

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ГЕОТЕХНИКА БЕЛАРУСИ: НАУКА И ПРАКТИКА
(г. Минск, БНТУ — 23–25.10.2013)

УДК 691.32.008.6

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ ОСНОВАНИЙ
И ФУНДАМЕНТОВ**

Зоценко Н.Л., Иванченко В.Г., Ясько С.Г.

*Полтавский национальный технический университет
им. Ю. Кондратюка, г. Полтава, Украина*

В статье рассмотрен опыт проведения контроля за качеством грунтоцементных оснований и фундаментов с использованием методов зондирования уширенным наконечником и прессиометрии.

This paper presents results of field studies soil cement elements by cone penetration test broadened tip and pressuremeter test.

В современной практике строительства значительное место занимают грунтоцементные основания и фундаменты. Изготавливаются такие конструкции путем разрыхления грунта по глубине непосредственно в массиве с параллельной пропиткой его цементным раствором до текучего состояния смеси и последующим многократным перемешиванием. В результате твердения грунтоцементной смеси в массиве грунта природного сложения образуются цилиндрические вертикальные, наклонные или горизонтальные жесткие элементы заданного диаметра и длины.

Известны два основных метода устройства грунтоцементных элементов – буромесительный, когда разрыхление и перемешивание грунта выполняются специальными долотами и струйный,

когда эти операции выполняет струя жидкости (цементного раствора). Качество грунтоцемента в значительной степени зависит от тщательности перемешивания смеси. В этом отношении оба метода примерно равноценны. Известны буросмесительные машины, в которых используются долота, элементы которых вращаются в противоположных направлениях. В результате изготовленный при помощи таких долот грунтоцемент, при всех прочих равных условиях, имеет более высокие механические характеристики.

Грунтоцементные элементы используются в фундаментостроении в двух основных направлениях:

- в качестве буровых свай, изготовление которых возможно без дополнительных креплений стенок скважин в любых слабых грунтах;
- для усиления массива слабых и неустойчивых грунтов путем повышения их механических характеристик, что в практике получило название «армирование грунтов»; таким способом усиливают слабые глинистые грунты (чаще водонасыщенные лессовые), а также рыхлые пески; этим же способом укрепляют оползневые склоны.

На основе приведенного выше, следует считать актуальным направлением исследование методов контроля качества грунтоцементных оснований и фундаментов.

Согласно существующей нормативной базе, которая с небольшими отличиями действует на территории СНГ, все методы диагностики грунтоцементных оснований и фундаментов можно разделить на три группы:

I группа – методы контроля за процессом изготовления грунтоцементных элементов;

II группа – методы контроля за качеством изготовленных грунтоцементных элементов;

III группа – методы контроля за несущей способностью грунтоцементных оснований и фундаментов.

При изготовлении грунтоцементных элементов разными способами регистрируется определенное количество технологических параметров, на основании которых специалист оценивает и регулирует ход технологического процесса. К этим параметрам относятся: привязка места устройства элементов в соответствии с рабочими чертежами; определение глубины проходки скважины,

скорости погружения снаряда в грунт, поданного объема цементного раствора, количества циклов перемешивания текучей грунтоцементной смеси; при необходимости устанавливаются параметры погружения в текучий грунтоцемент стальной арматуры.

Качество изготовленных грунтоцементных элементов определяют с помощью таких методов: путем бурения ствола элемента колонковым буром с отбором керна для лабораторных исследований, с использованием гамма и ультразвукового каротажа, а также акустического метода.

Колонковое бурение проводится по всей длине элемента с непрерывным отбором керна. По данным анализа керна устанавливают наличие посторонних включений или пустот, а также трещиноватость материала. Однако этот метод не достаточно точен вследствие большого различия в размерах диаметров элемента и керна, буровой инструмент может миновать дефект. К тому же бурение керна трудоемкий процесс и требует значительных затрат. Таким способом трудно набрать достаточное количество определений, поэтому метод используется только в исключительных случаях.

