

СПОСОБ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ОГРАЖДЕНИЙ ИЗ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ ВОКРУГ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ

Малинин А.Г., к.т.н., технический директор
ООО «СК «ИнжПроектСтрой»,
Малинин Д.А., аспирант ПНИПУ

Строительство глубоких котлованов в обводненных грунтах является одной из наиболее сложных задач подземного строительства. Одной из технологий, позволяющей создать водонепроницаемое грузонесущее ограждение вокруг котлована, является струйная цементация грунтов.

Основой технологии струйной цементации является использование энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором в режиме "mix-in-place" (перемешивание на месте). После твердения раствора образуется новый материал – грунтобетон, обладающий высокими прочностными и противодиффузионными характеристиками. Подробное описание технологии приведено в монографии [1].

Ограждение из пересекающихся грунтоцементных колонн играет роль не только несущей конструкции, воспринимающей давление окружающего грунта (в этом случае сваи армируются трубами или другим прокатом), но и противодиффузионной завесы, препятствующей поступлению воды в котлован.

В том случае, когда не обеспечено плотное примыкание свай друг к другу, выход воды или обводненного грунта в котлован приводит к аварийным ситуациям – разрывам близкорасположенных коммуникаций, просадкам поверхности окружающего грунта, аварийным осадкам фундаментов зданий окружающей застройки и т.д.

Именно по этим причинам перед началом разработки грунта в котловане чрезвычайно важно убедиться в сплошности конструкции из грунтоцементных колонн.

Рассмотрим пример устройства однорядного ограждения для случая, когда требуется плотное примыкание колонн друг к другу. В этом случае шаг устройства колонн составляет 50-90 % от величины диаметра колонн.

На рис.1 показан порядок устройства колонн, который состоит из двух основных этапов. На первом этапе колонны в ограждении устраивают через одну колонну, на втором этапе выполняют промежуточные колонны. При этом струя цементного раствора «сканирует» поверхность ранее выполненных колонн, что обеспечивает плотное прилегание колонн друг к другу.

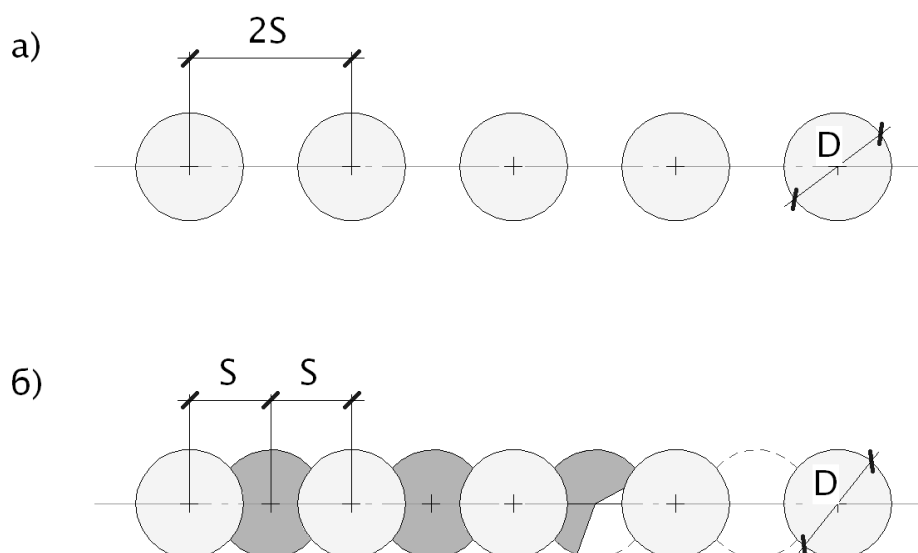


Рис. 1. Порядок устройства однорядной конструкции ограждения из грунтоцементных свай
а) этап №1, б) этап №2.

В реальности ограждающая конструкция может иметь дефекты. Первой причиной возникновения дефектов является расхождение грунтоцементных свай на глубине из-за отклонения бурового снаряда от вертикали при бурении лидерной скважины в процессе прямого хода.

