

ПРЕДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА СДВИГУ. УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА (ЗАКОН КУЛОНА)

в рамках общей темы «Основные закономерности механики грунтов»

Основные показатели грунтов, используемые при расчётах предельной прочности и устойчивости грунтов, а также при расчете давления грунтов на ограждения могут быть получены в результате изучения сопротивляемости грунта сдвигу, обусловленной в сыпучих телах – внутренним трением, а в связных грунтах – трением и сцеплением.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТА

Если к поверхности грунта основания приложить нагрузку p , в нём возникнет напряженное состояние:

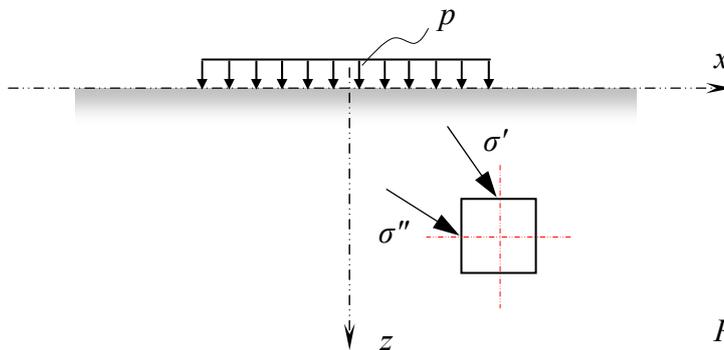


Рис. 1

Полные напряжения по граням элемента σ' и σ'' можно разложить на нормальные составляющие σ_z и σ_x и касательные (сдвигающие) τ (рис. 2,а).

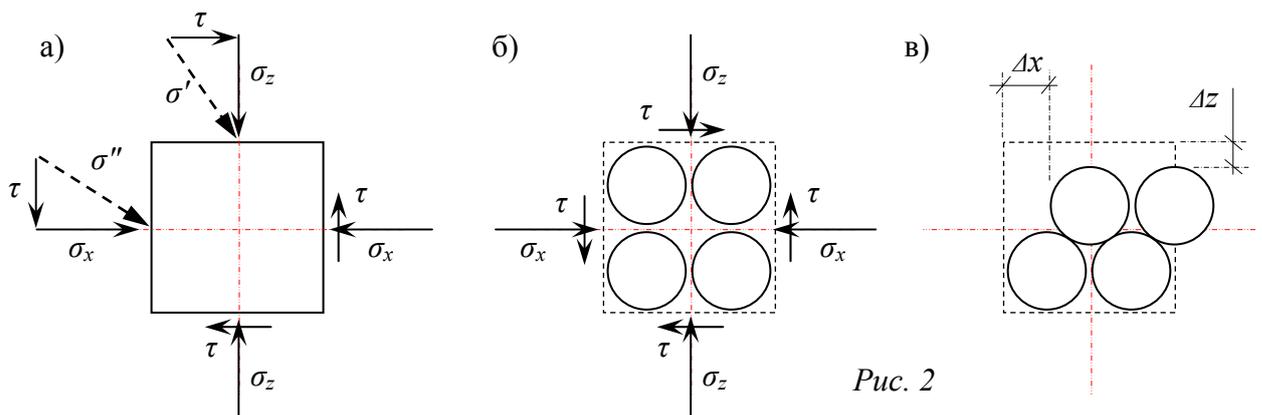


Рис. 2

Нормальные напряжения сжимают элемент, а касательные "перекашивают" (поворачивают) его. Если представить, что элемент состоит из шаровых зёрен грунта, связанных в точках контакта, то нормальные напряжения сжимают зёрна и усиливают связи между ними, а касательные стремятся вызвать относительный сдвиг зёрен, т.е. разрушить грунт (рис. 2,б).

В том случае, когда касательные усилия превзойдут сопротивление зёрен в точках контакта, произойдет относительный сдвиг частиц (Δx и Δz на рис 2,в). Эти деформации являются необратимыми и свидетельствуют о разрушении грунта в данной точке. Причиной разрушения являются касательные напряжения τ , которые превзошли величину внутреннего сопротивления грунта сдвигу.

ВНУТРЕННЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА СДВИГУ

Внутреннее сопротивление грунта сдвигу происходит в результате действия сил трения между частицами и сцепления между ними:

1. Силы трения. Характеризуют внутреннее сопротивление в идеально сыпучих телах (чистые пески). Трение возникает в точках контакта частиц и зависит от многих факторов, среди которых основными являются:

- минеральный состав грунта;
- величина зёрен грунта;
- форма зёрен (окатанная, пластинчатая, игольчатая);
- состояние поверхности (округлая, угловатая);
- плотность грунта, степень водонасыщенности и др.

Показатель, характеризующий внутреннее трение в грунтах – это **угол внутреннего трения** (обозначается символом φ , измеряется в градусах).

2. Силы сцепления. Характеризуют сопротивление структурных связей всякому перемещению связываемых ими частиц, независимо от величины внешнего давления. Сцепление (связность) в грунте определяется:

- наличием капиллярного давления в грунте;
- силами молекулярного притяжения между частицами грунта;
- наличием в грунте вяжущих веществ (известь, минеральные смолы, соли).

Показатель, характеризующий сцепление в грунтах – **удельное сцепление** (обозначается символом c , измеряется в паскалях). Каким образом определить внутреннее сопротивление грунта сдвигу, характеризуемое показателями φ и c ?

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

Сопротивление грунта сдвигу может быть установлено различными способами, среди которых наиболее простым и распространённым является способ испытания образца на прямой сдвиг (срез). Последовательность испытания:

1. Цилиндрический образец грунта помещается в «срезыватель»¹ так, чтобы одна его половина оставалась неподвижной, а другая могла перемещаться горизонтально под действием прикладываемой к ней горизонтальной сдвигающей нагрузки (рис. 3);

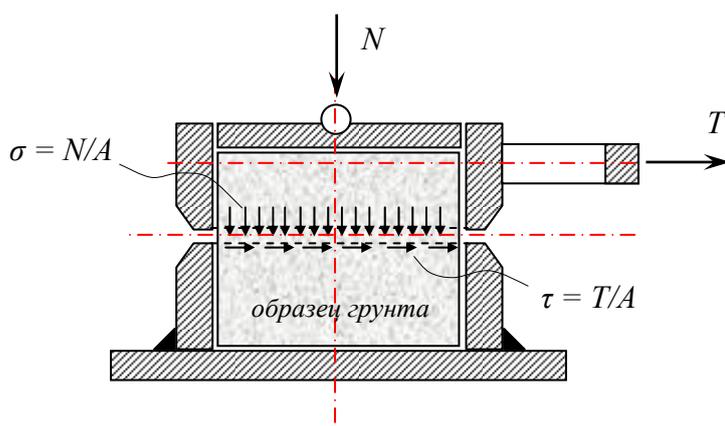


Рис. 3

N – сжимающая сила;
 T – сдвигающая сила;
Площадь поперечного сечения образца - A

2. К образцу прикладывается нормальная к поверхности среза сжимающая нагрузка N ;
3. Сдвигающую касательную к поверхности среза нагрузку T прикладывают к срезывателю ступенями до тех пор, пока не произойдет срез и скольжение одной части грунта по другой;

4. одновременно с приложением нагрузки и во всё время испытания производятся замеры горизонтальных деформаций (смещений) грунта δ (рис. 4);

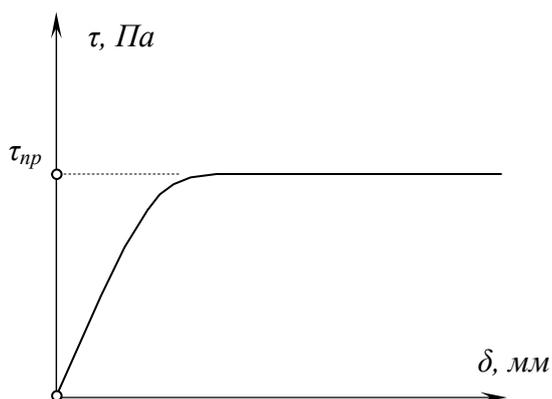


Рис. 4

5. Проводят несколько испытаний на срез (i штук²) при различных значениях вертикальной (сжимающей) нагрузки N . То есть каждой ступени нагрузки σ_i будет соответствовать своё сопротивление сдвигу τ_i .

