

Доктор технических наук, профессор М. В. МАЛЫШЕВ

*Московский ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт
им. В. В. Куйбышева*

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛАБЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ

В слабых водонасыщенных глинистых грунтах большое значение имеет структурная прочность. Она характеризуется тем диапазоном давлений, в пределах которого грунт, испытываемый в одометре, сжимается мало и при превышении которого на компрессионной кривой наблюдается точка перегиба. Как показывают исследования, структурная прочность слабых глинистых грунтов, определенная таким путем, не велика (в абсолютном значении всего несколько десятых $кг/см^2$). Образцы же для испытаний отбираются в пределах сжимаемой толщи, которая составляет обычно от одной до двух ширин фундамента. Таким образом, природное давление получается соизмеримым с величиной структурной прочности и может перекрывать последнюю. Поэтому требует изучения вопрос о воспроизведении природного давления при испытаниях в одометре, так как образцы обычно загружаются не сразу после отбора, а уже после того, как произойдет их разуплотнение после снятия природной нагрузки. Наиболее желательным и правильным было бы проводить испытания по определению структурной прочности глинистых грунтов в полевых условиях, то есть тогда, когда испытываемый грунт не может разуплотниться за счет изменения напряженного состояния вследствие осуществления выработки.

Представляется актуальным вопрос отыскания толщины слоя грунта, слагаемого слабыми водонасыщенными глинистыми грунтами, в пределах которого происходит сжатие грунта. Критерий для определения нижней границы сжимаемой толщи по СНиП П-Б.1.62*, как показали некоторые эксперименты, прове-

денные, например, на оз. Сиваш, для этих грунтов не подтвердился, хотя в ряде случаев он может давать приемлемые с практической точки зрения результаты. Опыты показывают, что сжимаемая толща может быть как более значительно развитой в глубину, чем определенная по рекомендации СНиП, что наиболее характерно для слабых грунтов, так и менее ее, что больше отвечает плотным грунтам. Имеются предложения связать положение нижней границы сжимаемой толщи со структурной прочностью грунтов. Логически это более оправдано, чем применение двадцатипроцентного критерия по СНиП. Однако сразу встает вопрос о способе определения самой структурной прочности, затрагивавшийся выше. И если идти по этому пути, то пока не ясно, как определять сжимаемую толщу в слабо структурированных грунтах, где компрессионная кривая не дает перегиба.

Для слабых глинистых грунтов представляются наиболее характерными нелинейные зависимости, отражающие проявление их механических свойств. Это относится и к описанию фильтрационных и, конечно, деформативных свойств. О нелинейных связях между напряжениями и деформациями в механике грунтов говорилось уже давно. Известные результаты исследований А. И. Боткина [1] были опубликованы им более 30 лет назад. Практическое использование этих закономерностей, значительно расширяющих пределы применимости основных уравнений механики сплошных сред, было весьма затруднено из-за невозможности решения задач, отражающих взаимодействие системы «фундамент—основание». С применением этих закономерностей возможно было решить лишь некоторые простейшие задачи, например, о сосредоточенной силе. Однако, при нелинейных связях между напряжениями и деформациями принцип суммирования, следовательно, интегрирования неприемлем. Наличие новой вычислительной техники открывает большие возможности, однако и здесь необходим поиск методов, позволяющих кратчайшим путем достичь поставленной цели. Недавно была решена задача о круглом жестком штампе на нелинейно деформируемом при сдвиге грунте основания [2]. Объемная сжимаемость считалась линейно зависящей от среднего напряжения. Такое решение следует рассматривать лишь как первый шаг в этом направлении. Однако и он уже принес полезные сведения о том, что в рассмотренных условиях деформация с глубиной затухает значительно быстрее, чем по линейному, упругому решению.

Имея решения задач с различными деформативными параметрами грунта основания, можно выявить закономерности, одной из которых явится зависимость глубины сжимаемой толщи

от параметров задачи, необходимая для применения решений теории линейной упругости для расчета осадки. Тогда можно поставить условие, чтобы осадки в обоих случаях были бы одними и теми же. Это будем прием «приведения» нелинейного решения к линейному по аналогии с применением эквивалентного слоя, предложенного проф. Н. А. Цытовичем [3] для приведения пространственного случая к одномерному. Анализ нелинейного решения позволил также выявить характерные для него изменения в напряженном состоянии по сравнению с линейным решением в сторону большей концентрации напряжений. Связь между осадкой и нагрузкой получена также криволинейной, хотя установленная при этом кривизна выражена не очень резко.

