Ложкин Павел Егорович, студент,
кафедра строительных материалов, механизации и геотехники
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т.Калашникова
Lozhkin Pavel Egorovich, Student,
Department of Construction Materials, Mechanization and Geotechnics,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Научный руководитель:
Плеханова Татьяна Анатольевна,
канд. техн. наук, доцент,
Ижевский государственный университет
имени М. Т. Калашникова
Plekhanova Tatiana Anatolevna,
Candidate of Technical Sciences, associate professor,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University

УКРЕПЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА БУРОИНЪЕКЦИОННЫМИ СВАЯМИ ПО МАНЖЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ГИДРОРАЗРЫВОМ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ
STRENGTHENING OF FOUNDATION SOIL BY DRILL AND INJECTION PILES USING SLEEVE-PORT GROUTING WITH HYDROFRACTURING DURING BUILDING RECONSTRUCTION

Аннотация. В статье приводятся сравнительные методы укрепления основании и фундаментов зданий и сооружений. Выбор рационального метода усиления оснований и фундаментов с учетом состояния существующих несущих конструкций, способность их воспринимать действующие и дополнительные, возникающие в ходе реконструкции нагрузки. Применение манжетной технологии с различными режимами инъекции раствора и формирование гидравлических разрывов «гидроразрывов» для эффективного закрепления грунтового основания. Анализ полученных результатов и вывод эффективного применения манжетной технологии укреплении основании и фундаментов при реконструкции здания.

Abstract. This article presents a comparison of methods for strengthening the foundations and subsoils of buildings and structures. It addresses the selection of an optimal strengthening approach, taking into account the condition of existing load-bearing structures and their capacity to withstand both current loads and the additional loads that may arise during reconstruction. The study examines the use of sleeve-pipe (tube-à-manchette) grouting technology – employing various injection modes and the creation of hydraulic fractures – to effectively stabilize the soil base. Finally, the results are analyzed, leading to the conclusion that sleeve-pipe grouting is an effective technique for reinforcing foundations and subsoils during building reconstruction.

Ключевые слова: Инъекция раствора, манжетная технология, гидроразрыв, пылевато-глинистые грунты, закрепление грунтового основания.

Keywords: Solution injection, sleeve-pipe (manchette) technology, hydraulic fracturing, silty-clayey soils, soil foundation stabilization.

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение строительных свойств грунтов для усиления оснований зданий старой застройки, является давно назревшей и чрезвычайно важной проблемой для повышения

долговечности и надежности сооружений в крупных городах при внешних техногенных воздействиях [6, с. 52-54].

Преимуществами применения манжетной технологии путём инъекции цементного раствора под давлением до 3-6 МПа с образованием и распространением в грунтовом массиве гидравлических разрывов («гидроразрывов») являются относительно короткие сроки и минимизация объёмов выполнения подготовительных и земельных работ, армирование грунта более прочными по структуре гидроразрывами из цементного раствора и одновременного уплотнения грунта между ними в процессе консолидации, особенно при высоком уровне грунтовых вод [7, с. 294].

Проведенный анализ методов закрепления грунтов с учетом особенностей инженерно-геологических условий, позволил сделать следующие выводы

1. Традиционно используемые методы усиления слабых грунтов оснований сооружений такими, как перекладка существующих и подведение новых фундаментов, устройство обойм для укрепления кладки фундаментов и уменьшения удельных давлений от сооружений на грунты основания, устройство вблизи существующих различных по конструкциям свайных фундаментов с передачей на них нагрузок от сооружений, имеют ограничено применение [4, с. 4-12].

2. Задачи по закреплению грунтов оснований часто требуют повторного возвращения к объектам усиления, при этом ни одна из существующих технологий, кроме манжетной, не позволяет их решить с минимальными затратами.

3. Совершенствование технологии инъекционного закрепления грунтов с использованием манжетной технологии может позволить повысить качество закрепления грунтов и увеличить эффективность использования данного метода для решения различных сложных геотехнических задач.

