

Мирный Ю.А., Идрисов И.Х. Испытания трехосного сжатия крупнообломочных грунтов



Вопрос определения механических свойств крупнообломочных грунтов по-прежнему остро стоит в практике отечественных и мировых инженерных изысканий. Наличие крупных включений не позволяет применять стандартные приборы, что требует разработки специализированного оборудования и особых методик. В то же время недооценка свойств данных грунтов приводит к дополнительным экономическим затратам и неэффективному использованию основания.

Новая статья о лабораторных методах испытаний рассказывает об испытаниях трехосного сжатия крупнообломочных грунтов.

грунтов по гранулометрическому составу относятся дисперсные грунты с содержанием частиц крупнее 2 мм более 50%. Под это определение попадает большое количество грунтов природного и техногенного происхождения, встречающихся повсеместно. Но наличие крупных включений существенно усложняет непосредственное определение свойств данных грунтов, как полевыми, так и лабораторными методами. Зачастую, свойства определяют по мелкодисперсному заполнителю – для песчаного заполнителя это приводит к занижению жесткости, а для пылевато-глинистого вообще не позволяет учесть связность, ведь заполнитель оказывается нарушенного сложения. С формальной точки зрения данный подход допустим только при содержании заполнителя более 40% по массе, однако и в данном случае 60% более жестких крупных частиц не учитываются в расчете.

Эта задача чаще рассматривалась специалистами в области гидротехнического строительства, но обычно исключительно по отношению к местной породе, предполагаемой к использованию в качестве материала плотины. Другой областью, требующей определения механических свойств крупнообломочных грунтов естественного и искусственного происхождения,

являются отвалы пустых пород и планировочные насыпи. Таким образом, вопрос определения механических параметров крупнообломочных грунтов в области гражданского строительства изучен крайне слабо.

В настоящее время прямые методы определения механических параметров крупнообломочных грунтов не распространены. Вместо них используются результаты, полученные с помощью методики ДальНИИС Госстроя СССР, однако авторы методики ограничивают ее применение классами КС1 и КС2 (II и III уровнями ответственности по устаревшей классификации). Необходимо отметить, что в СП 446.1325800.2019 указана возможность использования данного документа.

Прямые лабораторные методы определения параметров крупнообломочных грунтов применялись в отдельных случаях при проектировании гидротехнических сооружений и объектов атомной энергетики. Приборы для компрессионных, сдвиговых и трехосных испытаний образцов диаметром до 600 мм имелись в институтах Гидропроект и ВНИИГ им. Веденеева. В частности, авторским коллективом института Гидропроект при участии Ю.К. Зарецкого были разработаны рекомендации по проведению и интерпретации результатов подобных испытаний. В настоящее время подобные испытания в нашей стране, по сведениям авторов, не выполняются, либо выполняются крайне редко.

Лабораторное определение механических параметров крупнообломочных грунтов с песчаным и пылевато-глинистым заполнителем целесообразно выполнять в приборах трехосного сжатия. Однако в связи с наличием крупных фракций для проведения испытаний необходимы камеры, предназначенные для образцов значительного размера. В соответствии с ГОСТ 12248 диаметр образца должен быть не менее 6 диаметров самого крупного включения. При этом абсолютные размеры образца в ГОСТ не оговариваются, что позволяет использовать любое оборудование в рамках данного нормативного документа.

ООО НПП «Геотек» предлагает приборы трехосного сжатия, включающие в себя комплект из кинематического нагрузочного устройства с максимальным осевым усилием 500 кН, нагнетателя бокового давления с максимальным давлением 2 МПа, блоков управления, камеры трехосного сжатия типа "А" для образцов высотой 600 мм и диаметром 300 мм и персонального компьютера. Один из них в 2015 году был поставлен в лабораторию НОЦ «Геотехника» НИУ МГСУ. Несмотря на нестандартные технические параметры, связанные со значительными размерами образца, абсолютными значениями перемещений и вертикальных усилий, данное оборудование соответствует общим требованиям к составу, конструкции, измерительным устройствам и тарифовке установок для испытания грунтов методом трехосного сжатия ГОСТ 12248. Тем не менее, значительные размеры образца вносят особенности в проведение испытания.

Площадь сечения образца составляет 0,07 м², вследствие чего нагрузочное устройство должно развивать значительное усилие для создания напряжений, достаточных для разрушения образца даже при сравнительно небольших значениях бокового обжатия. Это, в свою очередь, приводит к росту требований к прочности материалов и собственным деформациям нагрузочного устройства. Кроме того, для достижения 15% относительных вертикальных деформаций ход штока должен составлять не менее 90 мм. Эти параметры накладывают ограничения на механизм нагрузочного устройства, не позволяя использовать пневматические и рычажные системы. В данной установке реализован электромеханический привод штока с помощью шагового двигателя.

Измерение радиальных и объемных деформаций представляет значительную сложность. Качество образца признается удовлетворительным в случае, если объемные деформации за этап реконсолидации не превышают 4%. Так как объем образца составляет 42 л, то в абсолютных величинах таким деформациям соответствует объем 1,7 л. Такие значения делают невозможным применение дифференциальных датчиков для измерения объема вытесненной жидкости. В связи с этим для создания давления в камере используется нагнетатель объемом 4,2 л. Отметим, что для искусственно изготовленных образцов этого объема иногда оказывается недостаточно, в ходе испытания приходится пополнять нагнетатель и корректировать изменение объема при обработке результатов.

Аналогично, значительный объем камеры прибора (около 100 л) приводит к собственным объемным деформациям, соизмеримым с объемными деформациями образца. В ходе тарировки с металлической болванкой вместо образца установлено, что собственные деформации камеры и жидкости в ней составляют около 0,8 л, из которых только 80мл приходится на сжимаемость жидкости.

