные модели.....	32
3.2. Нелинейные модели.....	36
3.3. Модели, описывающие ползучесть и виброползучесть.....	40
Глава 4. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ.....	44
4.1. Потенциал разжижения.....	44
4.2. Деформации при разжижении.....	47
4.3. Виброползучесть.....	49
4.4. Жесткость и демпфирование.....	51
Термины и определения.....	54
Основные обозначения и сокращения.....	54
Контрольные вопросы.....	56
Заключение.....	57
Библиографический список.....	58

ПРЕДИСЛОВИЕ

При проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских зданий и сооружений часто возникает необходимость учета циклических и вибрационных воздействий на напряженно-деформированное состояние (НДС) грунтов оснований, в том числе для определения устойчивости, дополнительных осадок и кренов фундаментов. Надежность количественной оценки этих величин во многом зависит от достоверности и точности определения расчетных параметров деформируемости и прочности, в том числе ползучести и виброползучести грунтов оснований как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Опыт эксплуатации различных видов зданий и сооружений показывает, что длительные циклические и вибрационные воздействия ведут к накоплению дополнительных деформаций в грунтах основания, что в итоге приводит к дополнительным осадкам и кренам фундаментов. В водонасыщенных песчаных грунтах циклическое и вибрационное воздействия могут привести к их динамическому разжижению и полной потере прочности и устойчивости. Поэтому изучение механических свойств грунтов при динамических воздействиях и их использование при прогнозировании НДС оснований зданий и сооружений является крайне актуальной задачей прикладной механики грунтов и геотехники.

Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ составлено в соответствии с программой дисциплины «Механика грунтов в высотном и подземном строительстве» для обучающихся магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. Пособие предназначается для магистров и аспирантов геотехнических специальностей и будет интересно специалистам проектных, изыскательских и научных организаций.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие промышленного, энергетического и транспортного строительства тесно связано с освоением новых территорий, в том числе в сейсмически опасных районах (Северный Кавказ, Алтай, Саяны, Восточная Сибирь, Камчатка, Сахалин), и увеличением плотности застройки в уже освоенных районах и мегаполисах; при этом зачастую возникает необходимость проектирования и возведения зданий и сооружений в крайне неблагоприятных инженерно-геологических условиях.

Одна из основных задач при проектировании зданий и сооружений в сейсмически опасных районах — определение запасов прочности грунтового массива при динамических воздействиях различного характера и уменьшение расходов на дополнительное усиление оснований и фундаментов до минимально возможного уровня при обеспечении их достаточной прочности и надежности.

В настоящей работе выполнен обзор существующих экспериментальных и теоретических методов исследования динамических свойств песчаных грунтов. В соответствии с современными представлениями о взаимодействии подземных конструкций зданий и сооружений со сжимаемым грунтовым основанием при статическом и динамическом воздействиях выполнен анализ существующих методов лабораторных испытаний грунтов, отмечена необходимость учета остаточных деформаций и напряжений в грунтовой среде при динамических воздействиях.

Наибольший вклад в изучение поведения грунтов при динамических воздействиях внесли научные работы следующих ученых: М.Ю. Абелева, Д.Д. Баркана, Е.А. Вознесенского, С.С. Вялова, Н.М. Герсеванова, С.С. Григоряна, Ю.К. Зарецкого, П.Л. Иванова, В.А. Ильичева, Н.Д. Красникова, М.В. Малышева, Н.Н. Маслова, С.Р. Месчана, И.Т. Мирсаяпова, А.Д. Потапова, Л.Н. Рассказова, О.А. Савинова, Л.Р. Ставницера, З.Г. Тер-Мартirosяна, В.А. Флорина, Н.А. Цытовича, I.M. Idriss, K. Ishihara, N.M. Newmark, H.B. Seed, A.W. Skempton.

Экспериментальные и теоретические исследования динамических свойств грунтов при сейсмических, вибрационных и других воздействиях не позволяют считать до конца решенной задачу долгосрочного прогнозирования НДС грунтового массива и требуют дальнейшего развития и совершенствования.

