

УПРОЧНЕНИЕ СЛАБЫХ СЫПУЧИХ ГРУНТОВ ИНЪЕЦИРОВАНИЕМ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СМОЛОЙ GEOPUR

Забиков Эльдар Рамазанович

магистрант, Казахская головная архитектурно-строительная академия, Казахстан, г. Алматы

Джумадилова Сауле Жакинбековна

докторант, Казахская головная архитектурно-строительная академия, Казахстан, г. Алматы

Хомяков Виталий Анатольевич

научный руководитель, акад. проф. д-р. техн. наук. Казахская головная архитектурно-строительная академия, Казахстан, г. Алматы

Аннотация. В статье рассматриваются выявление особенностей в использовании двухкомпонентной полиуретановой смолы GEOPUR, при инъектировании в сыпучий грунт. Изучение технологии проведения закрепления и определение физико-механических свойств грунтов, упрочненных путем цементации высокого давления применением двухкомпонентного полиуретанового материала GEOPUR производства GME. Подготовка опытных образцов и экспериментальные исследования упрочненных грунтов в лабораторных условиях. Анализ результатов лабораторных исследований с рекомендациями по закреплению грунтовых массивов применением двухкомпонентного полиуретанового материала GEOPUR.

Ключевые слова: смолы, полиуретан, инъектирование, сыпучий грунт.

1. Технология упрочнения грунтовых массивов с использованием двухкомпонентного полиуретановой смолы GEOPUR

Продукция GEOPUR® TECHNOLOGIES основана на технике цементации высокого давления с помощью двухкомпонентного полиуретанового материала GEOPUR производства GME.

Результатом применения данной технологии является тройной эффект:

- повышение влагостойкости и герметизация - остановка или уменьшение водопритока в подземные сооружения;
- стабилизирующая цементация грунта - повышение устойчивости оснований зданий и подземных сооружений;
- происходит структурирование и укрепление грунта, породы и конструкций. [1]



Рисунок 1. Закрепление смолы в различных вариантах совмещение компонентов А и Б



Рисунок 2. Закрепление смолы в различных вариантах совмещение компонентов А и Б



Рисунок 3. Закрепление смолы в различных вариантах совмещение компонентов А и Б

Рисунок 1, смешивание компоненты А и Б без добавления воды. Рисунок 2, смешивание компонентов А и Б, после чего добавили воду. Рисунок 3, компонент А смешанный с водой, после чего добавили компонент Б, данная комбинация является корректной.

Применение технологии GEOPUR позволяет путем инъекции полиуретановой смолы выполнить заполнение пустот и трещин в породе, а также уменьшить пористость макропористых грунтов путем заполнения пор цементирующим материалом.[2]

Повысить прочность анкерного крепления при устройстве подпорных стен и работе анкеров при стабилизации оползней.

Повысить эффективность работы основания при устройстве микросвайных фундаментов зданий, сооружений и машин.[3]

2. Лабораторное испытание

Лабораторные исследования проводились на базе научной лаборатории Казахской головной архитектурно-строительной академии.

Для проведения лабораторных исследований были подготовлены образцы песчаного типа грунта согласно программе проведения испытаний. Для подготовки образцов использовался цилиндр из высокопрочной пластиковой трубы, высотой от 35см до 50 см и диаметром 20см-40см, ниже приведен снимок.



Рисунок 4. Песчаный образец в цилиндрической форме



Рисунок 5. Песчаный образец в цилиндрической форме

Метод проведения лабораторных исследований заключался в следующем: труба заполнялась типом грунта заданной влажности и плотности. Торцевые стенки труб замоноличивались армированным раствором марки М100. В стенке трубы просверливалось отверстие и

устанавливалось устройство «пакер» R8 для нагнетания компонента смеси согласно программе испытаний. При помощи специального насоса плунжерного типа и оборудования, которое позволяет дозировать отдельные компоненты в объемном соотношении 1:1.1 двухкомпонентная полиуретановая смола (Georug марки 082/90) под давлением при помощи насоса подавалась в образец до полного отказа. За отказ принималось состояние, когда смесь выхолила через зазоры в торцевых гранях-крышки, либо обратно через пакер.

Состав компонентов А и В:

Состав компонента А - цвета жидкого меда; смесь простого полиэфирполиол, ускоряющих добавок, примесей, снижающих воспламеняемость, стабилизаторов пены и воды.