Метод гамма- и ультразвукового каротажа предусматривает наличие в элементе вертикальных каналов для опускания приборов. При этом каналы заполняют водой с целью создания акустического контакта. Точность метода возрастает с увеличением количества каналов. Метод обладает высокой разрешительной способностью, но из-за большой стоимости используется только в ответственных сооружениях – плотинах, опорах больших мостов и пр.

Акустический метод достаточно широко применяется для дефектоскопии разного вида забивных свай. Он основывается на ударном возбуждении упругой волны сжатия со стороны свободного конца сваи [1]. При распространении волна отражается от тех участков, где изменяется волновое сопротивление материала, в том числе и от конца сваи. Приемник упругих волн (датчик скорости или ускорения), установленный рядом с точкой создания возбуждения, принимает прямой и отраженный импульсы. Мгновенные значения этих сигналов, которые пропорциональны скорости или ускорению у торца элемента, фиксируются как временная функция с помощью устройства, которое преобразует их в числовой код и передает на компьютер для дальнейшей обработки. По достоверности акустический метод стоит на одном уровне с каротажем. С его помощью

в грунтоцементе элемента фиксируются трещины, пустоты, каверны, включения других материалов, а также однозначно определяется длина свай.

К методам контроля несущей способности грунтоцементных оснований и фундаментов следует отнести:

- статические испытания грунтов грунтоцементными сваями;
- статические испытания штампами грунтов, армированных грунтоцементными элементами.

Статические испытания грунтов грунтоцементными сваями проводятся в соответствии с действующими нормативными документами, как и для остальных свай. При этом необходимо учитывать тот факт, что для грунтоцементных свай обязательно определяется несущая способность сваи по материалу. Часто это значение оказывается меньшим, чем несущая способность сваи по грунту.

Сжимаемость армированного основания оценивается по результатам штамповых испытаний. Для этого используются квадратные железобетонные штампы размерами 100х100 см и 120х120 см. Схема расположения штампа на армированном основании показана на рис. 1.

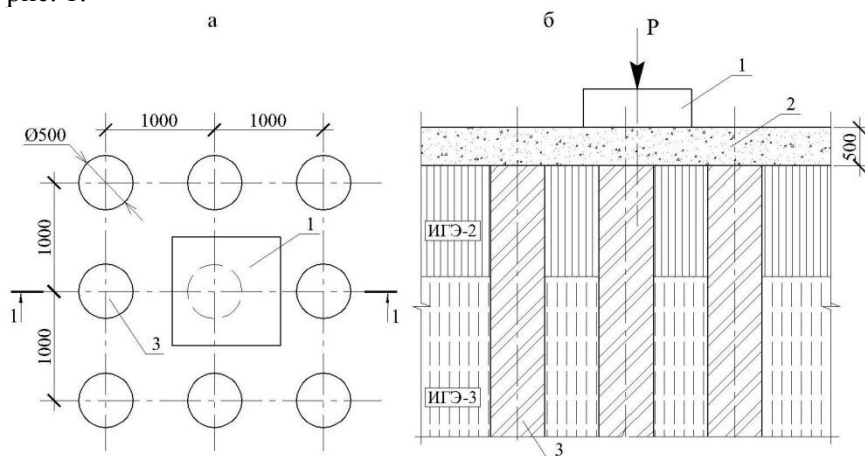


Рис. 1. Схема расположения штампа на армированном основании:

а – вид сверху; б – разрез по 1-1:

- 1 – квадратный штамп; 2 – распределительная подушка из щебня толщиной 0,5 м;
3 – грунтоцементные элементы

Следует отметить, что штамп позволяет оценить сжимаемость только верхней части армированной толщи основания, т.е. на глубину не более чем два диаметра штампа. Вся остальная закрепленная толща основания, сложенная, обычно, слоями различной литологии, остается не исследованной.

