

Испытания методом многоплоскостного среза и простого сдвига



Испытания методом многоплоскостного среза на протяжении нескольких десятилетий применяются в мировой практике геотехнических исследований. Тем не менее, в нашей стране метод до сих пор не нашел широкого применения. Новая статья из цикла о лабораторных методах испытаний дисперсных грунтов посвящена данному методу, который мог бы заменить более привычные испытания одноплоскостного среза, о которых мы рассказывали ранее.

Мирный Анатолий Юрьевич

Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.т.н.

Идрисов Илья Хамитович

Генеральный директор ООО «НПП «Геотек», к.т.н.

Простота и надежность конструкции предопределили широкое применение приборов одноплоскостного среза в практике инженерно-геологических изысканий в нашей стране. Тем не менее, у конструктивно фиксированной поверхности среза есть ряд недостатков. О некоторых из них, связанных с проведением испытания, мы рассказывали ранее. Но при обработке результатов часто приходится сталкиваться со значительным разбросом значений предельного сопротивления сдвигу, в первую очередь в образцах с крупными включениями.

Разрушение любого неоднородного материала будет происходить по наиболее энергетически выгодному пути. И если на конструктивно заданной плоскости среза окажется некоторое включение с высокой прочностью, то поверхность скольжения будет его огибать. Результатом такого частного опыта будет завышенное частное значение

предельного сопротивления сдвигу, что затрудняет последующую статистическую обработку: часть испытаний приходится отбраковывать, и расчетные значения параметров сопротивления сдвигу снижаются относительно нормативных.

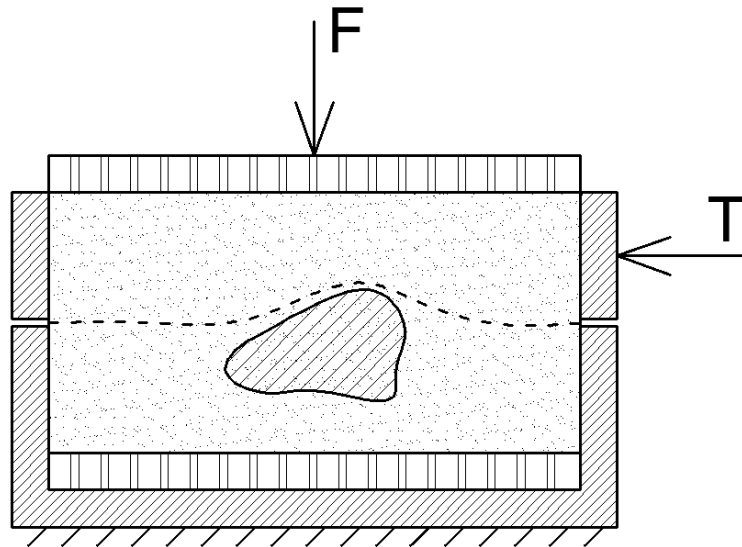


Рис. 1. Искажение формы поверхности скольжения при наличии крупных включений в образце

Данного недостатка лишены приборы многоплоскостного среза, в которых не зафиксировано конструктивно положение поверхности среза, ее положение будет определяться неоднородностью строения образца. Это позволяет повысить качество определения параметров в неоднородных грунтах (например, моренных и крупнообломочных) или структурно-анизотропных грунтах с выраженной слоистостью (поверхность среза пройдет в наиболее слабом слое).

В зарубежной литературе такие испытания известны под названием «direct simple shear - DSS» (в дословном переводе - «прямой простой сдвиг»). Тем не менее, для русскоязычного специалиста данный термин недостаточно точен. Из курса сопротивления материалов известно, что *сдвигом* называется такой вид деформации, при котором в любом поперечном сечении действует только поперечная сила. В случае, если в двух сечениях, расстояние между которыми пренебрежимо мало, действуют разносторонне направленные силы (как при резке ножницами), возникает *срез* по, фактически, единой плоскости. Если увеличить расстояние между рассматриваемыми сечениями, то между ними будет наблюдаться *перекашивание*, изменение величин углов. При этом формируется бесконечное множество плоскостей среза. Такая ситуация называется «*простым сдвигом*», касательные напряжения действуют только на двух противоположных гранях элементарного объема, а остальные грани свободны от напряжений. Наконец, существует понятие «*чистого сдвига*», когда по всем граням элементарного объема действуют касательные напряжения, но такие испытания для грунтов обычно не проводятся.

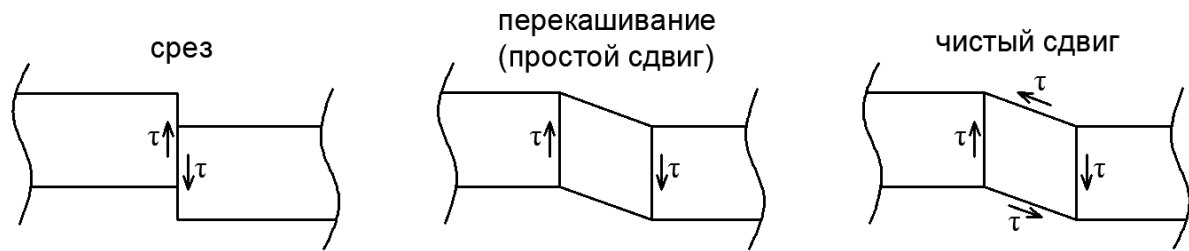


Рис. 2. Схемы возникновения среза, простого сдвига и чистого сдвига

В случае изотропного сплошного тела при перекашивании (простом сдвиге) взаимное смещение каждой двух соседних сечений в пределах рассматриваемого участка будет одинаковым. Однако для грунтов с неоднородностями строения (и, как следствие, жесткости и прочности) взаимное смещение отдельных сечений необязательно будет одинаковым, если между ними отсутствует жесткая кинематическая связь. Таким образом, большинство приборов простого сдвига на самом деле таковыми не являются - их правильнее было бы называть приборами многоплоскостного среза.