Методы количественной оценки НДС массивов грунтов, вмещающих подземные части зданий и сооружений при динамическом воздействии, существующие в настоящее время, также требуют совершенствования. При этом необходимо учитывать большое количество факторов, что возможно путем использования численных методов оценки НДС. Численное моделирование НДС необходимо проводить с использованием новых экспериментальных данных лабораторных и полевых исследований грунтов при статических и динамических воздействиях, которые интегрируются в модифицированные механические модели, учитывающие различные особенности поведения грунтов при указанных видах воздействий.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований поведения грунтов при динамических воздействиях, приведенные в настоящем методическом пособии, основаны на фундаментальных работах отечественных и зарубежных ученых, а также на многолетнем опыте исследования динамических свойств грунтов в Научно-образовательном центре «Гео-техника» МГСУ под руководством заслуженного деятеля науки РФ, лауреата премии Правительства РФ, почетного академика РААСН, доктора технических наук, профессора З.Г. Тер-Мартirosяна.

Глава 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В соответствии с ГОСТ 25100 «Грунты. Классификация» *грунтами* называются любые горные породы, почвы, осадки и техногенные отложения, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды. В строительном деле грунты изучаются прежде всего с целью их использования в качестве основания зданий и сооружений, среды, вмещающей подземные сооружения и конструкции, а также как материал для возведения сооружений.

Механика грунтов занимается изучением дисперсных грунтов, состоящих из совокупности твердых частиц, зерен, обломков и других элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи. В наиболее общем виде дисперсные грунты классифицируются на *связные грунты*, обладающие физическими и физико-химическими структурными связями, и *несвязные*, обладающие механическими структурными связями и характеризующиеся сыпучестью в сухом состоянии.

Рассмотрим наиболее важные физические свойства несвязных и связных дисперсных грунтов, оказывающие влияние на динамическую устойчивость и поведение при динамических воздействиях.

1.1. ФОРМА И РАЗМЕР ЧАСТИЦ

Все виды песчаных грунтов, наряду с крупнообломочными грунтами с песчаным заполнителем, в частности гравий, дресвяной грунт, галечник и щебень, относятся к категории несвязных грунтов. Несвязные грунты представляют собой систему сравнительно крупных минеральных частиц или обломков горных пород, образующих жесткий скелет с непосредственными контактами между твердыми частицами грунта. Характерной особенностью несвязных грунтов является отсутствие или малая прочность связей между частицами.

Прочностные, деформационные и фильтрационные свойства несвязных грунтов в основном определяются их гранулометрическим (зерновым) составом, формой частиц и плотностью сложения. С увеличением крупности частиц несвязных грунтов, как правило, увеличивается сжимаемость при статических нагрузках. С увеличением плотности сложения также увеличивается прочность и уменьшается сжимаемость, но несколько уменьшается водопроницаемость.

Глинистый грунт — связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых частиц. Такой грунт практически водонепроницаем (имеет малый коэффициент фильтрации), во влажном состоянии обладает высокой пластичностью и большой сжимаемостью при действии статических нагрузок. При динамических нагрузках не уплотняется, но может снижать прочность. После прекращения динамических воздействий прочность грунта частично или полностью восстанавливается, т.е. он может обладать специфическими тиксотропными свойствами. Такой грунт в зависимости от материала слагающих его частиц при изменении содержания в нем воды меняет объем, набухает при увлажнении и получает усадку при высыхании.

В природных условиях редко встречаются грунты, содержащие только одну гранулометрическую фракцию. Такие грунты называют *монодисперсными*, например жирные глины. Наиболее часто встречаются грунты, состоящие из смеси песчаных, пылеватых и глинистых частиц, находящихся в разных пропорциях [10].

Глинистые частицы определяют одним из методов седиментационного анализа — пипеточным или ареометрическим с использованием метода Стокса, в основе которого лежит зависимость между размером (массой) и скоростью движения тела в вязкой среде (газе или жидкости) под действием гравитационных или центробежных сил. Крупные частицы грунта разделяются просеиванием через стандартный набор сит.

Форма частиц несвязных грунтов в зависимости от истории их образования (генезиса) может в природных условиях изменяться в широких пределах: от очень окатанных и угловатых до имеющих пластинчатую или даже игольчатую форму.

Общепринятого метода оценки формы частиц песка в настоящее время не имеется. В большинстве случаев оценка формы зерен производится на глаз по предложенным различными авторами таблицам конфигурации частиц.

В качестве числовых характеристик поверхности и формы частиц чаще всего используются коэффициент округленности или окатанности α и коэффициент сферичности β .

Коэффициент окатанности по Ванделлу:

$$\alpha = \frac{1}{nR} \sum_{i=1}^n r_i, \quad (1.1)$$

где n — число участков, для которых определяется радиус; R — радиус круга, вписанного в контур частицы (рис. 1.1, а); r_i — радиус кривизны i -го участка контура частицы.

