
Обоснование параметров усиления грунтов основания жилого дома методом цементации через направленный гидроразрыв

М.В. Кузнецов, Е.В. Маринченко, Е.А. Колесник

ДГТУ, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье изложена методика обоснования параметров усиления грунтов основания жилого дома методом цементации через направленный гидроразрыв. Также описываются работы в лаборатории, которые позволили подобрать необходимые составы цементогрунтовой смеси.

Статья опубликована в рамках реализации программы Международного Форума «Победный май 1945 года».

Ключевые слова: Армирование, грунт, цементогрунт, цементация, направленные гидроразрывы.

При проектировании многоэтажного жилого дома в п. Дагомыс Лазоревского района г. Сочи были применены технические решения по укреплению слабых грунтов основания методом цементации [1-3].

Согласно материалам изысканий границей территории на юго-западе служит участок железной дороги и железнодорожной станции Дагомыс СКЖД. С севера, северо-востока и северо-запада площадка ограничена прилегающими улицами: Старошоссейной, Армавирской и Летней.

В геоморфологическом отношении участок предполагаемого строительства расположен в пределах среднегорного эрозионно-тектонического рельефа геоморфологической провинции Большого Кавказа и относится к первой надпойменной террасе реки Дагомыс в ее устьевой части.

Рельеф сформирован частично грунтами делювиального комплекса склоновых отложений и частично аллювиальным комплексом террасы. С поверхности имеются отложения антропогенного (техногенного) комплекса небольшой мощности: насыпные грунты под инженерными сооружениями, инженерными коммуникациями, заасфальтированными дорожками.

Поверхность площадки практически ровная, абсолютные отметки изменяются от 2,0 до 9,0 м. Западная и северо-западная часть имеет плавный

уклон в сторону русла р. Дагомыс. Восточная часть практически горизонтальна, уклон практически отсутствует.

Выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ).

ИГЭ-1 насыпной грунт: щебенистый, с глинистым заполнителем до 30%, состоит из аргиллита, песчаника, мергеля, реже известняка. Визуально средней степени водонасыщения. Распространен практически повсеместно, перекрыт сверху бетонным и асфальтовым покрытием дорог и площадок, бетонными лотками водоотводных канав. Насыпной грунт разнородный, мощность менее глубины заложения фундаментов, служить основанием фундаментов не будет. Мощность слоя от 1,1 до 2,15 м.

ИГЭ-2 Глина полутвердая, тяжелая, с примесью органических веществ, ненабухающая. Распространен повсеместно и залегает под насыпным грунтом. По данным лабораторных исследований модуль деформации в водонасыщенном состоянии составляет 15,4 МПа, удельное сцепление – 44 кПа, угол внутреннего трения – 9,4°.

ИГЭ-3 Глина тугопластичная, легкая пылеватая, с примесью органических веществ, ненабухающая. Имеет повсеместное распространение и залегает под глинами ИГЭ-2. По данным лабораторных исследований модуль деформации глин составляет 8,7 МПа, удельное сцепление – 23 кПа, угол внутреннего трения – 14°.

ИГЭ-4. Переслаивание мергеля (70%), аргиллита (25%), реже песчаника (3-4%), известняка (1-2%). Мергель выветрелый, трещиноватый, пониженной прочности. Аргиллит выветрелый, трещиноватый, низкой прочности.

Подземные воды вскрываются в виде «верховодки», которая распространена в глинистых делювиально-покровных и техногенных отложениях на глубинах от 0,3 м до 2,5 м от поверхности земли. Верховодка

появляется в основном в осенне-зимний период. Питание происходит за счет атмосферных осадков.

Основной четвертичный водоносный горизонт вскрывается на глубинах от 5,0 м. Установившиеся уровни от поверхности земли – 0,35-3,60 м.

Среди опасных геологических процессов отмечены подтопление территории подземными водами (категория опасная) и затопление поверхностными при катастрофических паводках.

Здание 13-ти этажное, нормального уровня ответственности, с полным железобетонным каркасом. Фундамент монолитный плитный толщиной 900 мм.

