

УДК 624.13

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АНИЗОТРОПНЫХ ГРУНТОВ

А.С. ВАСИЛЕНКО, А.А. ГАМЕЛЬКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. Кремнев; Н.Н. Вишняков)

*В данной статье рассматривается способ определения прочностных характеристик анизотропных грунтов, в приборе одноплоскостного среза, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.*

**Введение.** Анизотропия — неодинаковость физических (физико-химических) свойств среды по различным направлениям внутри этой среды (в противоположность изотропии). Причиной анизотропии является то, что при упорядоченном расположении атомов, молекул или ионов силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния оказываются неодинаковыми по различным направлениям. [1]

Выделяют два вида анизотропии: природную и искусственную. Природная анизотропия. Баклашов И. В. и Картозия Б. А. в зависимости от размеров элементов структуры грунта выделили пять уровней анизотропии IV-0 порядка. Анизотропия IV порядка проявляется в массиве с направленным расположением дефектов кристаллической решетки минералов (размер дефектов 10-9 – 10-5 м). Признаками анизотропии III порядка являются мелкая внутренняя слоистость, микротрещиноватость и ориентация зерен (размер дефектов — микротрещин 10-5 – 10-1 м). Анизотропия II порядка - внешняя слоистость и макротрещиноватость (размер макротрещин 10-1 – 102 м). Анизотропия I порядка связана с упорядоченным залеганием пород в виде серии блоков, разделенных тектоническими разломами длиной 102 – 104 м. Анизотропию 0 порядка характеризуют крупные тектонические разломы протяженностью 103 – 105 м, разделяющими целые участки литосферы.

Искусственная анизотропия. В современное время в строительстве применяются искусственно создаваемые массивы грунта: различные дамбы, искусственные основания, насыпи - которые обладают приобретенной анизотропией свойств. Анизотропия проявляется в массивах, которые устраиваются с помощью поверхностного и глубинного уплотнения. Как пример, можно упомянуть анизотропию проницаемости противофильтрационного элемента – экрана. Коэффициент фильтрации такого типа элементов в горизонтальном направлении обычно выше, чем по вертикали. В последнее время большое развитие получило армирование грунтовых массивов, которые по своей структуре также будут являться анизотропным массивом [2].

Значительный вклад в изучение свойств грунтов, обладающих анизотропными свойствами, внесли такие ученые Лехницкий С.Г., Бугров А.К., Осипов Ю.Б., Вайтекунене А.И., Соколов Б.А. и др. Ими исследовались анизотропные свойства грунтов и природа возникновения анизотропии. Лехницким были приведены и проанализированы уравнения линейной (упругой) анизотропии среды. Эти уравнения были использованы и применялись к анизотропным грунтам. В качестве модели грунтов, обладающих анизотропией, принимали сплошную линейно-деформируемую анизотропную среду. В этом же направлении работали Савин Г.Н., Вольф К., Буйсчан А.С.

Исследования в России и за рубежом еще в XX веке показали, что грунтовым основаниям присуща анизотропия (неоднородность свойств по разным направлениям). Во многих опытах наблюдались различные показатели фильтрационных, деформационных, прочностных, и других свойств грунтов по разным направлениям. Примерами анизотропных неоднородных грунтов служат ленточные глинистые отложения, лессы и лессовые грунты, торфянистые, мерзлые, солонцеватые и другие разновидности грунтов. Следует отметить, что некоторые полускальные и скальные основания являются анизотропными. Анизотропия таких пород грунтов проявляется неодинаково по разным направлениям значений трещиноватости [3].

**Ход работы.** Для того чтобы получить данные прочностных характеристик грунта, нами было произведено испытание в приборе одноплоскостного среза, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В качестве примера анизотропного грунта мы использовали глинистый грунт, так как исследуемый грунт имеет ярко выраженную слоистую текстуру и во-вторых, большая часть частиц грунта, располагается большей осью параллельно горизонту. Следовательно, глинистый грунт в можно рассматривать как трансверсально-изотропную среду, в которой прочностные характеристики будут различаться в зависимости от угла наклона плоскости слоистости к плоскости сдвига. Для этого мы определяли прочностные характеристики грунтов в двух направлениях: вдоль и поперек слоистости.

Для проведения испытания в кольцо диаметром 75 мм и высотой 30 мм производится отбор образцов грунта по направлению (вдоль) и поперек слоистости. После того как образец грунта был отобран в кольцо его помещают в специальный прибор, для предварительного уплотнения. Далее испытания грунта производятся в сдвиговом приборе с использованием программного комплекса АСИС. Комплекс

представляет собой совокупность устройств силового нагружения и управления давлением, приспособлений для испытаний образцов при различных видах напряжённого состояния, измерительной системы АСИС, а также программного обеспечения на базе ПЭВМ. Испытания проводились по консолидированно-дренированной схеме. Образцы, отобранные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, подвергались сдвигу по фиксированной плоскости при вертикальной нагрузке 0,1 и 0,2 МПа. Полученные данные обрабатывали в Excel, там же строили графики (рисунок 1).