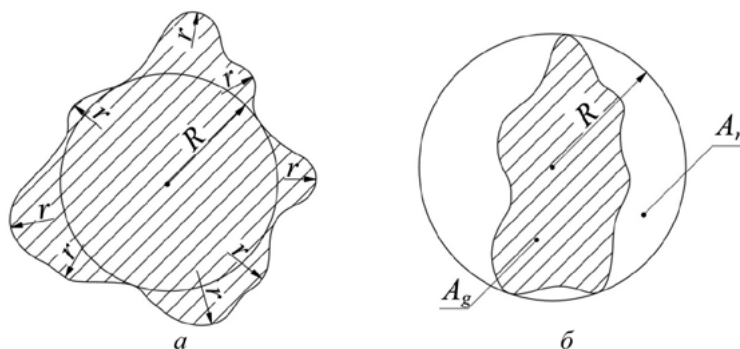


Рис. 1.1. Схема к определению коэффициентов окатанности (а) и сферичности (б) частиц песчаного грунта [6]

Коэффициент сферичности каждого зерна по Риелю определяется из отношения (рис. 1.1, б)

$$\beta = \frac{A_g}{A_r}, \quad (1.2)$$

где A_g — площадь проекции каждого зерна; A_r — площадь круга, описанного вокруг проекции зерна.

В случае идеальной формы частиц песка, т.е. гладких шаров, коэффициенты сферичности и окатанности равны единице. Чем больше действительная форма частиц отличается от шара, тем меньше единицы величина коэффициента β . Коэффициент α при негладкой, например «бугристой» поверхности частицы, даже близкой по форме к шару, может быть значительно меньше единицы. Поэтому для обобщенной оценки формы и характера поверхности частиц В.А. Мелентьевым (1956) предложен коэффициент формы, который для идеального гладкого шара равен единице:

$$k_{\text{стр}} = \alpha\beta. \quad (1.3)$$

Для определения формы частицы ее необходимо сфотографировать с помощью микроскопа. Чтобы получить осредненные данные, то для определения коэффициентов формы измерения производят для 50–100 частиц.

Определение коэффициента окатанности α — весьма трудоемкая операция, требующая большой тщательности выполнения. Для облегчения подбора радиусов кривизны отдельных участков контура частицы можно применять специальные лекала. Средний коэффициент сферичности β практически можно получать, вырезая из бумаги и взвешивая на аналитических весах вначале описанные вокруг частицы круги, а затем только вырезанные по контуру про-

екции частиц. Отношение веса бумажных проекций частиц к весу описанных кругов и будет средним коэффициентом β .

Существует модификация метода Х. Ванделла с использованием трафарета для визуальной оценки коэффициента окатанности, предложенного М.К. Пауэрсом (М.С. Powers, 1967). Недостатком такой методики является то, что по сферичности все изучаемые зерна частиц делятся либо на сферичные, либо на несферичные, хотя эта характеристика песчаных грунтов по их форме меняется весьма значительно.

