

Лабораторные испытания грунтов: как экономия и некомпетентность приносят миллионные убытки?

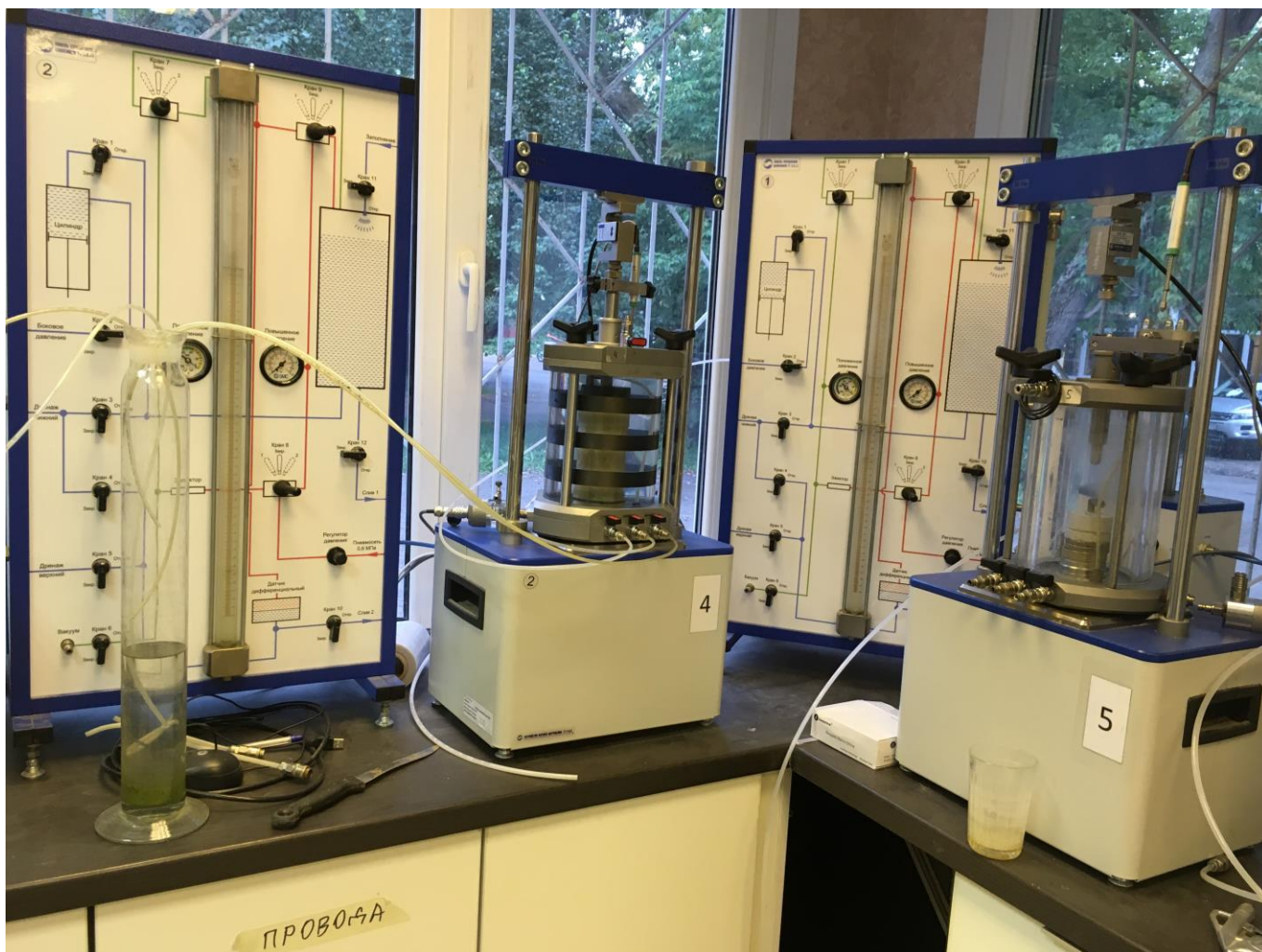


Фото из лаборатории ООО «Петромоделлинг Лаб»

Лабораторные испытания грунтов являются важнейшей частью инженерно-геологических изысканий для строительства. Именно на этом этапе специалисты получают большинство данных, необходимых для дальнейших расчетов.

Сравнительно невысокая стоимость лабораторных исследований и возможность выполнения большого числа повторений позволяют легко исключить аномальные результаты и обеспечить надежный результат. Но зачастую пренебрежительное отношение к планированию и выполнению данных работ влечет за собой колоссальное удорожание проекта, а иногда даже приводит к аварийным последствиям.

Автор приводит многочисленные примеры из своей практики, на которые стоит обратить внимание заказчикам работ. Ведь торопятся все, а в результате получаются данные, приводящие к огромным проблемам или перерасходам средств. Которых бы не было, не стремись заказчик или исполнитель к оптимизации сроков и качества работы.