Особенности контроля качества оснований, усиленных армированием грунтоцементными элементами, потребовали использования дополнительных полевых методов исследований, обладающих различной достоверностью получаемых результатов. Можно предположить, что в этом направлении существуют значительные возможности для эффективного учета особенностей конкретных площадок, характеристик исходных компонентов и достоверности методов контроля качества. Указанные методы являются дорогостоящими и требуют дополнительных лабораторных исследований, что не всегда удобно в условиях реальной строительной площадки. Поэтому наряду с этими методами желательно применять скоростные методы исследований, такие как прессиометрический и статического зондирования. Все это обуславливает необходимость изучения аспектов и границ применения этих методов.

Для исследования эффекта армирования грунтоцементными элементами массива грунта одним из наиболее эффективных, по нашему мнению, является метод статического зондирования уширенным наконечником. В этом методе зондирование выполняется при диаметре основания конусного наконечника, превышающим диаметр штанг в 1,6 и более раз и углом при вершине 30° . При таком соотношении, кроме исключения или значительного снижения трения по боковой поверхности штанг, создаются условия для свободного вытеснения исследуемого материала в полость, которая образуется между стенками скважины и штангой, что значительно снижает усилие зондирования [2].

Положительными особенностями метода статического зондирования являются оперативная оценка изменений, которые произошли в грунте вследствие внешних воздействий, а также возможность исследования качества грунтоцементного элемента, что приобретает особое значение в условиях, когда отбор образцов ненарушенной структуры практически невозможен.

Была проведена серия полевых испытаний методом статического зондирования расширенным наконечником грунтоцементных свай

в условиях строительной площадки г. Полтавы. Испытания проводились на грунтоцементных элементах возрастом от двух до пяти суток. Во время испытаний на глубине до одного метра было обнаружено значительное повышение сопротивления зондированию. Эюра удельного сопротивления зондированию для такого элемента приведена на рис. 2.

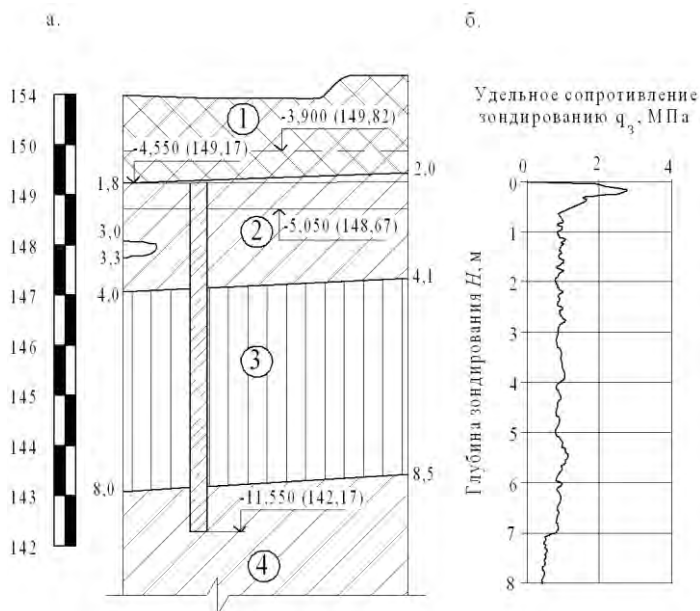


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез (а) и эюра удельного сопротивления зондированию расширенным наконечником (б)

Предыдущими исследованиями выявлено, что повышение сопротивления зондированию в верхней части элемента вызвано в первую очередь повышенным содержанием цемента, а также более высокой температурой и пониженной влажностью приповерхностного слоя грунта. Следует обратить внимание на тот факт, что сопротивление зондированию грунтоцемента ниже зоны переменных температур показывает уверенное постоянство его механических характеристик по глубине независимо от наличия слоистости основания. Это позволяет утверждать об относительной однородности грунтоцементного элемента по высоте, которая достигнута путем многократного перемешивания смеси в процессе его устройства.