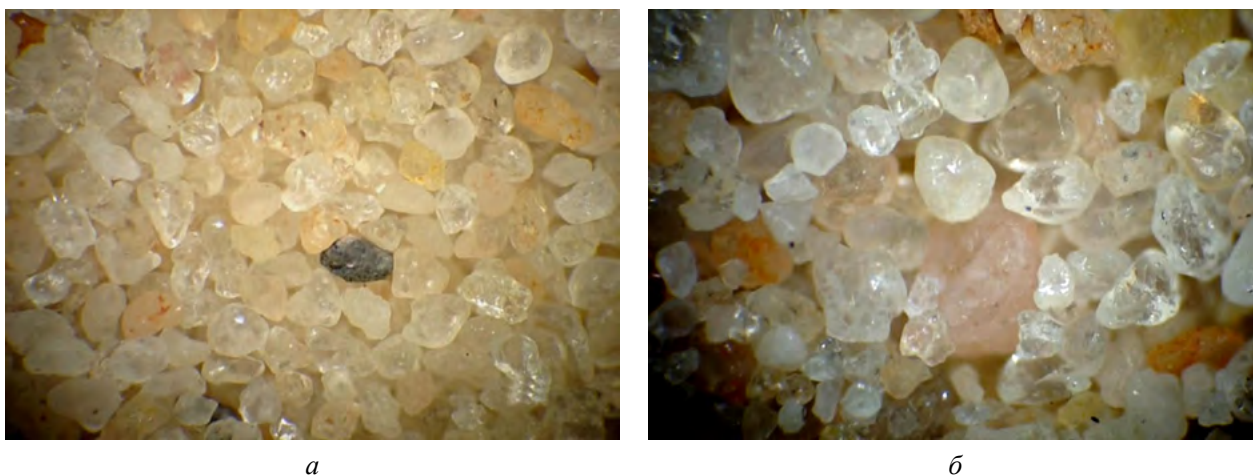


Рис. 1.2. Особенности формы и характера поверхности частиц песчаного грунта для однородного (а) и неоднородного (б) грунта (А.Ю. Мирный, 2015)

Основным недостатком приведенных способов считается то, что коэффициенты α и β определяются по плоскостному изображению частиц (рис. 1.2). Частицы с ярко выраженными систематическими отклонениями формы от шарообразной, например при пластинчатой форме,

укладываются на предметном стекле микроскопа определенной плоскостью поверхности, в этом случае всегда получается только «одностороннее» изображение.

Еще один метод определения формы зерен песка основан на вычислении коэффициента угловатости зерен песка по соотношению истинной и теоретической удельных поверхностей.

Коэффициент угловатости песка — одна из характеристик формы зерен формовочного песка, определяемая отношением фактической удельной поверхности к расчетной. За расчетную удельную поверхность принимают площадь поверхности зерен песка, условно имеющих сферическую форму, отнесенную к 1 г с учетом гранулометрического состава. Удельную поверхность определяют на приборе (рис. 1.3). В бюретку насыпают песок, после чего из U-образной трубки удаляют воздух до тех пор, пока уровень жидкости в ней не поднимется до метки M_1 . Закрывают кран, уровни жидкости выравнивают за счет притока воздуха через песок. Фиксируют время, за которое столб жидкости опустится от M_2 до M_3 . Зная параметры прибора, массу и объем песка, время выравнивания жидкости в трубке, коэффициент угловатости определяют по формуле ГОСТ 23409.21–78 «Пески формовочные. Метод определения коэффициента угловатости».

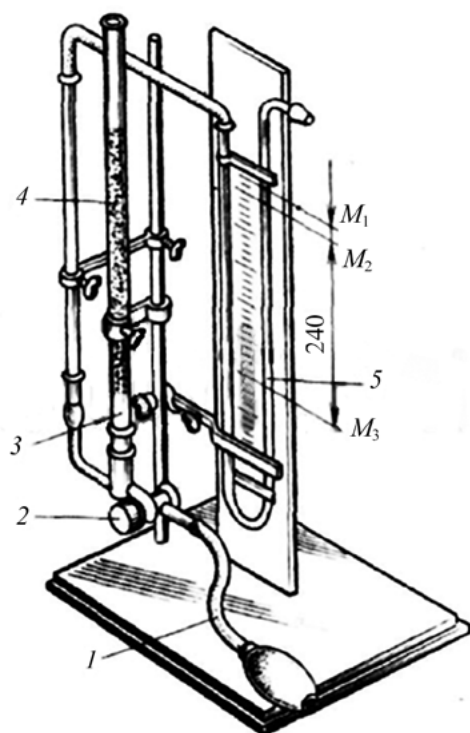


Рис. 1.3. Прибор для определения коэффициента угловатости зерен:
1 — трубка с грушей для отсоса воздуха;
2 — кран; 3 — сито; 4 — бюретка с песком;
5 — U-образная трубка

Обработка результатов

Удельную поверхность песка S_{ϕ} , м²/кг, вычисляют по формуле

$$S_{\phi} = K \frac{\varepsilon \sqrt{\varepsilon}}{1 - \varepsilon} \frac{1}{\sqrt{G}}, \quad (1.4)$$

где K — постоянная, $K = 0,0419$ при нормальных условиях; ε — пористость слоя песка,

$$\varepsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\rho}, \quad (1.5)$$

здесь ρ — теоретическая плотность песка, $\rho = 2,65$, кг/м³; ρ_0 — насыпная плотность песка, кг/м³,

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (1.6)$$

здесь m — масса пробы песка, кг; V — объем пробы песка, $V = 9,81 \cdot 10^{-6}$ м³; G — газопроницаемость, м²/Па·с.