Анатолий Мирный

Руководитель проекта «Независимая геотехника»

Не секрет, что наиболее достоверными способами определения расчетных параметров грунтов считаются полевые методы. Штамп, прессиометр и сдвиг целиков являются ориентирами при выборе значений, казалось бы, по понятным причинам: испытания проходят без нарушения структуры при отборе, транспортировке и хранении, в естественном напряженном состоянии. Остается только один, но очень важный недостаток – стоимость таких опытов.

Именно поэтому лабораторные испытания были и остаются основой статистической достоверности. Сравнительно невысокая стоимость и возможность выполнения большого числа повторений позволяют легко исключить аномальные результаты и обеспечить надежный результат. Но зачастую пренебрежительное отношение к планированию и выполнению данных работ влечет за собой колоссальное удорожание проекта, а иногда даже приводит к аварийным последствиям.

Образец, ты ли это?

Важнейшим условием успешных лабораторных испытаний (и причиной их основного недостатка) является качество используемых образцов. Очевидно, что при извлечении керна из массива, его транспортировке и хранении, а так же при изготовлении образца возникают нарушения его структуры и физических характеристик, которые уже не позволяют рассматривать данный образец как полностью репрезентативный. В целом, строгое следование требованиям ГОСТ 30416 позволяет обеспечить необходимое качество, но, как водится, "дьявол кроется в деталях".

Даже при самом аккуратном и высокотехнологичном отборе на внешней поверхности керна возникают области, где грунт подвергается изменениям. Это может быть смятие, изменение влажности с любым знаком, разрушение естественной структуры. В первую очередь это принципиально для образцов слабых и чувствительных грунтов. Соответственно, при изготовлении образцов для лабораторных испытаний внешние 1-2 сантиметра от керна использоваться не могут - и, тем не менее, все равно используются! Ведь объем отбираемого материала так мал, да еще в теле керна попало крупное включение, и не хватает даже на минимально необходимое количество повторений. Эти же измененные участки керна - уже в состоянии обрезков - используются и для определения физических параметров, что приводит, в первую очередь, к ухудшению консистенции.

Аналогичный результат - ухудшение консистенции - возникает и при принудительном водонасыщении. СП 22.13330.2016 требует определять механические параметры с учетом возможного водонасыщения грунта в ходе эксплуатации сооружения, то есть на основании гидрогеологического прогноза. Но за миллионы лет своего существования при полном водонасыщении грунт приобрел твердую или полутвердую консистенцию. Попытка его принудительного, "дополнительного" водонасыщения приводит к разрушению структурных связей - вплоть до перехода в текучее состояние. Подобных примеров, к сожалению, много, а последствия очевидны: повсеместный переход на свайные фундаменты и неоправданные экономические потери.

Ошибки определения физических характеристик оказывают неожиданно сильное влияние на проектные решения - это связано с методикой выбора коэффициентов условий работы при расчете. Например, при определении расчетного сопротивления для полутвердых глин $\gamma_{c1} = 1,25$, а для мягкопластичных - уже только 1,1. Этих 12% вполне достаточно, чтобы увеличить расчетную ширину фундамента и стоимость проекта. Аналогичные примеры

можно привести и из области проектирования свайных фундаментов, только там цена ошибки обычно еще выше.

Еще более критичные последствия могут вызвать ошибки классификации песчаных грунтов по плотности сложения. Известно, что непосредственное определение плотности сложения выполняется крайне редко, а чаще всего плотность определяется косвенным методом - по данным статического зондирования. Добавим к этому, что и плотность твердых частиц в большинстве лабораторий не определяют, а пишут 2,65-2,67 "по архивным данным". В результате значения коэффициента пористости, определяемые расчетом, не выдерживают никакой критики: пески средней плотности оказываются рыхлыми, и вместо прочного основания заказчик получает головную боль в виде свайного фундамента или закрепления массивов песчаного грунта. Здравому смыслу в этом тоже немного - фактически, проектные решения принимаются на основании параметров, определенных косвенными методами, что допускается только для сооружений КС-1.

Каждой задаче – свое испытание

Дисперсные грунты, в силу своей многофазности и разнообразия, являются одними из наиболее сложных для изучения физических тел. Их сопротивление объемному сжатию и формоизменению имеет различную природу, выражено нелинейно и далеко не всегда взаимосвязано, как в сплошных телах. Именно этим объясняется такое разнообразие методов лабораторных исследований, конструкций приборов, методик проведения опыта.

Но и приборы, и проведение испытаний на них имеют различную стоимость. При этом определяемых механических параметров не так много, буквально три с половиной: угол внутреннего трения φ , удельное сцепление c , модуль деформации E и, изредка, коэффициент относительной поперечной деформации ν . Разница между величинами этих параметров, определенных в различных приборах, в нормативных документах не подчеркивается. А раз нет разницы - зачем платить больше?