В связи с наличием слабых водонасыщенных грунтов было предусмотрено техническое решение по усилению грунтов основания методом цементации через направленные разрывы.

В лаборатории были исследованы экологически безопасные цементогрунтовые составы для усиления грунтов [4-8].

В качестве основных компонентов смеси были использованы сульфатостойкий цемент по ГОСТ 22266-2013 марки не менее М400, суглинок, техническая вода и вспениватель (ПАВ) - технический сульфанол НП-1(либо порошки «Кристалл», «Лотос» и др. биоразлагаемые ПАВ).

Введение низких концентраций ПАВ позволяет повысить технологические свойства цементогрунтовых суспензий за счет достижения высокой подвижности и тиксотропности составов, снижения седиментации и расслоения.

Использование в качестве основного компонента армирующего раствора суглинистых грунтов значительно снижает коррозию цементогрунтового камня в агрессивных средах. В серии экспериментов содержание ПАВ в твердой фазе (грунт-цемент) на основании ранее

проводимых в лаборатории исследований выбрано постоянным и равным 0,05 %. Содержание цемента (М400) в твердой фазе составляло 10-60 %, соотношение воды и твердой фазы 0,6.

Приготовление вспененных цементогрунтовых составов заключалось в том, что грунт в течение 0,5 часа замачивался в воде, производилось перемешивание до получения однородной суспензии, добавлялся ПАВ и производилось вспенивание грунтовой суспензии. Затем в оставшийся объём воды добавлялся цемент, перемешивался и полученный раствор добавлялся к вспененной грунтовой суспензии до получения однородного легкоподвижного состава.

Из полученных цементогрунтовых суспензий способом налива изготавливались образцы, которые через сутки твердения в воздушно-влажной среде помещались в воду.

Через 28 суток определялись их характеристики. Определение прочности кубиков с ребром 100 мм выполнялись в соответствии с ГОСТ 10180-90.

Испытание призм с определением призмной прочности и модуля упругости осуществлялись в соответствии с ГОСТ 24452-80. Измерение продольных и поперечных деформаций каждой призмы производилось 8 индикаторами часового типа, установленными на всех четырех гранях призмы согласно схеме, приведенной в ГОСТ 24452-80 [9-10].

Для уточнения характеристик цементогрунта было испытано 5 составов. Общее количество образцов цементогрунта составило 30 шт.

Состав изученных цементогрунтовых суспензий и характеристики цементогрунтового камня приведены в таблице 1.

Таблица №1

Состав и основные показатели механических свойств цементогрунта

№ п/п	Состав				Прочность на одноосное сжатие, МПа	Модуль упругости E, МПа
	Цемент % тв.ф	ПАВ % тв.ф	Грунт % тв.ф	Вода:тв.ф.		
1	10	0,05	89,95	0,6	0,80	0,50
2	20	0,05	79,95	0,6	1,15	0,70
3	30	0,05	69,95	0,6	3,25	1,16
4	50	0,05	49,95	0,6	6,90	2,53
5	60	0,05	39,95	0,6	7,70	3,49

По результатам лабораторных исследований были даны рекомендации по усилению грунтов основания фундамента 13-ти этажного жилого дома в п. Дагомыс Лазаревского района г. Сочи путем устройства армоэлементов из цементогрунта с 10% содержанием цемента для ИГЭ-2 и 20% - для ИГЭ-3.

Армоэлементы были размещены с шагом 1,0 м. и имели прочность на одноосное сжатие 0,8 МПа при 10% и 1,15 МПа при 20% содержании цемента в растворе.

Расход компонентов рекомендуемых составов дан в таблице 2.