Второй часто встречающейся причиной является нарушения сплошности однорядной конструкции из-за того, что в процессе струйной цементации (обратный ход буровой колонны) сформированы сваи с диаметром, величина которого меньше проектного значения. Это часто происходит из-за несоответствия геологического строения грунтового массива результатам геологических изысканий или из-за нарушения технологии производства работ.

В настоящее время не существует методик, позволяющих определить возникновение дефектов в процессе производства работ. На практике дефекты вскрываются только в процессе разработки грунта в котловане.

Отметим, что некоторые обнаруженные дефекты можно ликвидировать при помощи инъекции быстротвердеющих составов на основе цемента и синтетических смол, однако крупноразмерные дефекты, как правило, ликвидировать невозможно, что и приводит к аварийным ситуациям.

В настоящей работе авторами предлагается использовать ультразвуковой метод для проверки качества сплошности ограждений из грунтоцементных колонн перед началом разработки грунта в котловане. В случае обнаружения дефектов на данном этапе, ликвидация происходит наиболее просто – с помощью свай-дублеров, устроенных в районе обнаруженного дефекта.

Ультразвуковой метод контроля качества бетонных изделий начал широко применяться в 70-х годах. Основными преимуществами данного метода является отсутствие необходимости изготовления дополнительных образцов для

испытаний, т.е. возможность оценки качества реальной бетонной конструкции непосредственно на строительной площадке.

Метод основан на фиксации времени прохождения ультразвукового сигнала через среду от передатчика до приемника. В зависимости от физических свойств материала происходит затухание амплитуды ультразвуковой волны.

О дефектах внутри конструкции можно судить, когда время прохождения сигнала является на порядок большим, чем время его прохождения на остальных участках или, когда сигнал не обнаружен принимающим датчиком.

В настоящей работе приведены результаты применения существующих методик и стандартов для обнаружения дефектов в конструкциях из грунтоцементных колонн с помощью использования прибора СНУМ. Отметим, что подобные результаты можно получить с помощью другого аналогичного прибора.

Прибор СНУМ (производство Израиль) сконструирован для неразрушающего контроля качества буронабивных свай и стены в грунте.

Прибор, представленный на рис. 2, состоит из следующих комплектующих элементов: основной блок СНУМ, два ультразвуковых датчика (излучатель и приемник), две катушки с кабелем по 50 м, два ролика с датчиками измерения глубины, соединительные кабели и блок питания, персональный компьютер с программным обеспечением для обработки результатов измерений.



Рис.2. Внешний вид прибора СНУМ.

Основной блок подключается через кабель USB к персональному компьютеру, на котором установлено специализированное программное обеспечение.

Для применения ультразвукового контроля следует выполнить следующие мероприятия.

После завершения устройства грунтоцементных колонн в ее тело опускается труба длиной равной глубине бурения и цементации. Труба не должна быть заполнена цементным раствором или иными сторонними элементами, поэтому нижний конец трубы должен быть заглушен. Труба может быть металлической, если она выполняет функцию армирующего элемента. В

случае устройства ПФЗ или сплошных зон укрепленного грунта можно использовать пластиковую трубку для удешевления стоимости работ.

Каждая труба заполняется технической водой для передачи ультразвукового сигнала.

Ультразвуковые испытания проводятся через 3-4 недели после устройства грунтоцементных колонн, что необходимо для набора прочности грунтоцемента. В процессе твердения возрастает модуль деформации грунтоцемента – именно на значительной разности значений модуля деформации грунтоцемента и несцементированного грунта в зоне дефекта и основан данный способ поиска дефектов.

Ультразвуковые датчики (приемник и передатчик) опускают на одном уровне в две соседние трубы до нижней отметки зоны цементации. Измерения проводятся снизу-вверх постепенным параллельным подъемом датчиков в зоне цементации с фиксацией результатов измерений.

В процессе измерений передатчик генерирует ультразвуковой сигнал, а приемник принимает этот сигнал (рис.3). Прохождение сигнала фиксируют на каждом интервале длины, который варьируют от 10 мм до 100 мм. Прибор фиксирует время прохождения через грунтоцементную среду и изменение мощности сигнала. С помощью роликов с датчиками прибор фиксирует глубину соответствующую измеренным данным.

