

Повышение прочности слабых грунтов методом предварительной консолидации

Бабаскин Ю.Г., Савуха А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Введение

К слабым относят связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа).

Методы строительства, предусматривающие замену слабых грунтов на устойчивые, увеличивают денежные затраты и трудоёмкость строительного процесса. Использование слабого грунта в качестве основания существенно снижает стоимость, повышает темпы строительства, поэтому отказ от использования слабых грунтов должен быть обоснован технико-экономическим анализом.

Повышение устойчивости земляного полотна

Для повышения устойчивости насыпи против выпирания слабых грунтов в основании предусматривают следующие мероприятия:

- 1) уменьшение собственного веса насыпи, что достигается возведением её из лёгких материалов и пониженной высоты;
- 2) уменьшение коэффициента заложения откосов до 1:5 – 1:10, что снижает касательные напряжения в грунте основания;
- 3) устройство вдоль насыпи берм, которые противодействуют выпиранию грунта;
- 4) прокладка дороги по эстакаде и передача нагрузок на прочный подстилающий грунт через сваи;
- 5) отсыпка насыпи на жесткий настил, равномерно распределяющий давление насыпи на большую площадь и препятствующий неравномерному погружению насыпи в грунт с максимумом в середине;
- 6) уменьшения толщины слабого слоя грунта путем удаления его верхней части;
- 7) предварительное (до отсыпки) осушение основания в случае возможности отвода воды в сторону или с применением иглофильтров. Этим повышаются сцепление и внутреннее трение грунта, а уплотнение

основания под действием собственного веса протекает более быстро;

8) постепенное замедленное возведение насыпи с учетом нарастания прочности слабого грунта по мере его уплотнения с выжиманием воды весом насыпи. Эффективным средством ускорения осадки является устройство вертикальных дрен;

9) предварительная консолидация слабых грунтов.

Консолидация представляет собой процесс развития во времени затухающих деформаций сжатия под действием постоянно приложенной нагрузки. Получение консолидационных параметров необходимо для расчетов осадки во времени при возведении сооружений на глинистых и органических водонасыщенных грунтах (при $S_r > 0,85$).

Консолидацию грунта характеризуют следующие показатели:

1) степень консолидации грунта в данный момент времени, которая определяется отношением величины деформации на данный момент к конечной деформации, когда уплотнение завершилось;

2) период первичной консолидации – время от начала уплотнения до завершения фильтрационного этапа консолидации;

3) коэффициент консолидации, характеризующий скорость процесса уплотнения.

Метод предварительной консолидации является простым и достаточно эффективным методом повышения несущей способности слабого основания.

Постепенное загрузку применяется при использовании временной пригрузки в случаях, когда прочность слабых грунтов в природном состоянии недостаточна для восприятия расчетной нагрузки. Он заключается в назначении определенного режима возведения насыпи, когда консолидация происходит в процессе уплотнения под давлением отсыпаемых слоёв насыпи.

Этот метод наиболее эффективен для интенсивно упрочняющихся слабых грунтов. Наиболее благоприятными являются торфяные грунты. Расчет режима постепенного загрузку слабого основания производится с учетом взаимосвязи показателей влажности, прочности и осадки слабых грунтов. При этом расчетную влажность толщи, соответствующую той или иной величине осадки S_t , устанавливают по формуле:

$$W = W_{нач} - \left(\frac{1,57 \times S_t}{S_{кон}} \right) \times (W_{нач} - W_{кон})$$

где $W_{нач}$ и $W_{кон}$ – влажность грунта;

S_t – осадка за любой момент времени;

$S_{кон}$ – конечная осадка при данной нагрузке.

Как известно консолидационная кривая состоит из четырех участков, каждый из которых отражает этапы консолидации:

- дофильтрационную, для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности;
- фильтрационную за счет выжимания свободной воды;
- фильтрационную за счет выдавливания свободной воды;
- вторичную консолидацию объемной ползучести.

На первом этапе консолидации скорость осадки слабого грунта не связана с возникновением избыточного давления в поровой воде и только при определенном соотношении свойств грунта и величины уплотняющей нагрузки создаются условия для механического отжатия свободной поровой воды, в которой возникает поровое давление.

На втором этапе консолидации на скорость осадки слабого грунта, главным образом, оказывает влияние скорость фильтрации отжимаемой свободной воды, движение которой подчиняется закону Дарси.

На третьем этапе консолидации на скорость осадки слабого грунта существенное влияние оказывает вязкопластическое выжимание связанной воды, движение которой к дренирующей поверхности не подчиняется закону Дарси.

На четвертом этапе консолидации скорость осадки слабого грунта предопределяется вязкопластическим сдвигом частиц (или агрегатов), т.е. вязкой объемной ползучестью. При этом может иметь место весьма незначительное местное выдавливание рыхлосвязанной воды на поверхности грунта, не представляющее собой такого процесса, который бы существенно влиял на интенсивность уплотнения и который необходимо учитывать при прогнозе осадки.

В зависимости от структуры грунта, его начальной влажности и плотности, физико-механических свойств, величины и режима приложения нагрузки, условий дренирования и градиента напора процесс консолидации грунта может состоять из меньшего количества этапов и в различном их сочетании.

Величины ступеней нагружения принимают кратными толщинам слоёв, назначаемым по условиям технологии послойного уплотнения грунтов насыпи.

Также существует метод динамической консолидации, которая заключается в циклическом приложении к поверхности грунта больших нагрузок.

Консолидация грунтов зависит от многих факторов, главными из которых являются химико-минеральный состав грунта, его структурно-текстурные особенности, плотность и влажность, вид обменных катионов, состав и концентрация порового раствора и др. Влияние структурно-

текстурных особенностей на консолидацию в первую очередь обусловлено зависимостью фильтрационных характеристик грунта от его структурных особенностей (дисперсности, открытой пористости, ориентации частиц, характера структурных связей). Особенно сложно происходит консолидация водонасыщенных грунтов. В глинистых грунтах с дальним типом коагуляционных контактов (Na-монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины, илы и др.) скорость консолидации весьма мала, такие грунты характеризуются наименьшими значениями коэффициента консолидации.

Заключение

Метод предварительной консолидации слабых грунтов широко применяется при сооружении земляного полотна на слабых грунтах. Однако этот метод требует дальнейшего совершенствования, на основе применения геотекстильных материалов, а также глубинного закрепления грунтов. Необходимо рассматривать и другие методы повышения прочности слабых грунтов для выбора наиболее оптимального варианта с учетом технико-экономического обоснования. В некоторых случаях для ускорения осадки основания насыпи допускается стадийный метод устройства покрытия.