

Лекция 2 – Механические свойства грунтов

Под механическими свойствами грунтов понимают их способность сопротивляться изменению объема и формы в результате силовых (поверхностных и массовых) и физических (изменение влажности, температуры и т. п.) воздействий.

Характеристики механических свойств грунтов используются для расчетов деформаций, оценки прочности и устойчивости грунтовых массивов и оснований.

Механические свойства грунтов зависят от их состава (минерального и гранулометрического), физического состояния (плотности, влажности, температуры) и структурных особенностей.

2.1. Деформируемость грунтов

Под действием нагрузок, передаваемых сооружением, грунты основания могут испытывать большие деформации.

Рассмотрим зависимость осадки штампа s от возрастающего давления p (рисунок 2.1. а, б).

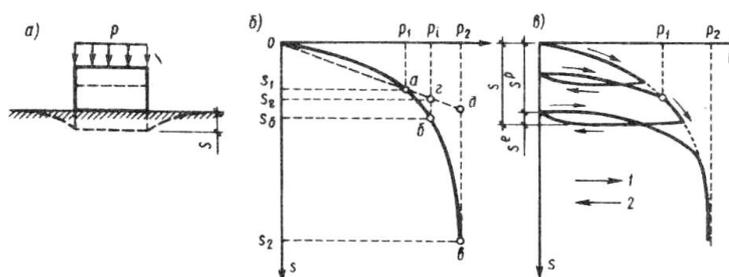


Рисунок 2.1 - Схема опыта (а) и графики зависимости осадки штампа от давления по подошве p при нагружении (б) и при нагружении-разгрузке (в)

На рисунке 2.1б видно, что грунтам свойственна нелинейная деформируемость, причем в некотором начальном интервале изменения напряжений от 0 до P_1 она достаточно близка к линейной.

При нагружении и последующей разгрузки штампа общая осадка грунта может быть разделена на восстанавливающуюся (упругую) s^e и остаточную (пластическую) s^p (рисунок 2.1в).

Пластические деформации в грунтах можно разделить на объемные и сдвиговые. Объемные деформации приводят к изменению объема пор в грунте, т.е. к его уплотнению, сдвиговые – к изменению его первоначальной формы и могут вызвать разрушение грунта.

Компрессией называется одноосное сжатие образца грунта вертикальной нагрузкой при условии отсутствия его бокового расширения. Испытания проводят в компрессионном приборе – одомере (рис. 2.2.).

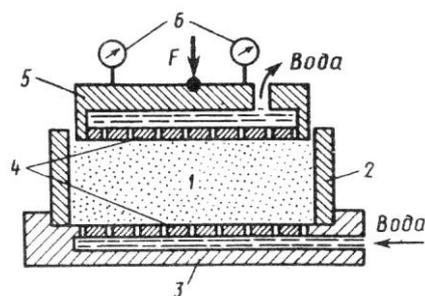


Рисунок 2.2 – Схема одометра компрессионного прибора

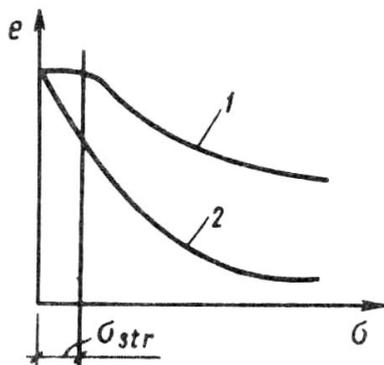


Рисунок 2.3 – Компрессионные кривые грунта ненарушенной (1) и нарушенной (2) структуры

Под действием возрастающей нагрузки F происходит вертикальное перемещение штампа, вызывающее осадку образца. Деформации уплотнения образца грунта происходят вследствие уменьшения объема пор за счет более компактного размещения частиц, возникновения взаимных микросдвигов частиц, уменьшения толщины водно-коллоидных плёнок и сопровождаются отжатием воды из пор грунта.

По результатам испытаний строится компрессионная кривая - зависимость коэффициента пористости грунта от сжимающего напряжения (рис. 2.3.).