Значения $\frac{\varepsilon \sqrt{\varepsilon}}{1 - \varepsilon}$ приведены в приложении ГОСТ 29234.12–91 «Пески формовочные. Метод определения формы зерен песка».

Допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 5 %. Если расхождение превышает приведенное значение, определение повторяют. За окончательный результат анализа принимают среднее арифметическое результатов трех параллельных определений.

Теоретическую удельную поверхность S_{τ} , м²/кг, вычисляют по формуле

$$S_{\tau} = \frac{6}{\rho} \sum_{i=n}^{i=1} \frac{X_i}{D_i}, \quad (1.7)$$

где ρ — теоретическая плотность песка, кг/м³; X_i — доля остатка песка на сите от общей массы песка, взятой для определения гранулометрического состава,

$$X_i = \frac{m_i}{m}, \quad (1.8)$$

здесь m_i — остаток на сите, г; m — масса пробы песка, г; D_i — средний диаметр зерен песка одной фракции, м,

$$D_i = \frac{D_n + D_{n+1}}{2}, \quad (1.9)$$

здесь D_n — размер ячейки сита, через которую прошла фракция песка, м; D_{n+1} — размер ячейки сита, на которой осталась фракция песка, м.

Определение коэффициента угловатости:

$$K_{\text{уг}} = \frac{S_{\phi}}{S_{\tau}}, \quad (1.10)$$

где S_{ϕ} — фактическая удельная поверхность, м²/кг; S_{τ} — теоретическая удельная поверхность, м²/кг.

Существуют методы механического разделения песчаных зерен по форме, которые достаточно точно характеризуют форму песчаных частиц, значительно снижают трудоемкость оценки формы частиц, учитывают трехмерность зерен, а также дают возможность исследовать большое количество зерен. Изучение окатанности частиц в настоящее время проводится с помощью микроскопического выявления особенностей характера поверхности частиц.

Исследования, выполненные П.Л. Ивановым [6], показывают, что форма частиц имеет большое влияние на прочностные свойства песчаных грунтов, определяемые величиной

угла внутреннего трения φ . С увеличением окатанности и сферичности угол внутреннего трения грунта значительно уменьшается.

На основе анализа экспериментальных данных П.Л. Иванова [6] установлено, что песчаные грунты с округлой формой частиц и с гладкой их поверхностью значительно (на десятки процентов) легче переходят в состояние динамического разжижения, т.е. на их разжижение требуются меньшие интенсивности напряжений при равных циклах, или за меньшее количество циклов воздействий.

На основе экспериментальных данных А.Ю. Мирного (2014) можно утверждать, что для искусственных песчаных смесей можно подобрать такой гранулометрический состав (см. рис. 1.2), при котором различное соотношение размеров зерен смеси под нагрузкой будет определять наибольшую устойчивость оснований сооружений из этой смеси.

1.2. Плотность

Одним из важнейших факторов, определяющих динамические свойства песчаных грунтов, является плотность их сложения. Основной характеристикой плотности сложения несвязных грунтов следует считать величину степени плотности, или коэффициент относительной плотности, согласно ГОСТ 25100, определяемый по выражению

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (1.11)$$

где e_{\min} и e_{\max} — коэффициенты пористости грунта в максимально плотном и максимально рыхлом состояниях соответственно; e — коэффициент пористости в естественных условиях.

Величина I_D может изменяться в пределах от 0 до 1 (рис. 1.4). При $I_D = 0$ грунт находится в самом рыхлом состоянии, при $I_D = 1$ — имеет самое плотное сложение.

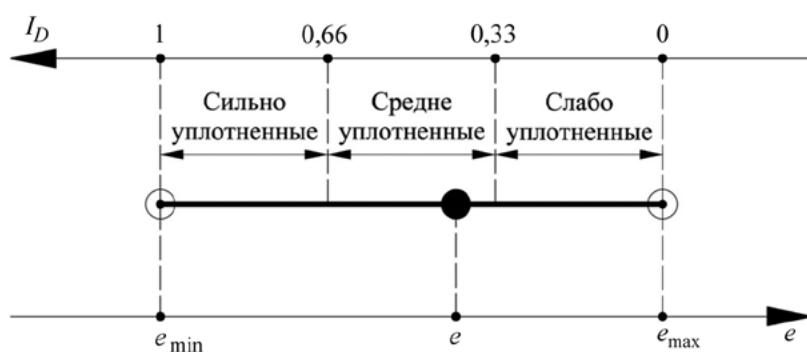


Рис. 1.4. Изменение степени плотности I_D в зависимости от коэффициента пористости e (ГОСТ 25100)

Весь диапазон изменения I_D от нуля до единицы делят на 3 равные части и вводят следующую классификацию несвязных грунтов по величине относительной плотности (степени плотности): слабо уплотненные — $0 < I_D \leq 0,33$; средне уплотненные — $0,33 < I_D \leq 0,66$; сильно уплотненные — $0,66 < I_D \leq 1,00$.