Уместно заметить, что в ряде работ применяются решения теории упругости со ссылкой на практически линейную связь осадки и нагрузки на штамп. Для подтверждения справедливости применения теории упругости это условие будет необходимым, но недостаточным, так как на осадку влияют одновременно два процесса, которые как бы взаимно гасят друг друга, а именно — ускорение оседания с ростом нагрузки за счет развития областей пластических деформаций под краями и замедление ее за счет уплотнения грунта под средней частью фундамента. При этом напряженное состояние в основании может сильно отличаться от упругого, хотя связь между осадкой и нагрузкой, как отмечалось выше, будет близка к линейной.

Осадки зданий и сооружений, возводимых на слабых глинистых грунтах, могут быть значительными по величине. В верхней части сжимаемой толщи при нагружении ее происходит нарушение структуры грунта и, таким образом, в ходе нагружения основание перестает быть однородным, так что его можно было бы в общем рассматривать как неоднородное по глубине основание. Эта неоднородность должна сказаться не только на полных деформациях основания, которые с учетом указанных свойств могут быть определены, пользуясь моделью нелинейно деформируемой среды (о чем говорилось выше), но и на развитии деформаций во времени, что очень важно при проектировании фундаментов на слабых водонасыщенных грунтах. Характеристики грунта, которые мы обычно принимаем постоянными в расчетах, в данном случае превращаются в функции напряженного состояния во времени. В ряде случаев это обстоятельство также должно учитываться. Вопрос о применении некоторых средних значений должен быть рассмотрен особо и должны быть намечены приемы выбора таких средних значений.

Слабые глинистые грунты характерны неоднородностью своих механических свойств — как закономерной, так и слу-

чайной, требующей статистических обобщений. Те характеристики, которые мы получаем, могут иметь значительный разброс как в силу различия свойств отобранных образцов (причем, естественно, большего чем в обычных грунтах), так и в силу особенностей методик испытания и применяемой для этой цели аппаратуры. К сожалению, в части унификации методик испытаний и соответствующих приборов многое пока обстоит неблагоприятно. Хотя имеются необходимые ГОСТы [4], приборы для определения механических свойств грунтов все еще серийно не выпускаются. Должно быть, наконец, выделено предприятие, специализирующееся на изготовлении приборов для испытаний грунтов, и эти приборы должны получить массовое применение. Только в таком случае окажется возможным обобщение изыскательских материалов различных организаций. Для серийного изготовления должны быть разработаны конструкции приборов с учетом лучших отечественных и зарубежных образцов.

Для районов залегания слабых грунтов создание региональных норм будет, видимо, наиболее правильным решением. Это позволит наилучшим образом учесть имеющиеся особенности, связанные с генезисом таких грунтов. Например, вечномерзлые оттаивающие грунты являются весьма слабыми, полностью водонасыщенными сильносжимаемыми грунтами. Специфика этих грунтов не вызывает сомнения и, естественно, что применительно к ним нужно иметь региональные нормы, притом может быть даже не одни, а различные для разных районов. Что касается основных положений, касающихся строительства на слабых грунтах, то они должны войти в самых общих чертах в соответствующую главу СНиП. В то же время излишняя детализация в СНиП'e представляется ненужной: в главе СНиП достаточно привести определение слабых грунтов и указать пределы применимости даваемых положений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боткин А. И. Исследование напряженного состояния в сыпучих и связных грунтах. Известия НИИГ, том 24, 1940.
2. Широков В. Н., Соломин В. И., Малышев М. В., Зарецкий Ю. К. Напряженное состояние и перемещения везомого нелинейно деформируемого группового полупространства под круглым жестким штампом. «Основания, фундаменты и механика грунтов», № 1, 1970.
3. Цытович Н. А. Механика грунтов. Изд. 4-ое, Стройиздат, 1963.
4. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершённой консолидации. ГОСТ 12248-66.