

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Немеровец О. В., Мазницкая Е. А.

(научный руководитель – Анисимов Ю. В.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Динамичное развитие строительной отрасли, точечная застройка в крупных городах требуют использования новых высокотехнологичных методов в области подземных строительных работ. Одним из таких методов является струйная цементация (jet grouting). Этот метод был изобретен и освоен за рубежом в конце XX века. В Республике Беларусь данная технология стала востребованной относительно недавно.

Идея такого способа укрепления грунта оказалась настолько полезной и практичной в применении, что за последние десять лет мы можем наблюдать распространение этой технологии практически по всему миру, позволяя прибегать к новым и более эффективным способам решения укоренившихся проблем в области подземного строительства, так, например, применяя противофльтрационные завесы для обводненных грунтов.

Также, в отличие от других технологий в этом направлении, струйная цементация грунтов позволяет легко выравнивать прочность и деформационные свойства грунтов. По сравнению с традиционными технологиями инъекционного закрепления грунтов струйная цементация позволяет укреплять практически весь диапазон грунтов – от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов.

Применение технологии Jet grouting обширно, она используются в следующих направлениях:

- ограждение котлованов и создание подпорных стенок;
- усиление фундаментов разных типов;
- выравнивание грунтов внедрением армирующих элементов;
- вертикальные или горизонтальные противофльтрационные завесы постоянного и временного назначения;

- сооружение буронабивных свай.

Почему так широко используется эта технология? Рассмотрим плюсы данного метода по сравнению с другими технологиями. Преимущества технологии Jet grouting:

- компактность буровой установки позволяет работать в стеснённых условиях;
- высокотехнологичное оборудование обеспечивает высокую производительность грунтоцементных свай;
- отсутствие динамических колебаний исключает угрозу для близлежащих строений и грунтовых массивов;
- важный плюс в том, что благодаря маленькому диаметру лидерной скважины можно позволить при усилении фундамента выполнить сваи диаметром 300-2500 мм через отверстие диаметром всего 112 мм.

Технология выполнения работ.

На первом этапе происходит бурение скважины вращательным методом до проектной отметки. Второй этап – в процессе обратного хода производят подъем колонны с одновременным ее вращением. При этом поднимают давление цементного раствора, который поступает в сопла монитора, создающие струю с высокой кинетической энергией. И конечный, третий этап – армирование не застывшей грунтобетонной сваи. После затвердевания грунтоцементной смеси образуется грунтобетон, обладающий более высокими, по сравнению с исходным грунтом, противодиффузионными, прочностными и деформационными характеристиками.

Существует три основных разновидности технологии:

Однокомпонентная технология (Jet1).

В этом случае разрушение грунта производят струей цементного раствора. Давление нагнетания раствора составляет 400-500 атм. Ее преимущества – простота и минимизация затрат. Из оборудования используется только насосная и смесительная станции и специальный буровой инструмент, однако диаметр получаемых свай также является наименьшим по сравнению с другими вариантами технологии.

Двухкомпонентная технология (Jet2).

В этом варианте для увеличения длины водоцементной струи используют энергию сжатого воздуха. Для раздельной подачи в мо-

нитель цементного раствора и сжатого воздуха применяют двойные полые штанги. По внутренним штангам подают цементный раствор, а по внешним – сжатый воздух. Диаметр свай, получаемых по этой технологии, в глинах достигает 1200 мм, а в песках – 1500 мм. К оборудованию необходимому для предыдущей технологии добавляется компрессор и специальные шланги.

Трехкомпонентная технология (Jet3).

Этот вариант отличается от предыдущих тем, что водовоздушная струя используется исключительно для размыва грунта и образования в нем полостей, которые в последствии заполняются цементным раствором. Преимуществом данного варианта является получение колонн из чистого цементного раствора. К недостаткам следует отнести сложность технологической схемы, требующей применения тройных штанг, а также дополнительного технологического оборудования. При правильном подборе технологических параметров можно получить сваи диаметром 2500 мм. Применяют специальные трехканальные буровые штанги. Кроме этого должны присутствовать компрессор и насосы для раздельной подачи воздуха и воды.

С помощью технологии Jet grouting выполнено много укреплений фундамента, сложных реконструкций зданий, рассмотрим наиболее интересные.

Строительство технологической площадки в акватории Камского водохранилища.

При инженерно-геологических исследованиях было выявлено, что верхний пласт грунта – ил супесчаный, мощностью 0,5-0,7 м, второй пласт - торф сильно разложившийся, водонасыщенный; мощность пласта – от 0,5 до 4,5 м. Участок затапливается водами Камского водохранилища в периоды его наиболее высоких уровней. Обеспечение технологических требований по размещению бурового оборудования на площадке с такими геологическими характеристиками без выполнения мероприятий по искусственному улучшению грунтов практически невозможно. Для обеспечения приемлемых величин и сроков уплотнения торфов, залегающих в основании искусственного острова, исходя из опыта работы с подобным типом был предложен метод закрепления грунтов основания путем струйной цементации грунтов (англ. Jet grouting) по двухкомпонентной

схеме «Jet-2». Конструктивное закрепление выполняется в виде устройства геомассива, состоящего из грунта естественного сложения и армирующих элементов, расположенных по сетке шагом 1,8x1,8 м. Преимуществом предлагаемого метода является достаточная оперативность его реализации. Основной отряд строительных машин автономен, без дополнительных источников электроэнергии.

Реконструкция здания цирка в г.Минске.

При реконструкции цирка в г. Минске на берегу р. Свислочь потребовалось выполнить заглубленный объем под магазин сменных арен. Геотехнические условия оказались сложными – отметка дна котлована для устройства заглубленного объема располагалась на 3,44 м ниже уровня подземной воды и подошв существующих фундаментов, а основание сложено песчаными грунтами с большими коэффициентами фильтрации. Устройство водопонижения в таких условиях неизбежно вызвало бы значительные деформации фундаментов и существующих конструкций здания цирка. Использование крупногабаритной техники внутри здания было невозможно. В связи с этим был разработан проект создания противодиффузионной ванны. Стены и днище ее предполагалось выполнить из пересекающихся свай и цилиндрических элементов, выполняемых в обводненном грунте по технологии высоконапорной инъекции с помощью малогабаритного оборудования “JetGrouting”. Диаметр свай ограждения ванны и примыкающего котлована составлял 800 мм, длина соответственно 9,25 и 4,0 м.

Метод струйной цементации исключает необходимость использования тяжелой техники, оказывающей динамические нагрузки на соседние грунты и сооружения. Благодаря последнему «Jet grouting» применим в отношении аварийных и реконструируемых зданий, позволяя с осторожностью усиливать их фундаменты.

На основании испытаний было выяснено, что метод струйной цементации увеличивает модуль деформации укрепленных грунтов в 2-3 раза. Предельное сопротивление грунта в данном случае увеличивается в 2,5-3,5 раза, а несущая способность свай (36 тонн) достигает значения от 72 до 78 тонн.