

Влияние температуры грунта на степень его химического закрепления

В.П. Новоженин, И.Н. Карлина

Для разработки эффективного метода прогнозирования параметров химического закрепления грунтов необходимо провести анализ существующих методик лабораторного исследования грунтов и методов прогноза свойств закрепленного грунта, выявить их положительные стороны и недостатки, степень достоверности прогнозируемых параметров закрепления и выбрать техническое и методологическое направление, решающее поставленную задачу. При этом необходимо помнить, что степень достоверности прогнозируемых прочностных характеристик грунта может быть увеличена, если при лабораторных исследованиях воспроизводить наиболее точно все факторы режима инъецирования химических реагентов в грунт, а также учитывать влияние внешних факторов, имеющих место при химическом закреплении грунтов в натуральных условиях (температура грунта в грунтовой толще, нагрузка на грунт).

Как показывают исследования, в лессовой толще зафиксированы температурные поля, которые в зависимости от сезонных колебаний температуры воздуха изменяются, медленно продвигаясь в глубину массива [1]. На глубине 10-12 м от поверхности земли температурные поля как бы стабилизируются и изменения температурных полей измеряются уже не градусами, а десятками долями градуса. Для климатических условий Новосибирска на глубине 10 м температура лессового грунта колеблется в пределах $+6 \div +7$ °С.

Для климатических условий г. Ростова-на-Дону температура в массиве грунта на глубине 4-5 м составляет $+8 \div +9$ °С [2]. В холодное время года температура верхних грунтовых слоев может быть $+5 \div +6$ °С.

Таким образом, при проведении силикатизации лессовых грунтов в полевых условиях набор прочности закрепленного массива происходит во времени при низких температурах.

При лабораторных исследованиях температура образцов грунта после их закрепления раствором жидкого стекла в период набора прочности находится в пределах 18-20 °С, т.е. более чем в 2 раза выше по сравнению с температурой, наблюдаемой в натуре.

Для лабораторных испытаний мы использовали образцы лессовых грунтов Причерноморской, Терско-Кумской, Азово-Кубанской низменности Русской равнины, отобранные в виде монолитов с различной глубины залегания.

Предварительные исследования закрепляемости лессовых пород показали, что их емкость поглощения находилась в пределах $10 \div 70$ мг-экв. на 100 г сухой породы. Максимальное содержание гипса в породах грунта составляло около 10% . Содержание двухвалентных обменных катионов кальция и магния - от 10 до 40 мг- экв. на 100 г грунта. Величина активной пористости пород находилась в пределах от 0,35 до 0,43.

Нами проведены эксперименты по выявлению действия низких температур на закрепление лессового грунта при силикатизации, по следующей методике.

Грунт из массива грунта, отобранный в кольца-цилиндры, помещали в холодильные камеры, в которых поддерживали различные температурные режимы: 4, 8, 12, 16 °С. Параллельно с этой группой контрольные образцы хранили в эксикаторах, где поддерживали стандартную температуру воздуха 18-20 °С. Химическое закрепление образцов грунта производили при следующих параметрах нагнетания в них раствора жидкого стекла: плотности раствора - $1,1 \text{ г/см}^3$, количестве фильтруемого через образец раствора- 250 см^3 , продолжительности инъектирования- 5 мин, давлении при нагнетании раствора жидкого стекла $\geq 0,078 \text{ МПа}$.

После закрепления образцы грунта вновь помещали в холодильные камеры и эксикаторы и хранили 7, 28, 56 суток при тех же температурах, при которых они находились до закрепления, а затем их испытывали на одноосное сжатие.

Значение прочности закрепленного грунта при сжатии, полученное после хранения образцов при температуре $18\div 20$ °С, нами принято за 1. Изменения прочности закрепленных образцов грунта в зависимости от температурного режима хранения образцов приведены в табл. № 1.

Таблица №1

Влияние температуры хранения закрепленных образцов грунта на их прочность

Возраст образцов в сутках	Изменение прочности закрепленных образцов грунта в относительных единицах при различных температурах хранения				
	4°С	8°С	12° С	16°С	18-20°С
7	0,7	0,75	0.81	0,92	1.0
28	0,9	0.92	0.96	0.98	1.0
56	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Анализируя результаты табл.№1, можно сделать следующие выводы. Температура, при которой грунт набирает прочность после химического закрепления, оказывает влияние на процесс закрепления. Прочность закрепленных образцов грунта, испытанных в 7-суточном возрасте и хранящихся при температуре 4°С была на 30%, а в 28-суточном возрасте на 10% ниже, чем прочность закрепленных образцов, выдержанных при стандартной комнатной температуре ($18\div 20$ °С). При хранении закрепленных образцов в течение 28-56 суток, влияние температуры в диапазоне $4\div 20$ °С на прочность грунта сказывается незначительно. При 56-суточном хранении образцов изменения прочности грунтов во всех сериях не отмечено.