Для подсчета величины I_D по зависимости (1.11) необходимо иметь данные результатов полевых определений величины e и для этого грунта в лабораторных условиях определить e_{\min} и e_{\max} . Для нахождения e_{\max} обычно используют осторожную рыхлую отсыпку грунта в мерный сосуд, а для определения e_{\min} — динамические методы уплотнения грунта в мерном сосуде. Методика определения e_{\min} и e_{\max} содержится в ГОСТ 25100.

По данным П.Л. Иванова [6], для мелкозернистых песков, при одинаковой наименьшей относительной плотности ($I_D = 0,4$), величины максимальных и минимальных значений коэффициентов пористости различаются до 0,2...0,4 при изменении коэффициентов формы частиц от 0,1 до 0,4, что имеет существенное значение.

Различные по гранулометрическому составу грунты имеют разброс в величинах e_{\min} и e_{\max} , причем с увеличением крупности они уменьшаются. Не меньшее влияние на предельные значения коэффициентов пористости оказывает форма частиц, и с увеличением окатанности и сферичности они уменьшаются. Поэтому использование в качестве характеристики плотности сложения величины относительной плотности (степени плотности) I_D , учитывающей как гранулометрический состав, так и форму частиц, дает наиболее объективный критерий плотности. Величина степени плотности характеризует потенциальную возможность грунта к дальнейшему уплотнению.

Таким образом, коэффициент пористости или пористость и тем более объемный вес (масса) не могут быть принятыми в качестве характеристики свойств и, в частности, плотности несвязных грунтов. Это обстоятельство, к сожалению, не учтено в настоящее время в нормативной литературе. В ГОСТ 25100 плотность сложения песчаных грунтов принимается в зависимости от коэффициента пористости, что не в полной мере корректно.

Плотность глинистого грунта определяют двумя основными методами (ГОСТ 5180 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»).

1. *Методом режущего кольца* в зависимости от наименования и состояния грунта подбирают необходимый диаметр режущего кольца — пробоотборника, смазывая его с внутренней стороны тонким слоем вазелина или консистентной смазки. Верхнюю зачищенную плоскость образца грунта выравнивают, срезая излишки грунта ножом, устанавливают на ней режущий край кольца и винтовым прессом или вручную через насадку слегка вдавливают кольцо в грунт, фиксируя границу образца для испытаний. Затем грунт снаружи кольца обрезают на глубину 5–10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1–2 мм больше наружного диаметра кольца. Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом пресса или насадки насаживают кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов. После заполнения кольца грунт подрезают на 8–10 мм ниже режущего края кольца и отделяют его. Грунт, выступающий за края кольца, срезают ножом, зачищают поверхность грунта вровень с краями кольца и закрывают торцы пластинками. При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов вдавливают в него и удаляют грунт вокруг кольца. Затем зачищают поверхность грунта, накрывают кольцо пластинкой и подхватывают его снизу плоской лопаткой. Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают.

Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho = (m_1 - m_0 - m_2) / V, \quad (1.12)$$

где m_1 — масса грунта с кольцом и пластинками, г; m_0 — масса кольца, г; m_2 — масса пластинок, г; V — внутренний объем кольца, см.

2. При определении плотности грунта *методом взвешивания* в воде вырезают образец грунта объемом не менее 50 см и придают ему округлую форму, срезая острые выступающие части. Образец обвязывают тонкой прочной нитью со свободным концом длиной 15–20 см, имеющим петлю для подвешивания к серьге весов. Парафин, не содержащий примесей, нагревают до температуры 57–60 °С. Обвязанный нитью образец грунта взвешивают, покрывают парафиновой оболочкой, погружая его на 2–3 с в нагретый парафин. При этом пузырьки воздуха, обнаруженные в застывшей парафиновой оболочке, удаляют, прокалывая их и заглаживая места проколов нагретой иглой. Эту операцию повторяют до образования плотной парафиновой оболочки. Охлажденный парафинированный образец взвешивают.