Приборы многоплоскостного среза, как и ранее рассмотренные одноплоскостные, могут использовать схемы с подвижной верхней или нижней кареткой. Однако каретки не касаются друг друга непосредственно, между ними размещена стопка тонких полированных колец. Образец, имеющий форму цилиндра, помещается в эластичную оболочку внутри колец - оболочка необходима для исключения расклинивания стопки. В начале испытания кольца располагаются строго вертикально, в ходе приложения нагрузки происходит взаимное смещение колец, совершенно не обязательно одинаковое. Фактически, между каждой парой колец может образоваться отдельная поверхность скольжения. Такая конструкция позволяет нивелировать влияние неоднородностей строения образца. Обработка испытаний выполняется полностью аналогично приборам одноплоскостного среза.

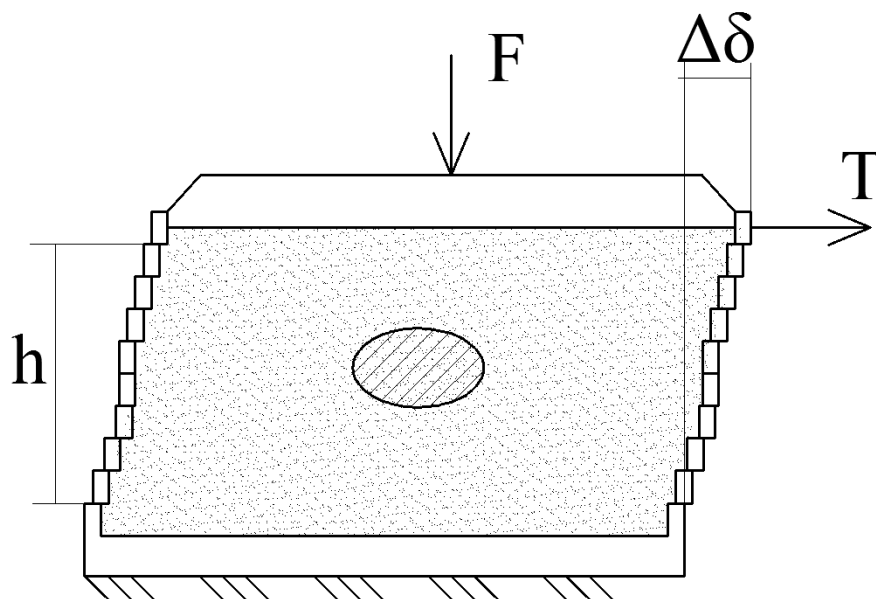


Рис. 3. Неравномерное смещение отдельных колец прибора, вызванное наличием жесткого включения в образце

Тем не менее, существуют и конструкции, реализующие строгий простой сдвиг, то есть обеспечивающие равное взаимное смещение отдельных слоев образца. Этого можно добиться путем введения дополнительной кинематической связи между отдельными кольцами в стопке. ООО НПП «Геотек» при разработке использует именно этот принцип. За рубежом так же известна конструкция, разработанная в Норвежском геотехническом институте (NGI) L. Vjerrum и A. Landva (1966). В качестве внешних стенок авторами использовалась эластичная мембрана, армированная металлической спиралью. Таким образом, каждый отдельный виток выполнял функцию одного из колец в стопке, а спираль обеспечивала кинематическую связь между отдельными витками. У каждой конструкции есть свои достоинства и недостатки, которые рассматриваются в специальной литературе. Независимо от способа реализации, данные приборы по многим параметрам превосходят приборы одноплоскостного среза, в частности, обеспечивают хорошую повторяемость опытов для грунтов неоднородного строения и позволяют реализовать недренированный режим испытания с измерением порового давления за счет использования эластичной мембраны. Помимо определения параметров сопротивления сдвигу, их можно использовать для недренированных испытаний, определения угла дилатансии, динамических испытаний. О дополнительных возможностях данного семейства приборов мы расскажем в следующей публикации.

ООО НПП «Геотек» предлагает несколько видов оборудования в составе комплексов «АСИС Про» и «АСИС Спец», реализующие многоплоскостной срез и простой сдвиг. Данное оборудование изготавливается для различных размеров образцов, вплоть до крупнообломочных. Все оборудование обеспечивает автоматизированный режим испытания с возможностью статического и кинематического приложения нагрузки. Более подробную техническую информацию можно получить у специалистов компании или на сайте www.npp-geotek.ru.

Список литературы

- Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010. М.: Прондо, 2014.
- ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
- ASTM D6528 - 17. Standard Test Method for Consolidated Undrained Direct Simple Shear Testing of Fine Grain Soils.
- Vjerrum, L., Landva, A. Direct simple-shear tests on a Norwegian quick clay, *Géotechnique*, 16(1), 1966.