Форма компрессионной кривой определяется наличием или отсутствием структурной прочности, обусловленной связями между частицами грунта и придающие скелету грунта способность выдерживать некоторую нагрузку до начала разрушения его каркаса.

При небольшом изменении сжимающих напряжений (порядка 0,1...0,3 МПа) уменьшение коэффициента пористости грунта пропорционально увеличению сжимающего напряжения.

Коэффициент сжимаемости m_0 , кПа^{-1} :

$$m_0 = (e' - e'') / (\sigma'' - \sigma'). \quad (2.1)$$

Относительный коэффициент сжимаемости m_v , кПа^{-1} :

$$m_v = m_0 / (1 + e'). \quad (2.2)$$

Модуль деформации грунта E , кПа:

$$E = \frac{\beta}{m_v} = \frac{1 + e'}{m_0} \beta. \quad (2.3)$$

где β зависит от коэффициента бокового давления грунта ξ :

$$\beta = \left(1 - \frac{2 \cdot \xi^2}{1 + \xi} \right), \quad (2.4)$$

$$\xi = \nu / (1 - \nu), \quad (2.5)$$

где ν – коэффициент Пуассона

При небольших изменениях давлений (0,3-0,5 МПа) можно рассматривать грунты как линейно деформируемые тела, т. е. с достаточной для практических целей точностью можно принимать зависимость между общими деформациями и напряжениями для грунтов линейной.

2.2. Водопроницаемость грунтов.

Водопроницаемостью называется свойство водонасыщенного грунта под действием разности напоров пропускать через свои поры сплошной поток воды.

Рассмотрим схему фильтрации воды в элементе грунта.

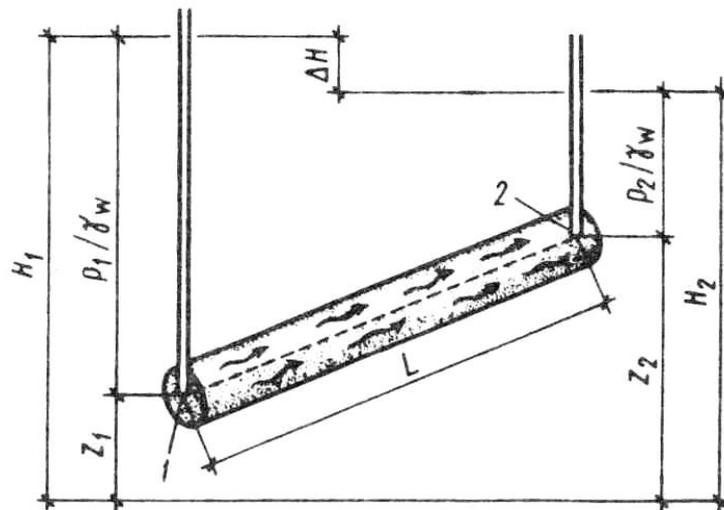


Рисунок 2.4 - Схема фильтрации воды в элементарной трубке грунта

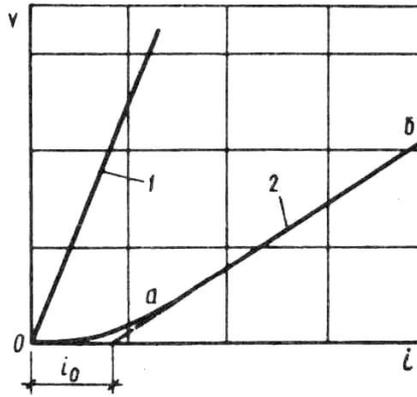


Рисунок 2.5 - Зависимость скорости фильтрации в грунте от гидравлического градиента

Напор в любой точке движущегося потока воды H определяется выражением:

$$H = p/\gamma_w + z + v^2/(2 \cdot g) \approx p/\gamma_w + z, \quad (2.6)$$

где p/γ_w - пьезометрическая высота (z - давление в воде; γ_w - удельный вес воды); z - высота рассматриваемой точки над некоторой горизонтальной плоскостью сравнения; $v^2/(2g)$ - скоростной напор (v - скорость движения воды в потоке; g - ускорение свободного падения).