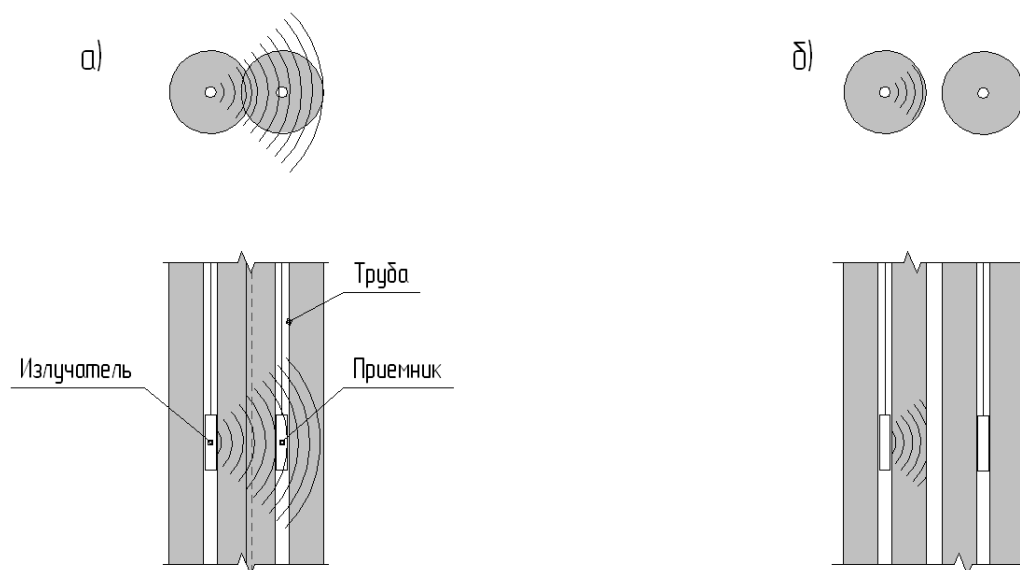


Рис. 3. Схематичный принцип действия:

- а) прохождения сигнала в случае плотного примыкания свай друг к другу;
- б) отсутствие прохождения сигнала в случае расхождения свай.

Результаты измерений отображаются на персональном компьютере и сохраняются в файле. По результатам измерений проводится анализ сплошности грунтоцемента в ограждающей конструкции.

Признаком качественной цементации грунта между колоннами является фиксация прохождения ультразвукового сигнала по всей длине двух соседних

свай. Отсутствие сигнала указывает на наличие незацементированного грунта между сваями.

Для проверки предлагаемого метода в условиях строительной площадки одного из текущих объектов предприятия «ИнжПроектСтрой» был построен стенд для проведения тестовых испытаний. Схема стенда показана на рис.4.

В деревянный ящик размерами 3200x800x850 мм были установлено три трубы на расстоянии 1500 мм друг от друга. Между двух труб была искусственно сформирована прослойка из песка на всю высоту и ширину ящика с переменной толщиной от 100 до 200 мм. Ящик заполнен грунтоцементной пульпой, изъятый при производстве работ на объекте. Испытания проводили спустя 1 месяц после заполнения стенда грунтоцементной пульпой, что было необходимо для набора прочности грунтоцемента.

При тестировании прибора было установлено, что ультразвуковой сигнал через песчаную перегородку не прошел. Измерения через вторую пару труб показали, что ультразвуковой сигнал проходит через грунтоцемент за 0,6-0,9 мс.