Замедление роста прочности силикатированного грунта во времени при понижении температуры среды объясняется следующим. Как известно,

взаимодействие раствора силиката натрия с лессовым грунтом происходит и после того, как процесс инъецирования уже завершен, и находящийся в порах раствор диффундирует в другие более мелкие поры [3,4,5]. В растворе жидкого стекла при понижении температуры замедляется гидролитическое расщепление силикатов натрия и диссоциация их на ионы [6,7,8]. В результате, основная обменная реакция между катионом натрия силикатного раствора и поглощенным катионом кальция лессового грунта происходит с меньшей скоростью. Кроме указанных причин, понижение температуры вызывает некоторое увеличение вязкости раствора, что затрудняет его диффузию в мелкие поры грунта. Несмотря на то, что в конечном итоге температура массива не оказывает влияние на конечную прочность грунта, замедление роста прочности во времени необходимо учитывать.

В существующих методиках по проектированию параметров силикатизации грунтов в зависимости от возраста испытания образцов даны поправочные коэффициенты к пределу прочности на сжатие при условии закрепления грунта и хранения его при температуре $18\div 20$ °С [5,9,12,13].

На наш взгляд, в случае проведения силикатизации грунтов оснований под фундаменты строящегося объекта или при контроле качества закрепления в раннем возрасте влияние температуры массива на замедление срока нарастания прочности во времени следует учитывать [10,11].

Литература:

1. Тофанюк Ф.С. Новые результаты многолетних наблюдений за режимом влажности и температуры в лессовых толщах в связи с подтоплением территорий //Инженерная геология. Журнал,1982.-№4.-С.63-71.

2. Черных А.Т.Исследование и разработка эффективных методов контроля качества силикатизации лессовых грунтов: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.02:защищена 19.04.82: утв. 02.11.82.-М.,1982.-16с.

3. Аскалонов В.В. Классификация химических способов закрепления грунтов в основании зданий и сооружений.// Основания, фундаменты и механика грунтов. Журнал,1966.-№6.-С.8-10.

4. Аскалонов В.В. Силикатизация лессовых грунтов. -М.: Министерство строительства предприятий машиностроения,1949.-40с.

5. Голованов А.М.Исследование однорастворного способа силикатизации лессовых грунтов и возможностей повышения его эффективности: дис. канд. техн. наук:05.23.02: защищена 15.02.70: утв.06.09.70.-Ростов-на-Дону,1970.-234 с.

6. Бабушкина М.И. Жидкое стекло в строительстве. -Кишинев.: Картя молдовеняскэ,1971.-223с.

7. Григорьев П.Н. Растворимое стекло. -М-Л.: Гизгалпром, 1938. -368с.

8.Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло. -М.: Гос. изд-во лит. По строительным материалам, 1956.-432с.

9.Рекомендации по подготовке оснований и устройству фундаментов из силикатированного лессового грунта. -г.Ростов-на-Дону: Ростовский Промстройниипроект,1976.-49с.

10. Torrance J.K. A laboratory investigation of the effect of leaching on the compressibility and shear strength of Norwegian marine clays // Geotechnique, vol.24,No2,1974.--p.155-173.

11. Soderblom R. Salt in Swedish clay and its importance for Quick clay formation // Swedish Geotechnical Institute Proceedings, Stockholm, № 022, 1969. -63р.

12.Панасюк Л.Н., Таржиманов Э.А. Моделирование работы сооружений с учетом проявления неравномерных деформаций в основании [Электронный ресурс]//«Инженерный вестник Дона»,2011,№4.-Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/591>(доступ свободный)-Загл.с экрана.-Яз.рус.

13. Крахмальный Т.А. Исследование влияния увеличения периметра ленточного фундамента на несущую способность основания. [Электронный

ресурс]//«Инженерный вестник Дона»,2009,№2.-Режим доступа:
<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2009/128> (доступ свободный)- Загл.с
экрана.-Яз.рус.