Скорость фильтрации, учитывая сложную неоднородную структуру порового пространства грунтов и наличие пленок связанной воды у частиц глинистых грунтов, не может быть определена через расход воды и площадь сечения элементарной трубки грунта.

Экспериментально ученым Дарси было установлено, что скорость фильтрации прямо пропорциональна разности напоров ($\Delta H = H_1 - H_2$) и обратно пропорциональна длине пути фильтрации L :

$$v = k \cdot \frac{\Delta H}{L} = k \cdot i, \quad (2.7)$$

где i - гидравлический градиент (градиент напора); k - коэффициент фильтрации (основная фильтрационная характеристика грунта).

Закон ламинарной фильтрации Дарси: скорость движения воды в грунте прямо пропорциональна гидравлическому градиенту.

Закон Дарси справедлив для песчаных грунтов. В глинистых грунтах при относительно небольших значениях градиента напора фильтрация может не возникать. Постоянный режим фильтрации устанавливается после определенного значения i_0 , называемого начальным градиентом напора (рис. 2.5.).

Закон ламинарной фильтрации для глинистых грунтов принимают в виде:

$$v = k' \cdot (i - i_0), \quad (2.8)$$

где k' - коэффициент фильтрации глинистого грунта, определяемый в интервале зависимости между точками а и б;

2.3. Прочность грунтов.

Под прочностью грунтов понимается их свойство в определенных условиях сопротивляться разрушению или развитию больших пластических деформаций.

Кулоном Ш. экспериментально было установлено, что разрушение грунта происходит за счет сдвига одной его частицы по другой. Сопротивление сдвигу песчаных и крупнообломочных грунтов возникает в результате трения между перемещающимися частицами и зацепления их друг за друга. В глинистых грунтах, за счет водно-коллоидных связей помимо трения между частицами возникает сцепление, обуславливающее сопротивление растяжению при разрушении.

Сдвиговой прибор (рис. 2.6.) позволяет при различных заданных нормальных напряжениях определить предельные сдвигающие напряжения, возникающие в момент разрушения образца грунта. Сдвиг (разрушение) образца грунта производится по фиксированной плоскости среза.

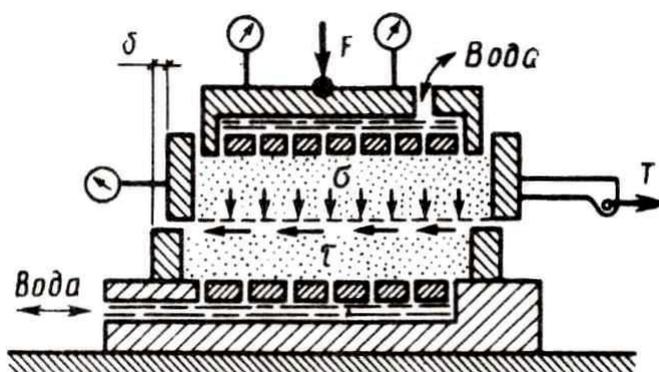


Рисунок 2.6 - Схема сдвигового прибора

2.4. Полевые методы определения параметров механических свойств грунтов.

В тех случаях, когда сложно или невозможно отобрать образцы грунта ненарушенной структуры для определения деформационных и прочностных характеристик используют *полевые методы* испытаний.

Испытания *пробной статической нагрузкой* для определения модуля деформации грунтов проводятся в шурфах инвентарными жесткими штампами. Модуль деформации определяется по формуле:

$$E = \omega b(1 - \nu^2) p_i / s_i, \text{ где} \quad (2.9)$$

ω - коэффициент, зависящий от формы жесткого штампа; b - ширина или диаметр штампа; ν - коэффициент Пуассона; p_i, s_i - давление и осадка штампа в пределах линейной зависимости кривой на рис. 2.1.б.

Статическое зондирование заключается в медленном задавливании в грунт стандартного зонда. Механические и прочностные характеристики определяются по величине удельного сопротивления погружению зонда q_c .

Динамическое зондирование производится путем забивки в грунт зонда из колонки штанг с коническим наконечником. Основой для определения механических параметров грунта является показатель зондирования N - число ударов, необходимых для погружения зонда на 10 см.