Таблица №2

Расход компонентов на 100 л рабочего раствора

% сод. цемента в тв. фазе	Кол-во цемента, кг.	Кол-во грунта, кг.	Кол-во ПАВ, кг	Количество воды, л. для затворения			Параметры грунтовой суспензии			Плотность раствора $\gamma_p, \text{г/см}^3$
				цемента	грунта	Всего	Г : В	Объем л.	$\gamma, \text{г/см}^3$	
10	12,0	95,0	0,06	5	65	70	1,45	93	1,45	1,46
20	25,0	84,0	0,06	10	60	70	1,40	89	1,44	1,45

Литература

1. Механика грунтов, основания и фундаменты. Под ред. С.Б. Ухова.--2-е изд., перераб. и доп. -- М.: Высш. шк., 2002.-566 с.: ил.
 2. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Бадеев В.С., Кузнецов М.В. «Способ усиления грунтов и устройство для его осуществления». Патент на изобретение № 2260092. Бюллетень изобретений и открытий, № 25, 2005.
 3. Исаев Б.Н., Белоключевский В.В., Бадеев С.Ю. «Способ закрепления лессовых просадочных грунтов и иньектор для его осуществления». Авт. свид. № 1444473. Бюллетень изобретений и открытий, № 46, 1988.
 4. Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из цементогрунта. НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова, Москва, 1986. 70 С.
 5. Ибрагимов М.Н. Вопросы проектирования и производства уплотнения грунтов иньекцией растворов по гидроразрывной технологии // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 2. С. 22-27.
 6. Кузнецов М.В., Маринченко Е.В., Пушкарев М.Д. Проектирование ограждения котлована жилого дома в условиях плотной городской застройки в г. Ростове-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2018, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4933.
 7. Дежина И.Ю. Выбор метода преобразования лессовых грунтов Ростовской области с учетом различных факторов // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.
 8. Абрамова Т.Т., Валиева К.Э. Упрочнение грунтов цементными растворами с использованием методов высоконапорной иньекции // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи Юбилейная конференция, посвященная 25-летию образования ИГЭ РАН. 2016. С. 14-18.
-

9. M.N. Ibragimov, "Characteristics of soil grouting by hydro-jet technology, " SoilMechanics and Foundation Engineering, vol. 50, no. 5, pp. 200-205, 2013.

10. Kim B.J., Choi H. Estimation on the field application for in-site recycling of the wastes soil from preboring. Advances in materials science and engineering. Inst. 2016. 2048023 p.

References

1. Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenty [Soil mechanics, bases and foundations]. Pod red. S.B. Ukhova. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Vyssh. shk., 2002.-566 s.: il.

2. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Badeev V.S., Kuznetsov M.V. «Sposob usileniya gruntov i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya» [A method of enhancing the soil and device for its implementation]. Patent na izobretenie № 2260092. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 25, 2005.

3. Isaev B.N., Beloklyuchevskiy V.V., Badeev S.Yu. «Sposob zakrepleniya lessovykh prosadochnykh gruntov i in"ektor dlya ego osushchestvleniya» [The method of fastening the loess subsidence of soils and the injector for its implementation]. Avt. svid. № 1444473. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 46, 1988.

4. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu fundamentov iz tsementogrunta [Recommendations for the design and construction of the foundations of cementsoil]. NII osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy im. N.M. Gersevanova, Moskva, 1986. 70p.

5. Ibragimov M.N. Voprosy proektirovaniya i proizvodstva uplotneniya gruntov in"ektsiy rastvorov po gidrorazryvnoy tekhnologii. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2015. № 2. pp. 22-27.

6. Kuznetsov M.V., Marinchenko E.V., Pushkarev M.D. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4933.



7. Dezhina I.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.
8. Abramova T.T., Valieva K.E. Sergeevskie chteniya. Inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi Yubileynaya konferentsiya, posvyashchennaya 25-letiyu obrazovaniya IGE RAN. 2016. pp. 14-18.
9. M.N. Ibragimov, "Characteristics of soil grouting by hydro-jet technology», SoilMechanics and Foundation Engineering, vol. 50, no. 5, pp. 200-205, 2013.
10. Kim B.J., Choi H. Estimation on the field application for in-site recycling of the wastes soil from preboring. Advances in materials science and engineering. Inst. 2016. 2048023 p.