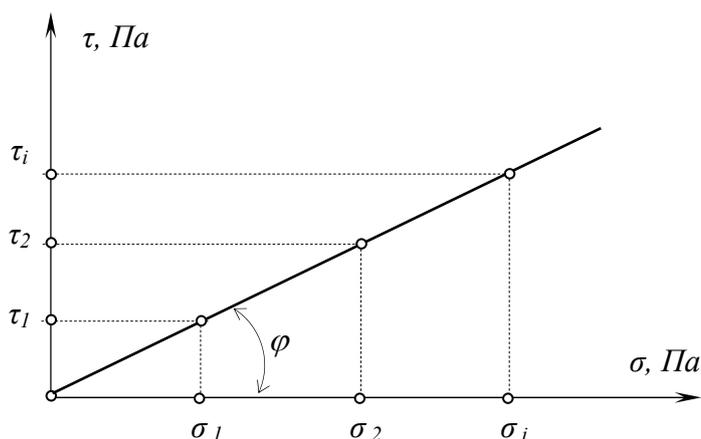
¹ Сдвиговой прибор в виде кольца, разрезанного по горизонтальной плоскости (рис. 3)

² Рекомендуемое количество одноимённых частных определений для каждого образца грунта равно шести испытаниям

6. Данные опытов наносят на график, выражающий зависимость между нормальным напряжением σ и касательным напряжением τ . Опыты показывают, что в общем случае зависимость оказывается линейной.

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ СЫПУЧИХ И СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

1. Для сыпучих грунтов (различного рода пески, крупнообломочные грунты, галечники). Зависимость $\sigma - \tau$ принимается прямой, проходящей через начало координат и наклонной к оси нормальных напряжений σ под углом внутреннего трения φ (рис. 5).



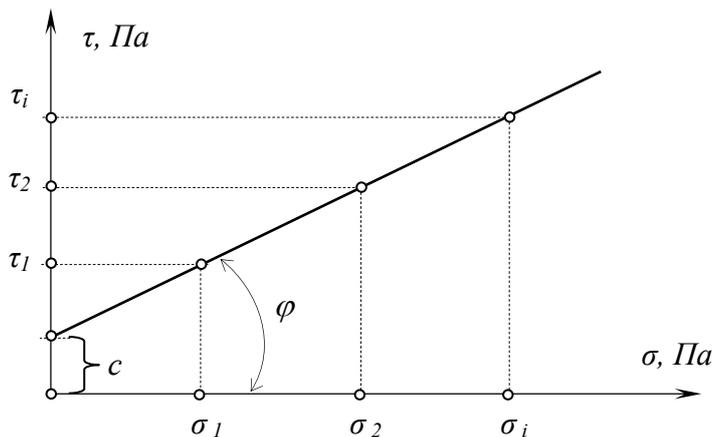
Из графика можно записать следующую зависимость:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Рис. 5

Указанная зависимость – условие прочности грунта (**закон Кулона**) для сыпучих тел: *сопротивление сыпучих грунтов сдвигу есть сопротивление трения, прямо пропорциональное нормальному давлению.*

2. Для связных грунтов (пылевато-глинистые грунты) прямая $\sigma - \tau$ не проходит через начало координат, а отсекает отрезок c на оси τ , так как в связных грунтах, обладающих сцеплением между частицами, при отсутствии нормального давления ($\sigma = 0$) сопротивление грунта сдвигу больше нуля, что обуславливается силами сцепления (рис. 6).



Общее сопротивление сдвигу связного грунта можно выразить уравнением:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$$

Рис. 6

Таким образом, сопротивление связного грунта сдвигу складывается из сопротивления трения, пропорционального нормальному давлению, плюс сцепление, не зависящее от давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛЕКЦИИ:

1. Бартоломей А.А. Механика грунтов: Учеб. издание/ АСВ, Москва, 2004;
2. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах) / Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004;
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов/ Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005;
4. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): Учебник для строит. вузов. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учеб. пособие/ Под ред. Б.И. Далматова; 2-е изд. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ СТУДЕНТАМ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ:

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М.: Стройиздат, 1988;
2. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): Учебник для строит. вузов. – М.: Высш. шк., 1983;
3. Бартоломей А.А. Механика грунтов: Учеб. издание/ АСВ, Москва, 2004;
4. К.З. Игнатенко, Т.Н. Пронкина. Механика грунтов. Методические указания к изучению дисциплины. Владивосток, ДВГТУ, 1997;
5. К.З. Игнатенко, Т.Н. Пронкина. Механика грунтов. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Владивосток, ДВГТУ, 1998.