Затем парафинированный образец взвешивают в сосуде с водой. Для этого над чашей весов устанавливают подставку для сосуда с водой так, чтобы исключить ее касание к чаше весов (или снимают подвес с чашей с серьги, уравновесив весы дополнительным грузом). К серьге коромысла подвешивают образец и опускают в сосуд с водой. Объем сосуда и длина нити должны обеспечить полное погружение образца в воду. При этом об-

разец не должен касаться дна и стенок сосуда. Взвешенный образец вынимают из воды, промокают фильтровальной бумагой и взвешивают для проверки герметичности оболочки. Если масса образца увеличилась более чем на 0,02 г по сравнению с первоначальной, образец следует забраковать и повторить испытание с другим образцом.

Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m \rho_p \rho_w}{\rho_p (m_1 - m_2) - \rho_w (m_1 - m)}, \quad (1.13)$$

где m — масса образца грунта до парафинирования, г; m_1 — масса парафинированного образца грунта, г; m_2 — результат взвешивания образца в воде — разность масс парафинированного образца и вытесненной им воды, г; ρ_p — плотность парафина, $\rho_p = 0,900$ г/см³; ρ_w — плотность воды при температуре испытаний, г/см³.

Плотность парафина следует уточнять для каждой его партии. Плотность воды, в зависимости от температуры, следует принимать по справочному приложению.

Большее влияние на свойства глинистых грунтов при динамических испытаниях оказывают структурные связи в грунтах, возникающие в процессе их формирования. Свойства связей (жесткость, упругость, прочность) являются важными факторами, определяющими поведение грунтового массива при его взаимодействии с фундаментами и подземными конструкциями сооружений.

Структурные связи в глинистых грунтах имеют сложную природу и по времени возникновения разделяются на первичные и вторичные.

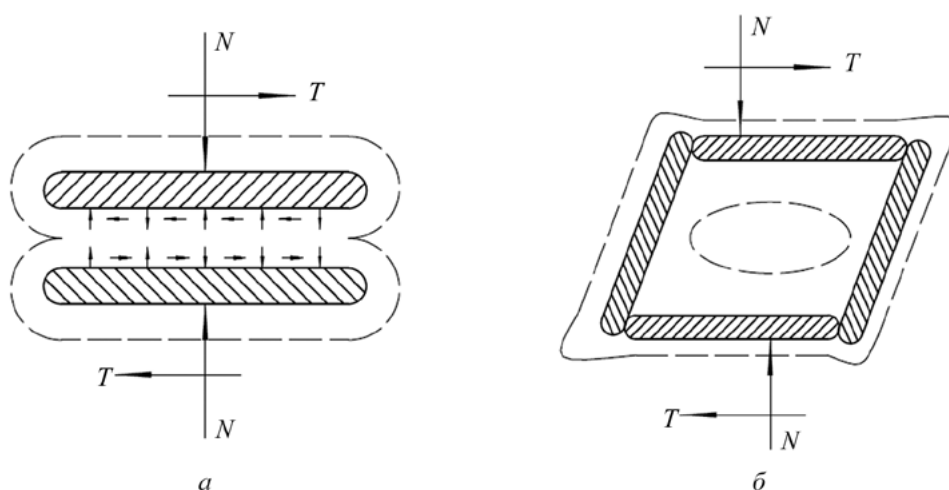


Рис. 1.5. Схема взаимодействия частиц в коагуляционной (а) и кристаллизационной (б) структурах

Первичные связи (рис. 1.5, а) определяются электромолекулярными силами взаимного притяжения и отталкивания между частицами, а также между частицами и ионами в поровой воде и называются *водно-коллоидными*. Чем тоньше пленки воды (меньше влажность), тем эти силы больше, и наоборот. При увлажнении они ослабляются, а при повторном подсушивании опять возрастают (возникают при взаимодействии глинистых грунтов с водой).

Вторичные связи (рис. 1.5, б), возникающие в результате старения коллоидов, их кристаллизации, а также процессов кристаллизации растворенных в воде солей и гелей оксидов кремния и железа, называются *кристаллизационными*, или *жесткими*. Они обладают достаточно высокой прочностью, которая зависит от состава минералов цементирующего вещества. Кристаллизационные связи хрупкие и не восстанавливаются после их нарушения.

