

Слабые грунты, их классификация и применимость в дорожном строительстве

Комаров Н.А., студент ФТК

(Научный руководитель – Бабаскин Ю.Г. канд. техн. наук,
профессор)

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Проблема в строительстве дорожных сооружений на слабых грунтах актуально и в наше время. В работе рассмотрены вопросы классификации слабых грунтов и их применение в дорожном строительстве.

Ключевые слова: слабые грунты, кавальеры, торф, детрит, ил, мергель.

По результатам зондирования (оценивается удельным сопротивлением под конусом зонда и условным динамическим сопротивлением) грунты подразделяются на: очень прочные, прочные, средней прочности, слабые. К слабым грунтам относятся связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль деформации ниже 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа). При отсутствии данных испытаний к слабым грунтам относят биогенные грунты (торф и заторфованные грунты, или сапропели), глинистые грунты с показателем текучести более 0,5 (табл.1).

Одним из основных показателей прочности рыхлых собственно обломочных грунтов является показатель сопротивления сдвига по крыльчатке τ_n , которое определяют расчётным путем из выражения

$$\tau_n = \frac{1}{a + bW} \quad (1)$$

где a , b – коэффициенты для основных грунтов приведены в справочных таблицах.

Таблица 1. Физико-механические свойства слабых грунтов

Грунт по содержанию органики	Разновидность грунта	Содержание органики, %	Зольность, %	Плотность частиц грунта, г/см ³	Коэффициент пористости
Органические	Торф	>60	2...20	1,4...1,6	4,0...22,0
	Торфосапропель	>60	10...40	1,4...1,6	16,0...22,0
	Детритовые сапропели	>60	10...40	1,6...1,8	12,0...16,0
Органо-минеральный	Известняковые сапропели	10...60	40...90	1,8...2,1	3,0...12,0
	Кремнезёмистые сапропели	10...60	40...90	1,8...2,3	3,0...12,0
Минеральный	Болотные мергели	<10	40	2,3...2,6	1,5...3,0
	Болотный ил	<10	40	2,3...2,8	1,1...3,0

Для определения сопротивления грунта сдвигу экспериментальным методом применяется сдвигомер-крыльчатка СК-8. Методика испытаний грунтов заключается в том, что измерительная головка прибора, заглублённого в слабый грунт, проворачивается в горизонтальной плоскости по часовой стрелке.

По мере роста угла поворота отклонение стрелки индикатора возрастает. В процессе поворота следят за стрелкой индикатора до тех пор, пока не прекратиться ее отклонение, и не начнётся спад. Обычно разрушение грунта происходит при углах поворота от 20 до 60 градусов.

По результатам испытания вычисляют сопротивляемости грунта сдвигу по формуле:

$$S_{\sigma} = \frac{M_{кр}}{K_1} \quad (2)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, значение которого устанавливается по тарированной кривой (по оси ординат откладывают показания индикатора, по оси абсцисс – $M_{кр}$);

K_1 – постоянная прибора, определяемая по выражению:

$$K_1 = 0,5\pi D^2(D/3 + H), \quad (3)$$

Здесь Н и D – высота и диаметр крыльчатки.

По классификации слабые грунты, в зависимости от содержания органических веществ, подразделяются на 3 группы:

- органические (потери при прокаливании составляет более 60%);
- органоминеральные (потери от 10 до 60%);
- минеральные (потери менее 10%).

Первые две группы относятся к биогенным. Биогенные грунты сложены остатками организмов (растений, животных, микроорганизмов), в них содержится органических веществ более 10%. Среди биогенных грунтов наибольшее распространение имеют болотные грунты (торф, сапропель, болотный мергель, органический ил), т.е. грунты, слагающие болота. Кроме того, к ним относятся известняковые и кремнеземистые породы. Торф - волокнистые, сильно сжимаемые, грунты в виде органомерной части, возникшие в результате гумификации в условиях повышенной влажности и недостатка кислорода, содержащие 50% и более органического вещества. Для торфа характерны высокая влагоемкость и влажность в естественном состоянии (обычно в пределах 150% и более). Характеристикой состава торфяных грунтов служит соотношение трех основных компонентов: волокнистых, гумусных и минеральных частиц. Содержание волокнистых частиц определяют по массе остатка при промывании на сите 0,25мм; содержание гумусных частиц - по массе вещества, прошедшего через указанное сито; содержание минеральных частиц - по массе остатка после прокаливании при температуре (800+-25) градусов. Механические характеристики этих грунтов зависят от показателей их состава (числа пластичности) и состояния (показателя текучести). При влажности соответствующей мягкопластичной консистенции и выше (показатель текучести $I_L > 0,5$), одной из основных характеристик является зольность. Их разделяют на 3 группы:

1. малазольные (верховые, зольность менее 5%);
2. средней зольности (соответствуют образованию низинного болота от 5%-20%);
3. высокозольные (минерализованные, от 20 до 40%).

По гранулометрическому составу почвообразующие породы делятся на глинистые, суглинистые, супесчаные, песчаные и торфяные. Глинистые породы встречаются ограниченно (0,4 %), преимущественно на севере Беларуси. Значительно большее распростране-

ние, особенно в пределах возвышенностей, моренных и озёрно-ледниковых равнин центральной и северной частей страны, получили суглинистые материнские породы. Самыми распространенными породами (45,6 %), являются разные по генезису супесчаные, которые встречаются по всей территории страны. Песчаные породы (21,2 %) более характерны для юга Беларуси и водно-ледниковых равнин центральной части республики. Торфяные породы (12,7 %) встречаются повсеместно, но наиболее крупные их массивы связаны с Полесьем. Распространение слабых грунтов на территории Беларуси можно проследить по эрозионным процессам.

Строительство автомобильных дорог относится к сложным технологическим процессам, на качество которых оказывает влияние множество факторов. Основными из них являются природно-климатические и грунтово-геологические условия. Грунтовые слои различного состава и генезиса, которые в естественных условиях не получили достаточного уплотнения, принято называть слабыми. К ним относятся водонасыщенные и сильно сжимаемые грунты, которые при приложении нагрузок на основание теряют свои прочностные свойства, уменьшается их сопротивление сдвигу, сцепление, возрастает сжимаемость. Но в условиях естественного залегания способны воспринимать медленно возрастающие нагрузки. Непосредственно на них возводить искусственные сооружения и автомобильные дороги нельзя. Слабые грунты, независимо от разновидности, значительно влияют на надежность дорожных конструкций в целом. Влияние таких свойств слабых грунтов, как водонасыщение, высокая влажность, большая пористость и сжимаемость приводит к деформациям земляного полотна и основания.

В условиях постоянного и переменного воздействия нагрузок от движения транспорта при наличии слабых грунтов земляное полотно подвергается таким деформациям как: оползание откосов насыпи - происходит из-за разной влажности грунтов, которые имеют более низкие прочностные характеристики; сползание насыпи по косоугру при наличии наклонно расположенных и переувлажненных верхних слоев слабого грунта в основании; осадка слабого основания и выдавливание слабого грунта из-под подошвы насыпи; осадка с выпором слабого грунта из-за недолговечности конструкций, введенных на слабых грунтах; проявление деформаций.

Спрогнозировать точную работу конструкции земляного полотна со слабыми грунтами в процессе эксплуатации очень сложно, потому что она будет зависеть от постоянно меняющихся факторов, таких как осевые нагрузки, интенсивность движения, климатические характеристики, режим увлажнения, физико-механических свойств грунта.

Для обеспечения долговечности земляное полотно на участках со слабыми грунтами проектируют в виде насыпей. Требования к грунтам верхней части насыпи (рабочего слоя) и необходимое минимальное возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем поверхностных и грунтовых вод, определены действующими нормативными документами.

Капитальные покрытия на насыпях, в основании которых оставлены слабые грунты, устраивают только после завершения не менее 90% расчетной осадки или при условии, что средняя интенсивность осадки за месяц, предшествующий устройству покрытия, не превышает 2 см/год.

Для решения данной проблемы существует множество инженерно-технических методов укрепления оснований автомобильных дорог.

Одной из важнейших задач технологии стабилизации и укрепления грунтов методом глубинного смешивания является получение стабильных физико-механических показателей слабых грунтов в основаниях, а также повышение их прочности и устойчивости. За счет этого должна быть достигнута требуемая проектная надежность автомобильной дороги. Высокая прочность основания позволяет увеличить срок межремонтной эксплуатации автомобильной дороги. Исследователями установлено, что при недостаточной устойчивости оснований, даже при хорошем уплотнении, высокая ровность покрытия быстро утрачивается, отсюда можно сделать вывод, что устойчивость основания напрямую влияет на ровность дорожного покрытия.

Наиболее современным и эффективным методом является укрепление слабых грунтов в основании методом глубинной стабилизации, которая представляет собой метод укрепления слабых грунтов путем добавления сухих или влажных вяжущих материалов способных связывать грунт и образовывать прочные камнеподобные массивы при этом позволяют ослабить усадки и усилить устой-

чивость насыпей для автомобильных дорог. Существуют два основных способа стабилизации грунта под насыпью:

- стабилизация колоннами,
- стабилизация массивом.

Были проанализированы методы укрепления оснований глубинной стабилизацией и обозначены их преимущества и недостатки. В результате сделаны выводы, что глубинная стабилизация обладает большими преимуществами перед другими методами, и является более современным и эффективным способом стабилизации грунтов в основании.

Технология глубинной стабилизации подразумевает смешивание вяжущего материала, подаваемого под давлением, со слабым грунтом на месте производства работ по всей ширине насыпи на всю глубину распространения грунтов или ее часть. В зависимости от вида, вяжущего и его состояния различают сухое и влажное смешивание. Учитывая, что слабые грунты, как правило, имеют повышенную влажность, то предпочтительным является применение сухого смешивания.

Укрепление может выполняться одним вяжущим материалом, комбинированием нескольких видов, вяжущим в сочетании с активными материалами и (или) инертными добавками. Вяжущие материалы могут быть гидравлическими или негидравлическими.

В качестве основных стабилизаторов могут применяться:

- цемент (марка не ниже 300);
- известь (гашеная);
- золы уноса (остатки процесса горения каменного угля, торфа и различного биотоплива);
- гипс строительный (марка не ниже Г10);
- высокоактивные и активные молотые гранулированные шлаки;
- другие инновационные добавки для стабилизации грунтов (полимерные эмульсии, битумно-полимерные композиции, водная дисперсия стирол-бутадиенового полимера и др.)

Альтернативой применения дорогостоящего цемента и извести могут стать шлаки, золы уноса и нефелиновые шламы, обладающие гидравлическими свойствами. Эти материалы являются неисчерпаемыми отходами теплоэнергетической и металлургической промышленности.

Однако технология укрепления слабых грунтов основания методом глубинной стабилизации с применением комплексных стабилизаторов требует индивидуального исследования и проектирования составов грунтовых композитов, разработки технологии использования с учетом физико-механических характеристик грунтов на объекте строительства и доступности сырьевой базы.

На основании представленных материалов можно сделать следующие выводы. Была рассмотрена классификация слабых грунтов, а также их свойства. Рассмотрены теоретические и практические методы испытания, расположение слабых грунтов на территории Беларуси и их применимость при строительстве автомобильных дорог, способы укрепления основания. Глубинная стабилизация обладает большими преимуществами перед другими методами, и является более современным и эффективным способом стабилизации грунтов в основании.

Литература

1. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах. – М., 2004.
2. ТКП 200-2009. Автомобильные дороги. Земляное полотно правило проектирования.
3. СТО СРО 083-029EN-2011. Разработка и реализация методов стабилизации слабых грунтов органического происхождения.
4. ОДМ 218.2.063-2015. Рекомендации по применению технологии глубинного смешивания для укрепления слабых грунтов оснований земляного полотна.