По-прежнему в большинстве производственных лабораторий бытует мнение, что трехосное сжатие - это сложно и дорого. Значительно удобнее проводить одноплоскостной срез и компрессионное сжатие. Действительно, для сооружений КС-1 и КС-2, без глубоких подземных частей, на ленточных или плитных фундаментах основной вклад в осадку будет вносить объемное сжатие, прекрасно моделируемое компрессионным испытанием. Но даже его в большинстве случаев выполняют с ошибками, не возвращая образец к бытовому уровню напряжений. А в случае, когда образцы отобраны с глубины несколько десятков метров, конструкция компрессионного прибора уже не позволит воспроизвести бытовое напряженное состояние. Трехосные испытания незаменимы и в случаях, когда необходимо определить параметры деформируемости и сопротивления сдвигу несвязных грунтов - ни один другой прибор не позволяет с высокой повторяемостью изготавливать образцы песчаного грунта заданной плотности и контролировать их водонасыщение.

Тем не менее, компрессионное сжатие тоже нельзя списывать со счетов - этот метод является оптимальным при определении параметров консолидации и переуплотнения. Жаль только, что в ГОСТ испытания на консолидацию изложены настолько путано, что ошибки при оценке первичной и вторичной консолидации встречаются повсеместно. В практике автора был случай, когда ошибка проведения опыта привела к расчетной осадке за счет ползучести более 1 м за срок эксплуатации здания! И это в толще элювия писчего мела! А дело было в том, что продолжительность опыта не достигла даже 4 суток - торопились...

Еще одним излюбленным параметром "оптимизации" является скорость кинематического нагружения при одноплоскостном срезе и трехосном сжатии. Действительно, расчетные значения скоростей получаются такими низкими, что испытания могут длиться неделями, а заказчик, как обычно, торопит. В результате вместо консолидированно-дренированных испытаний получают неконсолидированно-недренированные: угол внутреннего трения падает, сцепление растет. Производительность тоже растет, а вот качество падает.

Тем не менее, в умелых и добросовестных руках комплекс стандартных лабораторных приборов - это мощный инструмент, позволяющий определять свойства любых разновидностей дисперсных грунтов с учетом специфики сооружения. Но недостаточно только провести опыт: его результаты нужно еще интерпретировать.

Гримасы интерпретации

Логика обоснования расчета проста. По единичным опытам определяются частные значения параметров; в качестве нормативного обычно принимается среднее значение из всех повторений; расчетное значение учитывает возможные статистические отклонения в худшую сторону. И зачастую лаборатория является основным источником этих частных значений, а значит, от их качества будет зависеть достоверность всего расчета.

До сих пор отсутствует однозначный метод определения модуля общей деформации по результатам трехосного сжатия - лишь в проекте актуализированного ГОСТ 12248.3 предполагаются какие-то уточнения. В результате модуль деформации может быть каким угодно, все зависит от желания лаборанта. И удивительным образом, обычно он совпадает со значениями, рекомендуемыми Прил. А. СП 22.13330.2016! Конечно, удобнее это списать на "запас надежности", но правильный термин - "волюнтаризм".

Это же касается и параметров сопротивления сдвигу. Многих, даже очень опытных заведующих лабораториями, до сих пор удивляет наличие в песчаных грунтах "сцепления". Но чему здесь удивляться, если речь идет о неоднородном грунте, с высокой плотностью сложения, при больших обжимающих давлениях? Зацепление, возникающее между частицами, приводит к росту сопротивления сдвигу - и до тех пор, пока мы используем условие прочности Мора-Кулона, это будет эквивалентно "сцеплению". Так почему же мы так боимся предоставить для расчета статистически обоснованный результат прямого определения механических параметров?

Еще один немаловажный вопрос - подход к статистической обработке результатов определения сопротивления сдвигу. Традиционно данное определение выполняется "на образец" - то есть по трем-четырем точкам одноплоскостного среза или трехосного сжатия строится прямая линия, определяется пара значений ϕ - c для образца. А далее уже при выделении ИГЭ из данных пар формируются расчетные значения. Но ГОСТ 20522 предлагает и другой способ, при котором все точки наносятся на одну общую диаграмму для ИГЭ. Вместо 3-4 точек их получается 18 и более, в результате влияние отдельных выпадающих значений не так велико, и общая ошибка определения снижается.

Справедливости ради следует отметить, что немалую роль в ошибках интерпретации играет экспертиза. К сожалению, попытки сделать хорошо, а не как обычно, часто встречают непонимание у экспертов. Именно поэтому классические заблуждения про сцепление в песках, возможную величину модуля деформации дисперсного грунта, а также многие другие еще долго будут сохраняться в отчетах об инженерно-геологических изысканиях.

Автор статьи надеется, что ее содержание не обидит кого-либо из членов профессионального сообщества. Зачастую работники грунтовых лабораторий являются

заложниками обстоятельств, общей ситуации в области инженерных изысканий и строительства. Но замалчивание этих проблем не приблизит их решения, и профессиональный долг каждого специалиста - повышать качество своей работы, даже если "так не принято".