Состав компонента В - жидкость темно-коричневого-желтого цвета (все виды); полиметилениполифенилизоцианаты, дефенилметан - 4, 4-диизоцианат, дифенштметан-4, 4-диизоцианат (MDI) и смесь полициклических олигомеров в зависимости от функции.[2]

После смешивания двух основных компонентов в данном соотношении полиуретановая смола образуется в результате экзотермической реакции. [4]

После проведения инъектирования образцы выдерживались 24 часа, для образования пены и закрепления с грунтом. Следующим этапом было извлечение образцов из цилиндров и отделение закрепленной массы от не закрепленной. Для определения объёмов закрепленного грунта проводились специальные замеры, вычисление массы и объема.



Рисунок 6. Пример закрепления песка двухкомпонентной смолой в лабораторных условиях



Рисунок 7. Пример закрепления песка двухкомпонентной смолой в лабораторных условиях

Далее из упрочненной массы вырезали образцы прямоугольной или круглой формы высотой до 10 см., которые испытывались на гидравлическом испытательном прессе С055 мощностью 2000 кН фирмы "МАТЕСТ", по схеме нагружения статически возрастающей нагрузкой.



Рисунок 8. Гидравлический пресс МАТЕСТ С055 на 2000 кН



Рисунок 9. Гидравлический пресс MATEST C055 на 2000 кН

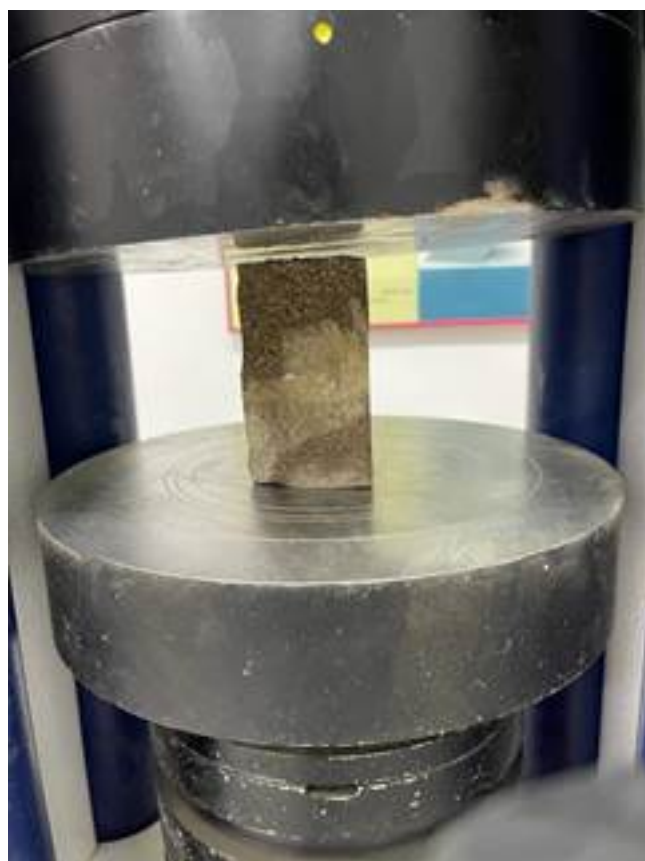


Рисунок 10. Испытания образцов песка. В момент испытания и после испытания их на сжатие



Рисунок 11. Испытания образцов песка. В момент испытания и после испытания их на сжатие

Ниже приведены две таблицы, в которых образцы были разделены на 3 группы для дальнейшего испытания. В первой приведены такие параметры как состояние грунта, плотность, начальный объем, объем инъецирования, объем упрочненного грунта, и процент расхода. Вторая таблица включает геометрические параметры, максимальную нагрузку сжатие на прессе, предел прочности, плотность.