Большую сложность представляет дегазация такого объема жидкости и полное удаление пузырьков воздуха из камеры. Однако при обработке результатов испытаний по ГОСТ 12248 необходимо в качестве начального объема образца принимать объем на этапе завершения консолидации. Таким образом, решающее значение имеет качество измерения изменения объема на этапе девиаторного нагружения. Так как величина давления в камере при этом поддерживается постоянной, то собственная сжимаемость жидкости на данном этапе не оказывает влияния на результат измерения. Из этого не следует, что при проведении испытаний можно пренебречь дегазацией жидкости и вакуумированием всех каналов, но качество измерения можно считать удовлетворительным, ведь собственные объемные деформации жидкости при максимальном давлении составляют всего 80 мл.

Данное оборудование успешно применялось на многих объектах гидротехнического, атомного и промышленного строительства. Так же выполнялось сравнение различных методик определения механических параметров крупнообломочных грунтов, показавшее, что эмпирические методы ни в коем случае не могут заменить непосредственных испытаний.

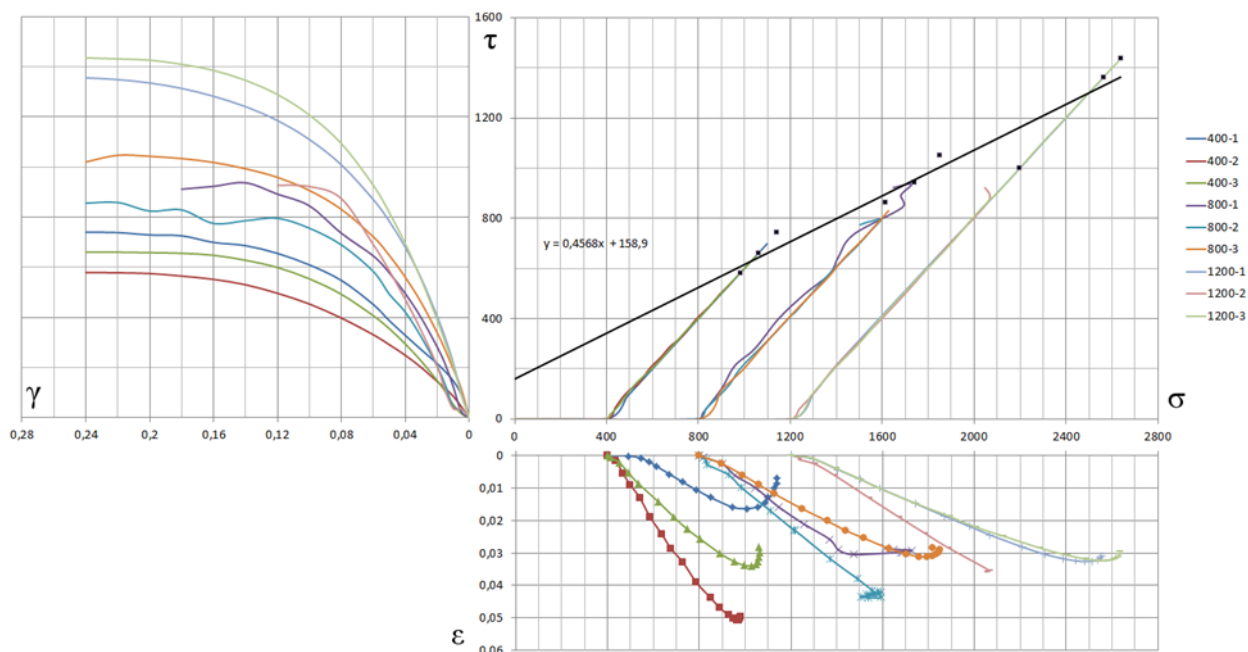


Рис. 1. Пример паспорта прочности крупнообломочного грунта

Прямые трехосные испытания крупнообломочного грунта позволили получить все механические характеристики грунта, при этом по результатам статистической обработки получена хорошая сходимость результатов. Зачастую наблюдается высокое значение сцепления, что объясняется зацеплением, характерным для крупнообломочных грунтов. Кроме того, данный способ определения – единственный, позволяющий определить коэффициент Пуассона крупнообломочного грунта, который существенным образом влияет на формирование горизонтальных напряжений в массиве грунта. Некоторым недостатком данного метода является значительный размер образцов и сложности с их транспортировкой, и, как следствие, более высокая стоимость опыта. В то же время, уточнение прочностных характеристик повышает окупаемость данного вида изысканий за счет более экономичных проектных решений.

ООО НПП Геотек» предлагает автоматизированный испытательный комплекс «АСИС Про» для осесимметричных трехосных испытаний образцов крупнообломочного грунта диаметром до 300 мм. В состав комплекса входят камеры типа «А» для создания трехосного напряженного состояния, а также необходимое оборудование для создания вертикального силового воздействия, управления камерным и противодавлением. Испытания проводятся в автоматизированном режиме с контролем всех параметров испытания в режиме реального времени. По специальному заказу могут быть изготовлены камеры под образцы другого размера.

Список литературы

ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.

СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.

СП 23.13330.2018. Основания гидротехнических сооружений.

СП 446.1325800.2019. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.

Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. Пенза: ПГУАС, 2008, 696с.

Гольдин А.Л., Рассказов Л.Н. Проектирование грунтовых плотин. М.: АСВ, 2001, 276с.

Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. ДальНИИС Госстроя СССР, Москва, 1989.

Рекомендации по определению деформационных материалов крупнообломочных материалов плотин испытаниями на приборе ПТС-300. Министерство энергетики и электрификации СССР. – Москва, 1982.