

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 624.138.4

Силикатизация грунтового основания, как способ усиления грунтов

Т.В. Ещенко, Я.А. Скабэ

Каменский технологический институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, г. Каменск-Шахтинский, Российская Федерация

Аннотация. Рассматривается химический способ укрепления грунтового основания, используемый при строительстве зданий и сооружений. Процесс силикатизации представляет собой метод химической фиксации, при котором жидкое стекло, содержащее растворы кремневой кислоты, пропускается сквозь грунт. Кремниевая кислота, попадая в почву, превращается в гель, который связывает минеральные частицы. Основными целями этой процедуры являются увеличение несущей способности песчаных почв, предотвращение сжатия лёссов и улучшение проницаемости суглинков, лёссов и песчаных почв путем силикатизации грунтового основания.

Ключевые слова: силикатизация, укрепление, грунт, жидкое стекло, повышение водонепроницаемости, гелеобразное состояние, минеральные частицы, увеличение несущей способности, напряженно-деформированное состояние

Silicatization of the Soil Base as a Way to Strengthen Soils

Tatyana V. Eshchenko, Yaroslava A. Skabe

Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Kamensk-Shakhtinsky, Russian Federation

Abstract. The article considers the chemical method of strengthening the soil base used in the construction of buildings and structures. The silicatization process is a chemical fixation method in which liquid glass containing solutions of silicic acid is passed through the soil. Silicic acid, once in the soil, turns into a gel that binds mineral particles. The main objectives of this procedure are to increase the bearing capacity of sandy soils, prevent compression of loess and improve the permeability of loams, loess and sandy soils by silicatization of the soil base.

Keywords: silicatization, strengthening, soil, liquid glass, increased water resistance, gel-like state, mineral particles, increased load-bearing capacity, stress-strain state

Введение. Строительство новых зданий на ограниченных территориях оказывает негативное воздействие на основания уже существующих построек, вызывая изменения в напряженно-деформированном состоянии конструкций. Это может приводить к ухудшению эксплуатационных характеристик строений (рис. 1).



Рис. 1. Повреждение и деформация существующей застройки

В современной отечественной строительной индустрии используются геотехнологии, позволяющие строить небоскребы. Однако для защиты зданий и сооружений требуется надежный прогноз деформаций, а также специальные меры для сохранения фундаментов и несущих конструкций. Поэтому целью данной работы стал поиск оптимального решения для усиления и укрепления грунтов, позволяющий защитить существующую застройку от влияния новых строительных работ, обеспечивая деформации строений в пределах безопасных значений.

Основная часть. В ходе исследования небольшой объем грунта был смешан с жидким стеклом. При этом грунт сохранил свою эластичность. Затем полученную смесь поместили в хлористый кальций. Через время полученный материал извлекли и было отмечено, что он затвердел.

Для застройки необходима определенная глубина котлована. Однако, чтобы обеспечить его стабильность, требуется усиление стенок при помощи подпорных сооружений, таких как шпунтовое ограждение или бетонные стены. Поэтому в рамках эксперимента были созданы конструкции из шпунтовых ограждений и проведены замеры с использованием существующих датчиков Новочеркасского политехнического университета. Результаты измерений были проанализированы. Однако на основе экономических расчетов было доказано, что возведение данных структур не оправдано с экономической точки зрения.

В настоящее время разрабатывается более эффективный подход для улучшения свойств грунтового основания, основанный на использовании химически активных реагентов, который является более дешевым вариантом. В основе процесса лежит изменение физико-механических свойств грунтов при использовании различных методов, преобразующих почву в своеобразную полускальную породу высокой плотности [1]. Этот подход позволяет минимизировать затраты на дорогостоящие материалы и конструкции, а также сокращать сроки строительства, что важно для общей стоимости проекта. В отличие от традиционного использования бетона, который требует 21 день для полного затвердевания при определенных условиях, химический метод укрепления грунтов позволяет избежать неопределенных задержек в процессе строительства.

Существует несколько методов закрепления грунтов, включающих в себя химическое взаимодействие реагентов с минеральными частицами. Один из таких методов — это силикатизация [2]. При силикатизации иньекторы из пробуренных стальных труб диаметром 19–38 мм помещаются под подошву фундаментов. Затем под давлением 0,3–0,6 Мпа в грунт нагнетается раствор жидкого стекла. Силикат натрия при взаимодействии с соляной и серной кислотами, а также с хлористым кальцием образует гель кремниевой кислоты, который способен закрепить частицы грунта, повышая их прочность (рис. 2) [3].

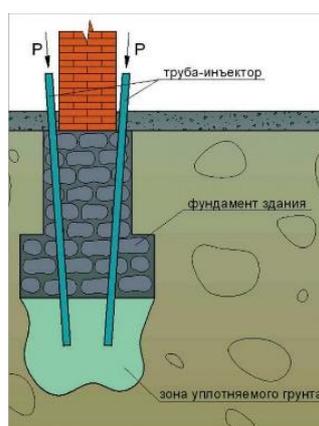


Рис. 2. Нагнетание раствора жидкого стекла под фундамент

Таким образом, применение метода силикатизации позволяет укрепить грунт и придать ему большую устойчивость к деформациям и нагрузкам (рис. 3).