3. Результаты лабораторного испытания

Таблица 1

Исходные данные

Тип грунта	№ образца	Состояние грунта	ρ - Плотность, т/м³	W - Влажность	Начальный объем, м³	Объем инъецирования, кг	Объем упрочненного грунта, м³	Процент расхода кг/м³
песок	Л-П-1	уплотненный	1,798	-	0,06	1	0,01	100,00
	Л-П-2	уплотненный	1,721	-	0,05	0,47	0,0042	111,90
	Л-П-3	рыхлый	1,59	-	0,06	0,417	0,0052	80,19

Таблица 2

Таблица результатов. Предел прочности

№	№ образца	Высота, см	Ширина, см	Длина, см	Вес, кг	Макс.нагр., F (кН)	Предел прочности, Rc, (МПа)	Плотность, ρ (кг/м3)	Примечание	
1	обр. Л-П-1,6	8,9	5	6	0,548	120,476	40,159	2052,43	группа 1	
2	обр. Л-П-1,3	8	6	8	0,76	152,818	31,837	1979,16		
3	обр. Л-П-3,6	9,2	5,3	5,5	0,516	78,668	26,987	1924,08		
4	обр. Л-П-1,4	8,5	7,2	7,2	0,934	133,698	25,791	2119,64		
5	обр. Л-П-3,2	9	5	6,15	0,566	74,15	24,114	2045,16		
6	обр. Л-П-3,1	9,6	5,3	5,8	0,548	60,547	19,696	1856,97	группа 2	
7	обр. Л-П-3,4	8,2	5	6,3	0,542	56,226	17,850	2098,33		
8	обр. Л-П-1,1	9,2	6,1	7	0,874	75,675	17,722	2224,82		
9	обр. Л-П-1,5	10	6,6	9	1,306	104,78	17,640	2198,65		
Продолжение таблицы 4										
10	обр. Л-П-3,7	10	6,3	7,1	0,766	72,105	16,120	1712,49		
11	обр. Л-П-3,3	9,1	5,6	6	0,502	53,793	16,010	1641,81		
12	обр. Л-П-2,2	10	6,7	9,3	1,024	49,275	7,908	1643,39		
13	обр. Л-П-2,1	8,8	8,7	8,7	1,216	49,227	6,504	1825,62		
14	обр. Л-П-3,5	9,7	6	7,6	0,614	26,825	5,883	1388,13		
15	обр. Л-П-1,2	9,7	6	6	0,75	17,36	4,822	2147,76		
16	обр. Л-П-2,4	10,1	5,3	5,5	0,45	13,42	4,604	1528,45		
17	обр. Л-П-2,3	10	6	5,5	0,37	14,364	4,353	1121,21		

Заключение

1. Применение смолы в слабых сыпучих грунтах значительно улучшает динамические свойства грунта. Применение технологии с использованием смол эффективно для упрочнения слабых сыпучих грунтов.
2. Образцы были поделены на 3 группы; №1 уплотненный песок ($\rho=1,798 \text{ т/ м}^3$), №2 уплотненный песок ($\rho=1,721 \text{ т/ м}^3$), №3 группа рыхлый песок ($\rho=1,59 \text{ т/ м}^3$). №1 и №2 группа уплотненный песок, №3 с рыхлым песком. В №1 образец было инъецировано 1 кг смолы, во №2 0,47 кг, в №3 0,417 кг. Объем упрочненного грунта составил, в №1 группе $0,01 \text{ м}^3$, №2 группе $0,0042 \text{ м}^3$, №3 группе $0,0052$.
3. В ходе испытания на гидравлическом прессе MATEST C055 были получены значения предела прочности каждого образца (таблица 2) Среднее значение предела прочности в уплотненных образцах 1 группы 29,78 МПа, во второй группе 17,51 Мпа, в 3 группе с рыхлым песком 5,68 Мпа.

Список литературы:

1. Голованов А.М., Пашков В.И., Рево Г.А., Пашков Д.В., Нерчинский О.В., Туренко Р.И. Опыт закрепления структурно-неустойчивых грунтов цементацией // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 59-67.
2. Сабри М.М., Шашкин К.Г. Улучшение модуля деформации грунта с использованием расширяющейся полиуретановой смолы // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 7(83). С. 222-234.
3. Usmanov R., Vatin N., Murgul V. Experimental research of a highly Сабри М.М., Шашкин К.Г., Захарьин Е., Улыбин А.В. Стабилизация грунтов и восстановление фундамента с использованием расширяющейся полиуретановой смолы // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 6(82). С. 68-80.
4. Usmanov R., Vatin N., Murgul V. Experimental research of a highly compacted soil beds // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 633-634. Pp. 1082-1085.