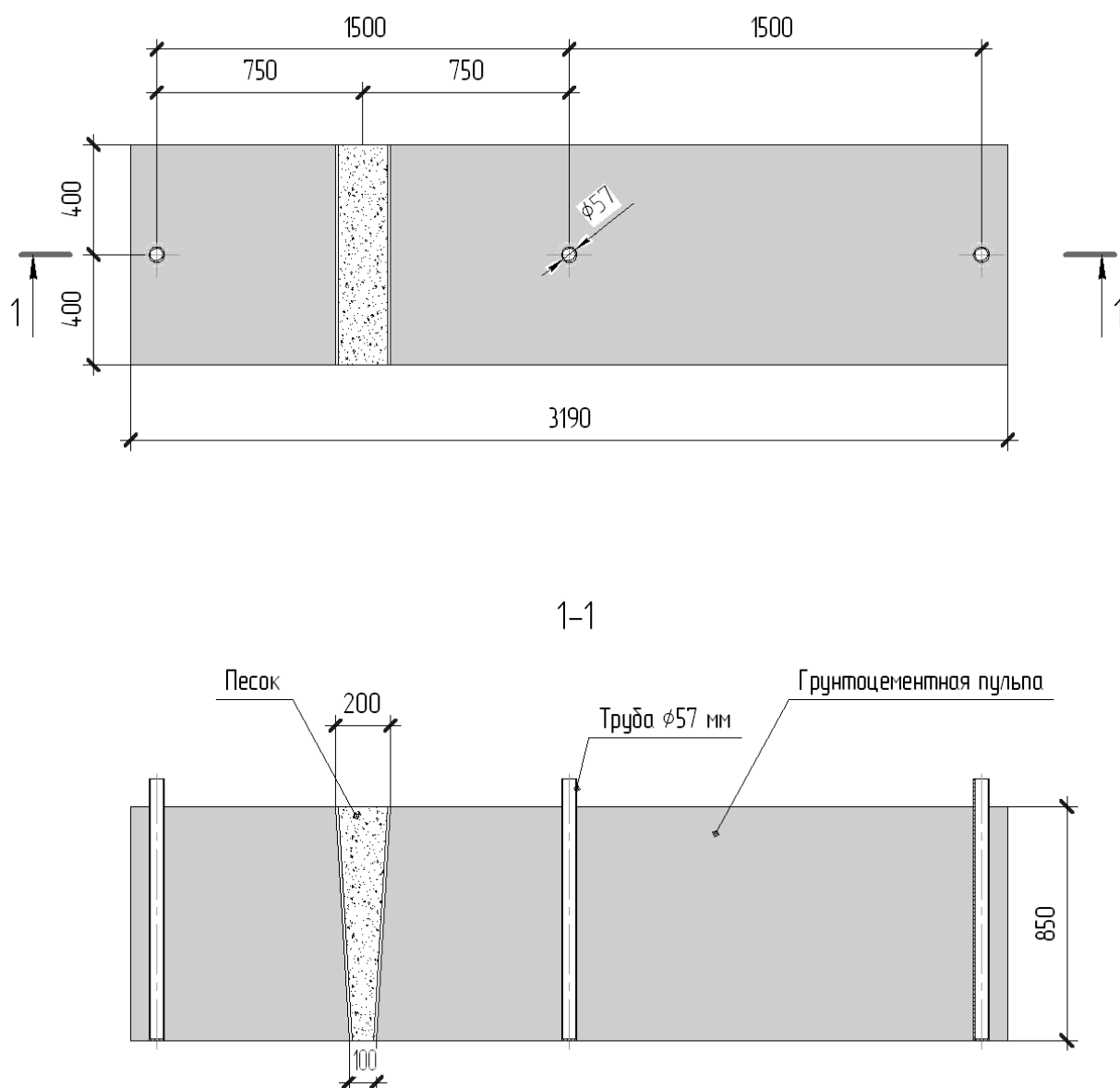


Рис.4. Схема испытательного стенда

Таким образом, стендовые испытания показали, что дефекты размеров 100-200 мм в грунтоцементном массиве обнаруживаются гарантировано.

Впервые предложенная методика была применена в 2011 г. при строительстве котлована подземного паркинга многоэтажного жилого дома в г. Пушкино (Московская область). Предприятием «Строительная компания «ИнжПроектСтрой» были выполнены работы по устройству ограждения котлована в обводненных песчаных грунтах глубиной до 6,0 м.