Цель исследования – повышение эффективности закрепления грунтового основания сложенного преимущественно пылевато-глинистыми грунтами с применением манжетных колонн и инъекцией раствора в режиме формирования гидравлических разрывов («гидроразрывов»).

Задачи исследования:

1) обосновать эффективность применения манжетных колонн с инъекцией раствора в режиме формирования гидроразрывов для закрепления пылевато-глинистых грунтов при реконструкции здания;

2) усовершенствование стандартного и разработка нового оборудования для закрепления грунтов с использованием манжетной технологии, в том числе при неоднократном инъектировании;

3) внедрение предлагаемого метода усиления оснований с использованием манжетной технологии на объекте реконструкции г. Ижевск.

Объектом исследования являются слабые водонасыщенные грунты оснований сооружения.

Предметом исследования является изменение напряженно-деформированного состояния и характеристик оснований, упрочненных методом инъектирования с использованием манжетной технологии в режиме гидроразрыва, в том числе, при неоднократной инъекции.

Характеристики грунтового основания.

Для определения физико-механических характеристик грунтов (таблица 1, 2) и их напластования на площадке для проведения исследований были выполнены скважины с отбором проб грунта нарушенной и ненарушенной структуры. Установившийся уровень грунтовых вод в интервале глубин 1,2-1,6 м

Характеристики грунтового основания строительной площадки.

Таблица 1

Данные инженерно-геологических изысканий

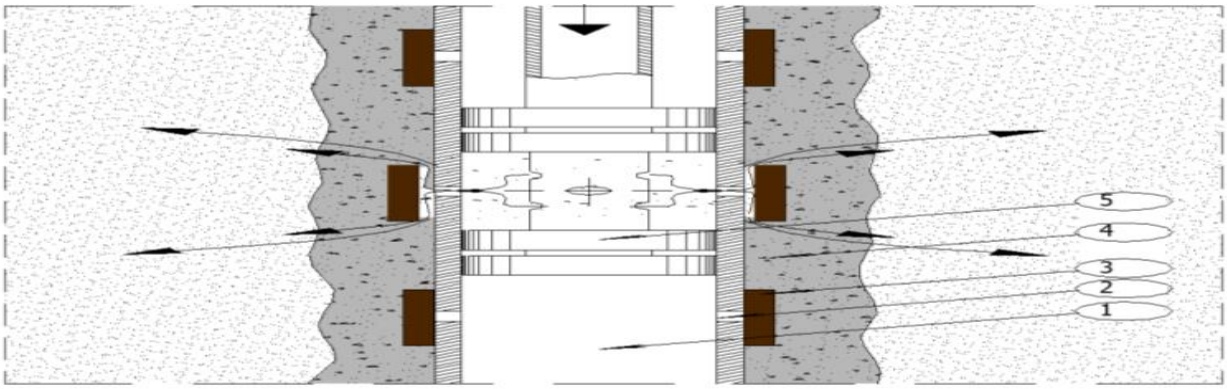
№ скв.	Отм. устья скв. (м)	УПВ (м)	Мощности слоев грунтов (м)		
			1	2	3
1	127,8	127,8	2,4	3,6	не уст.
2	128,1	127,1	2,4	3,0	не уст.
3	127,4	127,4	2,1	3,5	не уст.
4	127,6	127,6	2,0	3,0	не уст.

Таблица 2

Данные физико-механического состава грунтов

№	Наименование грунта	Плотность т/м3		Влажность отм. ед.		
		ρ	ρ_s	w_0	w_p	w_L
1	Песок крупный	2,024	2,653	0,231	---	---
2	Глина	1,952	2,717	0,296	0,106	0,401
3	Песок пылеватый	1,987	2,662	0,257	---	---
4	суглинок	1.921	2,704	0,314	0,284	0,598

Инъекция в грунт растворов выполняется с использованием манжетных колонн. В качестве манжетных колонн используются трубы из металла или полимерных материалов. Типовая конструкция скважины с манжетной колонной приведена на (рис.1) [5, с. 61].