Рис. 3 Создание геля кремниевой кислоты

Силикатизация может быть выполнена с использованием различных способов смешивания основы с затвердителем, включая двухрастворную, однорастворную и газовую силикатизацию. В частности, способ двухрастворной силикатизации был разработан и успешно применен Б. А. Ржаницыным при строительстве первой очереди Московского метрополитена [4]. При таком подходе компоненты вносятся в грунт отдельно. Сначала вводится раствор жидкого стекла, а затем отвердитель, представляющий собой раствор пористого кальция [5].

Однорастворная силикатизация применяется для закрепления лёссовых грунтов с определенными характеристиками водопроницаемости (не менее 0,2 м/сут) и степени влажности (не более 0,7) [4]. Процесс включает в себя нагнетание в грунт раствора жидкого стекла и отвердителя, предварительно смешанных в определенных пропорциях [6]. В более влажных лёссовых грунтах осуществляется процесс газовой силикатизации, который заключается в последовательном внесении углекислого газа, раствора силиката натрия и вторичного углекислого газа через специальные скважины и инъекторы в подлежащий для закрепления грунт [4].

Технология укрепления грунтов с использованием этих методов является простой и доступной, не требует сложного оборудования. В последние годы силикатизация находит широкое применение при укреплении грунтов оснований разнообразных зданий и сооружений и претерпела достаточное количество экспериментов и испытаний [5].

Плюсы силикатизации:

- простота выполнения работ. Для прочного закрепления грунта с помощью силикатизации необходимо лишь доступное оборудование и минимум подготовительных мероприятий;
- высокие показатели прочности и несущей способности грунта. Силикатизация песчаников приводит к существенному улучшению прочностных характеристик;
- безопасность. Химические составы, используемые при силикатизации, имеют схожую структуру с песками, что исключает загрязнение окружающей среды и опасность для человека;
- широкий радиус закрепления грунта. Упрочнение происходит на расстоянии до 1–2 метров вокруг скважины.
- силикатизация придает грунту водонепроницаемость, благодаря чему почва не подвержена вымыванию [7].

Минус силикатизации заключается в продолжительном сроке затвердевания грунтового массива.

Заключение. Использование конструкции из шпунтовых ограждений является экономически нецелесообразным. Использование методов, преобразующих почву в породу высокой плотности, в частности метод силикатизации, является более предпочтительным с точки зрения качества и стоимости.

Список литературы

1. Бородов В. Е. *Основы реконструкции и реставрации. Укрепление памятников архитектуры: учебное пособие*. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет; 2015. 180 с.
2. Ржаницын Б. А. *Силикатизация песчаных грунтов*. Москва: Машстройиздат; 1949. 144 с.
3. *Метод силикатизации грунтов*. URL: <http://proektndon.ru/stati/metod-silikatizatsii-gruntov> (дата обращения: 09.05.2023).
4. Конюхов Д. С. *Строительство городских подземных сооружений мелко заложения: спец. работы: учеб. пособие для студентов строит. Специальностей*. Москва: Архитектура-С; 2005. 304 с.
5. Соколов В. Е., Ибрагимов М. Н., Вебер И. Б. *Рекомендации по силикатизации по газовой силикатизации песчаных и лёссовых грунтов*. Москва: Стройиздат; 1973. 32 с.
6. *Силикатизация грунтов – один из способов улучшить их прочность и повысить надежность*. URL: <https://fb.ru/article/464775/silikatizatsiya-gruntov> (дата обращения: 09.05.2023).
7. *Силикатизация грунтов*. URL: <https://burinzhstroy.ru/silikatizatsiya-gruntov> (дата обращения: 09.05.2023).

Об авторах:

Ещенко Татьяна Викторовна, старший преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин, информационных технологий и управления Каменского технологического института (филиал) «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова» (347800, РФ, г. Каменск-Шахтинский, ул. Сапрыгина, 6), tatyana_eshchenko@bk.ru

Скабэ Ярослава Андреевна, студентка кафедры естественнонаучных дисциплин, информационных технологий и управления Каменского технологического института (филиал) «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова» (347800, РФ, г. Каменск-Шахтинский, ул. Сапрыгина, 6), slavalip8@gmail.com

About the Authors:

Tatyana V. Eshchenko, Senior Lecturer of the Natural Sciences, Information Technology and Management Department, Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (6, Saprygina Str., Kamensk-Shakhtinsky, 347800, RF), tatyana_eshchenko@bk.ru

Yaroslava A. Skabe, Student of the Natural Sciences, Information Technology and Management Department, Kamensk Technological Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (6, Saprygina Str., Kamensk-Shakhtinsky, 347800, RF), slavalip8@gmail.com