Рядом с границей строительной площадки протекала небольшая речка, поэтому уровень грунтовых вод был установлен на глубине всего 0,5 м.

Ограждение из пересекающихся грунтоцементных свай должно было выполнять функцию противодиффузионной завесы, так как выход обводненного грунта в котлован мог привести к аварийным осадкам многоэтажного дома, расположенного на расстоянии всего 25-30 м от бровки котлована.

Контроль качества сплошности ограждения выполняли ультразвуковым методом через трубы диаметром 73 мм, установленные в центре каждой сваи и играющие роль армирующего элемента.

На рис.5 показан пример обработки результатов измерений сплошности ограждения. Графики показывают, что на глубине приблизительно от 2,5 м до 4,5 м прохождение ультразвукового сигнала не было зафиксировано, что свидетельствует о наличии дефекта, связанного с уменьшением диаметра колонн в этой зоне.

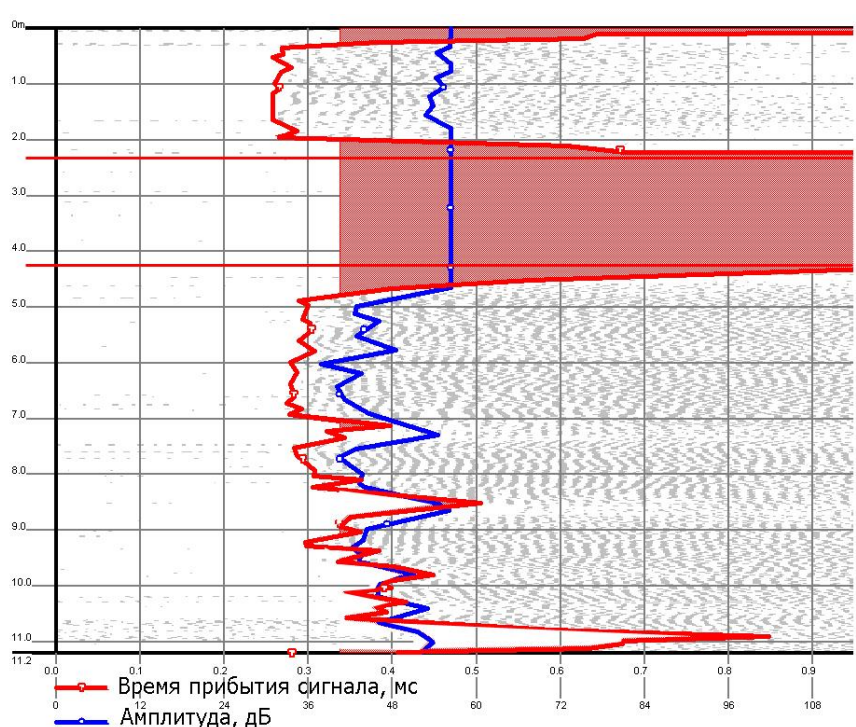


Рис.5. Результаты измерений (отчетливо видна зона, где ультразвуковой сигнал отсутствует).

По результатам измерений были установлены участки ограждения с дефектами. На участках ограждения котлована, где показания прибора были неудовлетворительными, была выполнена дополнительная цементация (рис.6). После откопки котлована протечек грунтовых вод не было зафиксировано.



Рис. 6. Устройство свай-дублеров.

На рис.7 показан внешний вид участка, где были выполнены свай-дублеры с целью ликвидации обнаруженных дефектов.



Рис.7. Внешний вид участка с ликвидированным дефектом сплошности ограждения.

Таким образом, предложенный способ контроля показал свою эффективность и впоследствии был запатентован авторами [2]. Внедрение способа контроля качества ультразвуком дает возможность заказчику и подрядчику убедиться в корректном исполнении проектного решения до разработки грунта и тем самым предотвратить возможные аварийные ситуации при строительстве котлована.

Литература:

- 1.Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов. М.: Стройиздат, 2010.-226 с.
- 2.МалининА.Г., Малинин Д.А. Способ контроля качества строительной конструкции : патент № 2392620 / Бюл. № 17, 2010. – 15 с.