1 – труба металлическая, 2 – отверстие, 3 – резиновый манжет, 4 – обойма, 5 – тампон самоуплотняющийся

Рисунок 1. Скважина инъекционная с установленной манжетной колонной

Методом инъекции в режиме гидроразрыва растворами на основе цементов типа И укрепляют любые грунты различной степени водонасыщения (для песков) и консистенции (для связных грунтов) – супесчаные, суглинистые и глинистые, получая требуемые показатели укрепления [5, с. 13-22].

Перемещаемый внутри инъектора пакер герметизирует и направляет подачу раствора в заданный интервал, что критически важно для формирования разрывов. Нагнетание раствора

в режиме гидроразрыва происходит при перепадах давления от 0,6–0,8 до 1,2–1,8 МПа и ведёт к локальному разрыву грунта с образованием полости [5, с. 64-67]. Закрепление грунтов манжетным способом следует вести многократно-циклическим режиме, с повторяемостью циклов от 3 до 5 раз, что приводит к увеличению количества сформированных гидроразрывов на каждом горизонте инъекции и как следствие более эффективному закреплению грунтового массива. Толщина гидроразрывов при циклическом режиме инъекции в 1,5-1,8 раза больше, чем при однократном режиме [5].

Оборудование для производства работ применялось из комплекса по приготовлению инъекционного раствора с плунжерным насосом, обеспечивающим давление до 5–12 МПа для подачи раствора к точке инъекции [5].

Вывод

В результате проведенного численного моделирования напряженно деформированного состояния грунта основания реконструируемого здания в г. Ижевск с оценкой степени консолидационного уплотнения грунта и повышения значений его модулей деформации в сопоставлении с данными определений характеристик грунта, полученными с помощью комплексных сейсмоакустических методов. Водонасыщенный пылеватый песок в основании рассматриваемого здания в результате закрепления в режиме гидроразрыва по данным моделирования приобрел значения модуля деформации в интервале от 16,7 до 25 МПа, при начальном значении 10 Мпа [1, с. 13]. По результатам измерения скоростей продольных и поперечных волн были вычислены значения динамического модуля упругости и динамического коэффициента Пуассона грунтов в зоне закрепления и за ней. Для зоны закрепления величина динамического модуля упругости в среднем составила 24-25 МПа, значение коэффициента Пуассона 0,41. За пределами зоны закрепления величина динамического модуля упругости в среднем составила 10-11 МПа, значение коэффициента Пуассона 0,40.

Список литературы:

1. Ермолаев, В.А. Закрепление оснований зданий и сооружений методом гидроразрыва при неоднократном инъектировании: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.А. Ермолаев. – Санкт-Петербург, 2013. – 166 с.

2. Ибрагимов, М.Н. Закрепление грунтов инъекцией цементных растворов: монография / М.Н. Ибрагимов, В.В. Семкин. – Москва: Издательство АСВ, 2012. – 256 с.

3. Мацегора, А.Г. Инъекционное укрепление грунтов основания фундаментов / А.Г. Мацегора, А.И. Осокин, В.А. Ермолаев // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 7. – С. 52–53.

4. Методические рекомендации по применению буроинъекционных свай / разраб. А.И. Егоров; Институт «Спецпроектреставрация» Министерства культуры РСФСР. – 2-е изд. – Москва: Восстановление, 1997. – 59 с.

5. Методическое пособие по укреплению грунтов методами струйной цементации, глубинным перемешиванием, инъекции растворами на основе микроцементов, манжетной инъекцией в режиме гидроразрыва / Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». – Москва, 2020. – с 80.

6. Пономаренко, Ю.В. Укрепление оснований фундаментов эксплуатируемых зданий и сооружений / Ю.В. Пономаренко, В.С. Кузькин // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 6. – С. 52–54.

7. Самохвалов, М.А. Результаты экспериментальных исследований формирования гидроразрывов в пылевато-глинистых грунтах / М.А. Самохвалов, О.В. Ахихмин, А.Е. Токарев, А.А. Паронко // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 3. – С. 294-297.