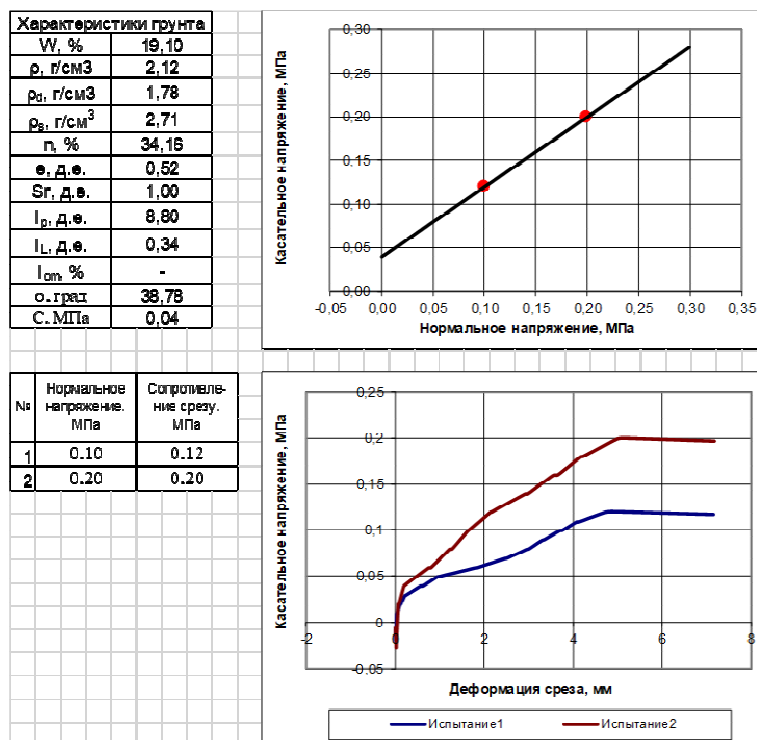


Рисунок 1. – Обработка данных

В ходе испытаний установлено, что сопротивление сдвигу поперек слоистости ленточных глин существенно выше, чем вдоль слоистости при равных значениях деформаций среза. Так в первом случае сдвиг одной части грунта относительно другой произошел при значении касательных напряжений равных 0,2МПа, во втором случае -0,12МПа.

Можно предположить, что при сдвиге грунта по поверхности наклонной к плоскости анизотропии значения предельных касательных напряжений будут лежать области между линиями 1, 2 рисунок 1. Данное положение требует дальнейшего практического подтверждения в ходе планируемых дополнительных исследований.

В ряде научных статей и монографиях П.Л. Иванова приводится зависимость изменения прочностных характеристик грунтов в зависимости от ориентации плоскости сдвига по отношению к плоскости анизотропии в виде [4]:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \phi_{\alpha} &= \operatorname{tg} \phi_1 + (\operatorname{tg} \phi_2 - \operatorname{tg} \phi_1) \sin^2 \alpha \\ c_{\alpha} &= c_1 + (c_2 - c_1) \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

где  $\alpha$  – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости;  
 $c_1$  – характеристики прочности при сдвиге по направлению слоистости (вдоль плоскости изотропии);  
 $c_2$  – то же при сдвиге поперек слоистости (поперек плоскости изотропии).

Однако экспериментальных подтверждений данной зависимости нам установить не удалось.

**Закключение.** Большинство грунтовых отложения, вследствие своего осадочного происхождения, как правило, обладают анизотропией механических свойств, в том числе и прочностных. Сопротивление грунта сдвигу при различной ориентации плоскости сдвига по отношению к плоскости анизотропии может отличаться почти на 100%. При ориентации плоскости анизотропии отличной от двух ортогональных (поперек и вдоль) прочностные характеристики грунта будут лежать в пределах значений, полученных при испытании вдоль и поперек слоистости. Данное положение требует дальнейшего экспериментального подтверждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фэндом. Наука. Анизотропия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://science.fandom.com/ru/wiki/Анизотропия>. – Дата доступа: 29.09.2022.
2. Исследование причин анизотропных свойств природных грунтов / Бобешко Е.С., Захарова М.С., Сычкина Е.Н. // Строительство и архитектура – Выпуск №5. – С. 1-7.
3. Анизотропные фундаменты мелкого заложения / Баданин А. Н., Демченко Ю.К. // Строительство уникальных зданий и сооружений – 2014. – №3 (18). – С. 118–124.
4. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с.