Наличие в грунтах дефектов текстуры грунта и структурных связей (рис. 1.6) приводит к возникновению концентрации напряжений и локального разрушения текстуры с дальней-

шим распространением в соседние участки, что в итоге приводит к образованию поверхностей скольжения и разрушения грунта в целом.

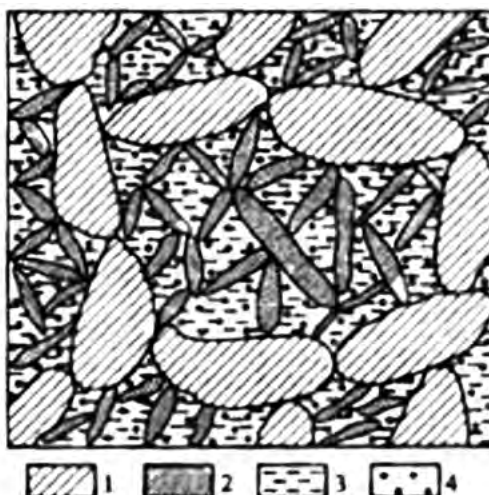


Рис. 1.6. Структура глинистого грунта:
 1 — крупные частицы; 2 — частицы глин и коллоидов;
 3 — свободная вода с растворенным газом; 4 — пузырьки газа

Таким образом, именно консистенция, а не плотность является определяющим фактором динамических свойств глинистых грунтов. Показатель консистенции — индекс текучести I_L , который определяют по формуле согласно ГОСТ 25100:

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (1.14)$$

где W — естественная влажность грунта, %; W_p — влажность на границе раскатывания, %; I_p — число пластичности, %

Для суглинков и глин диапазон изменения I_L от нуля до единицы (пластичное состояние) подразделяется на 4 равных поддиапазона: грунты полутвердые, тугопластичные, мягкопластичные и текучепластичные.

В свою очередь число пластичности I_p , %, определяют по формуле

$$I_p = W_l - W_p, \quad (1.15)$$

где W_l — влажность на границе текучести, %; W_p — влажность на границе раскатывания, %.

1.3. СТЕПЕНЬ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ И ВЛАЖНОСТЬ

Общее содержание воды в грунте определяет его влажность: *абсолютную* W , если вес воды отнесен к весу сухой породы, или *относительную* (степень водонасыщения) S_r , если объем воды отнесен к объему пор.

Жидкость, заключенная в порах грунта, имеет существенное значение в процессе динамического разжижения. Она облегчает взаимное перемещение частиц друг относительно друга и увеличивает их подвижность за счет заполнения дефектов поверхности. При достижении грунтом определенной влажности [13] зерна песчаного грунта покрываются гидратными оболочками, в большей степени скрывающими особенности формы частиц, что и позволяет им более свободно перемещаться друг относительно друга.

Анализ случаев динамического разжижения при сейсмических воздействиях и результаты многочисленных экспериментов показывают, что влажность песчаного грунта и его степень водонасыщения имеют первостепенное значение при оценке динамических свойств грунтов.

Среднее давление от статических нагрузок под подошвой фундамента p , кПа, в пределах зоны, где скорость колебаний поверхности грунта более 15 мм/с (от импульсных источников динамических воздействий) или 2 мм/с (от прочих источников), должно удовлетворять условию

$$p \leq \gamma_{cd}R. \quad (1.16)$$

где γ_{cd} — коэффициент условий работы грунтов основания при динамических воздействиях; $\gamma_{cd} = 0,7$ — для мелких и пылеватых водонасыщенных песков и глинистых грунтов текучей консистенции, $\gamma_{cd} = 1$ — для всех остальных видов и состояний грунтов; R — расчетное сопротивление грунта основания, кПа, определяемое в соответствии с требованиями СП 22.13330 «Основания зданий и сооружений».

На водопроницаемость грунта существенное влияние оказывает форма частиц и, как следствие, конфигурация пор. По данным [6], с уменьшением окатанности частиц сопротивление движению воды в порах возрастает, а коэффициент фильтрации может уменьшаться более чем в 100 раз.

Согласно опыту полевых испытаний известно, что с уменьшением степени водонасыщения возможность динамического разжижения сильно падает. Песчаные грунты с незначительным объемным содержанием воздуха при импульсных динамических воздействиях интенсивно разжижались. Однако те же самые грунты, содержащие защемленный воздух в больших количествах, при идентичных импульсных воздействиях не переходили в состояние динамического разжижения.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru