

И. И. Леонович, Б. И. Врублевский

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ КОМПЛЕКСНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Одним из путей удешевления стоимости и ускорения темпов строительства автомобильных дорог, в том числе и лесовозных, является широкое использование местных грунтов в качестве основных дорожно-строительных материалов. Однако местные грунты не обладают необходимой несущей способностью. При повышенной влажности их несущая способность весьма ограничена. Для повышения несущей способности местных грунтов прибегают к их укреплению.

Основными методами укрепления грунтов являются:

1) укрепление неорганическими вяжущими (портландцементы, известь, фосфаты и т. д.);

2) укрепление органическими вяжущими (жидкие битумы, битумные эмульсии, дегти и др.);

3) комплексные методы укрепления грунтов, при которых используются как органические, так и неорганические вяжущие;

4) укрепление грунтов высокополимерными материалами.

Первые три метода более подробно изучены, разработаны технологические процессы для строительства дорог, установлено оптимальное количество вяжущего в зависимости от типа грунта, его влажности и условий строительства. Однако использование как органических, так и неорганических вяжущих для укрепления грунтов имеет свои недостатки.

Так, применение жидких битумов, битумных эмульсий и дегтей низкой вязкости в ряде случаев не обеспечивает необходимой прочности и водоустойчивости битумогрунта, а для достижения необходимых показателей требуется большой расход вяжущего (0,25—0,30) W_T . Увеличение же вязкости, а значит и лучшее перемешивание вяжущего с грунтом, можно достигнуть путем внесения его в грунт в разогретом (150—180°C) виде или в виде битумных эмульсий [1, 2, 3].

Прочность на сжатие цементогрунта в значительной степени меняется от количества внесенного в грунт цемента. Однако в цементогрунте с большим содержанием цемента быстро образуются трещины и цементогрунт разрушается. Он также не обладает достаточной морозоустойчивостью [4].

Относительно удовлетворительной прочности при укреплении грунта известью можно достигнуть при расходе ее 8—12% по весу грунта. Кроме того, известь вредна для организма человека и теряет вяжущие свойства при хранении на открытом воздухе свыше 1 месяца [5].

В последнее время большими темпами развивается химическая промышленность. Продукты ее находят широкое применение в народном хозяйстве.

В связи с этим становится актуальным вопрос изучения возможности применения различных полимерных смол в качестве вяжущего материала-

ла при укреплении грунтов в дорожном строительстве. Наиболее подходящими для этой цели являются различные типы карбамидных смол, которые, благодаря своей способности отверждаться при пониженных температурах, хорошей адгезии и когезии, могут быть использованы при укреплении грунтов в дорожном строительстве в гораздо меньших количествах, чем другие органические или неорганические вяжущие. Следует при этом учесть, что стоимость этих смол все время снижается и через 2—3 года она станет 40—50 руб. за 1 т.

Карбамидные смолы хорошо вступают во взаимодействие с кислыми грунтами, наиболее распространенными в лесной зоне, что является немаловажным фактором при строительстве лесовозных автомобильных дорог.

Методы укрепления грунтов синтетическими полимерными материалами находятся в начальной стадии развития и разработки. Вопросами укрепления для дорожного строительства занимаются сотрудники СоюзДорНИИ. Ими проведены исследования с карбамидными смолами типа МФ-17 и МФФ. Большую работу по изучению взаимодействия грунтов с карбамидными смолами выполняют сотрудники Института оснований и подземных сооружений, Военной академии тыла и транспорта, Московского государственного университета, Московского химико-технологического института.

Нами в лабораторных условиях проведены исследования по изучению возможности укрепления грунтов карбамидной смолой М-70 как одной, так и в сочетании с сырой нефтью Речицкого месторождения. Карбамидная смола имела следующие физико-химические показатели:

вязкость по ВЗ — 1 с соплом 5 мм при $t=8^{\circ}\text{C}$ —198 сек; $t=12^{\circ}\text{C}$ —169 сек;
 $t=16^{\circ}\text{C}$ —119 сек; $t=20^{\circ}\text{C}$ —82 сек;
 содержание сухих веществ — 67,5%;
 » свободного формальдегида — 3,1%.

В качестве отвердителя применялся хлористый аммоний. Нефть имела следующие физико-химические свойства:

вязкость по ВЗ — 1 с соплом 5 мм при $t=20^{\circ}\text{C}$ —35 сек;
 удельный вес при $t=20^{\circ}\text{C}$ —0,846 кг/см³;
 содержание хлористых солей — 0,07%;
 » воды — 0,35%;
 » механических примесей — 0,06%;
 » сернокислотных смол — 32%.

Смесь приготавливалась таким образом. В грунт влажностью 3% вводилась смола и отвердитель, разведенные в воде в соотношениях 1:1, 1,5:1, 2:1. Кроме того, в грунт добавлялось определенное количество нефти. Затем в механической мешалке смесь тщательно перемешивалась. Из полученной смеси по известной методике приготавливались образцы. Размеры их по высоте и диаметру 50 мм. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Анализ полученных данных показывает, что образцы, изготовленные с 1,5% смолы, имеют малую прочность (6—7 кг/см²), а модуль деформации находится в пределах 300 кг/см². После водонасыщения предел прочности их снизился до 1,1 кг/см², а модуль деформации — до 60,5 кг/см². При этом водонасыщение составило 12,2%.

Образцы, приготовленные с 2—3% карбамидной смолы, имели более высокие прочностные показатели, однако после водонасыщения они падали в несколько раз. Так, предел прочности образцов с 3% смолы снизился с 28,4 до 13,4 кг/см², а модуль деформации — с 1950 до 827 кг/см².

Таблица 1

Результаты испытаний образцов грунта, укрепленного комплексным связующим

Количество связующего по весу грунта		Возраст образцов						
		14 суток		28 суток		28 суток (после подонасыщения)		
		предел прочности при сжатии, кг/см^2	модуль деформации, кг/см^2	предел прочности при сжатии, кг/см^2	модуль деформации, кг/см^2	предел прочности при сжатии, кг/см^2	модуль деформации, кг/см^2	водонасыщение, %
смола*	нефть							
1,5	0	7,1	347	6,5	294	1,1	60,5	12,2
2,0	0	15,7	1207	17,4	840	5,4	287	12,7
3,0	0	26,9	2423	28,4	1950	13,4	827	10,7
1,5	2	1,4	84	1,5	55	0,8	40	2,7
1,5	3	3,3	193	2,8	163	2,1	95	1,2
1,5	4	2,6	124	3,2	148	2,7	144	0,0
2,0	2	10,5	624	9,6	713	6,9	342	3,1
2,0	3	13,5	805	13,2	765	10,1	538	3,0
3,0	2	28,3	990	28,6	1827	26,3	990	0,8
3,0	3	24,8	1407	26,8	1687	27,7	1437	0,0
3,0	4	17,6	833	22,8	1260	23,0	1150	0,0

* Количество смолы указано в процентах по сухому остатку.

В целях уменьшения водонасыщения, а значит и повышения прочностных и деформативных свойств, в грунт вместе со смолой добавлялась сырая нефть Речицкого месторождения. При этом нефть вводилась в грунт вместе со смолой в разных соотношениях (см. табл. 1) после тщательного их перемешивания.

Наибольшую прочность показали образцы, приготовленные с 3%-ным содержанием смолы и 3%-ным — нефти (рис. 1). Аналогично результаты получены и для модуля деформации. Предел прочности при сжатии образцов в возрасте 14 суток составил $24,8 \text{ кг/см}^2$, а модуль деформации — 1407 кг/см^2 , в возрасте 28 суток предел прочности — $26,8 \text{ кг/см}^2$, а модуль деформации — 1687 кг/см^2 . После водонасыщения заметного понижения прочностных показателей не наблюдалось. Так, прочность на сжатие их составила $27,7 \text{ кг/см}^2$ (даже немного увеличилась), а модуль деформации — 1437 кг/см^2 , что соответствует II классу прочности по СН 25—64.

Следует отметить, что карбамидная смола и нефть очень эффективны при укреплении кислых грунтов и, наоборот, непригодны для грунтов со щелочной реакцией.

Построенный участок покрытия в прунтовом канале Белорусского технологического института им. С. М. Кирова с оптимальным количеством комплексного вяжущего подтвердил данные образцов и показал высокие прочностные свойства.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Укрепление грунтов комплексным связующим, включающим в

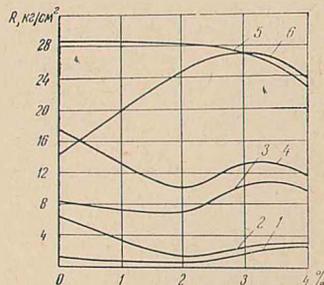


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии образцов из нефтесмологрунта в возрасте 28 суток от количества введенных связующих материалов:

а) воздушно-сухой режим испытания: 2—при введении 1,5% смолы М-70; 4—2% ; 5—3% ; б) испытания после водонасыщения: 1—при введении 1,5% смолы М-70; 3—2% ; 6—3% .

себя нефть и смолу, наиболее эффективно при сочетании 3% смолы (по сухому остатку), 3% нефти (по весу грунта) и 1% отвердителя — хлористого аммония (по весу смолы). Такое соотношение компонентов следует считать оптимальным.

2. Увеличение количества смолы в комплексном связующем приводит к повышению прочности укрепленных грунтов. Однако это не исключает их водонасыщения. Присутствие же нефти в смологрунте предотвращает водонасыщение и приводит к большей водостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы совещания по укреплению и уплотнению грунтов. Киев, 1962.
2. В. М. Безрук, Л. Н. Ястребов, Т. Ю. Любимова. Современные методы строительства дорожных оснований и покрытий из грунтов, укрепленных цементом, известью, битумом. М., 1960.
3. К. А. Князюк. Применение грунта в строительстве дорожных покрытий и оснований. М., 1961.
4. Б. В. Веселов, В. Н. Крамарь и др. Строительство лесовозных дорог с покрытием из укрепленного грунта. «Лесоэксплуатация и лесоплав», 1967, № 23.
5. Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунта. М., 1960.