Для исследования механических свойств основания, армированного грунтоцементными элементами, использовался гидравлический прессиометр Д-76. Прессиометр работает по воздушно-гидравлической схеме, при которой давление в прессиометре создается газом (азотом), а деформации измеряются по изменению уровня жидкости (воды, антифриза). Диаметр скважины 108 мм, глубина испытания до 25 м, максимальное давление на грунт 40 МПа, длина нагружаемого участка скважины 460 мм, измеряемое радиальное перемещение до 40 мм. Этим прессиометром можно определять модуль деформации грунтов от 1 до 2000 МПа. Схема расположения зонда прессиометра в армированном массиве показана на рис.3.

По результатам прессиометрических испытаний грунтов по глубине определяются: модуль деформации E , МПа; угол внутреннего трения грунта φ , градусах; удельное сцепление c , кПа [3].

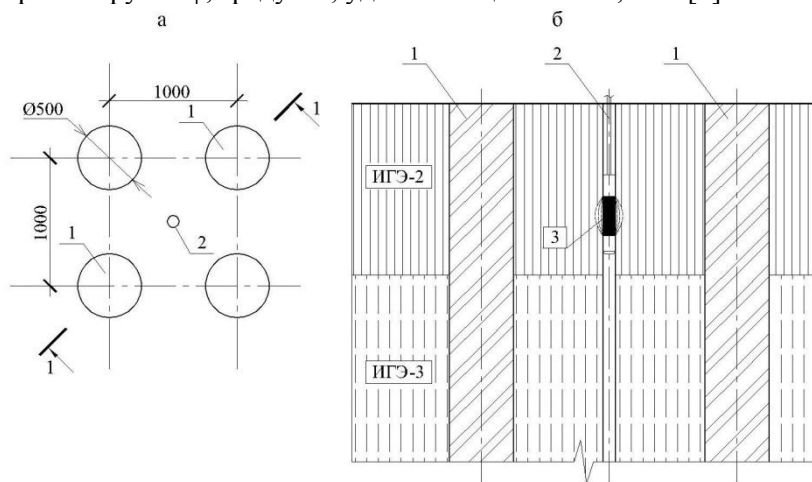


Рис. 3. Схема расположения зонда прессиометра в армированном грунтовом массиве:

a – вид сверху; *б* – разрез по 1-1:

1 – грунтоцементные элементы; 2 – прессиометрическая скважина;
3 – зонд прессиометра

На рис. 4 показаны сравнительные графики прессиометрических испытаний грунта природного сложения и закрепленного армированием основания вертикальными грунтоцементными элементами, изготовленными по бурсмесительной технологии.

Проведенные исследования подтверждают эффективность применения методов статического зондирования уширенным наконечником и прессиометрии при контроле качества грунтоцементных оснований и фундаментов. Применение указанных методов расширяет возможности контроля, повышает точность определений его показателей, а также снижает трудоемкость работ.

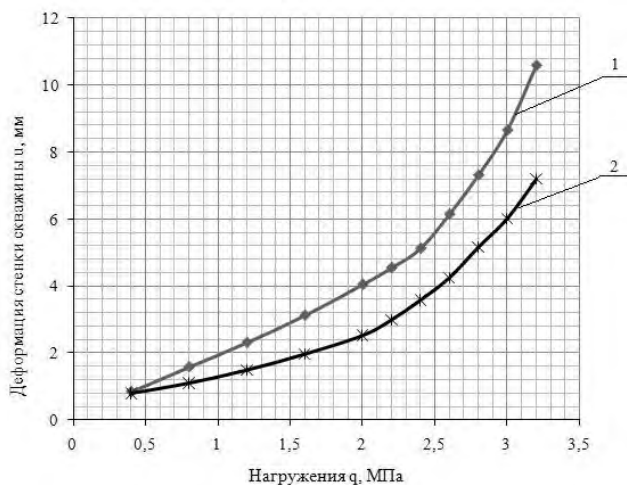


Рис. 4. График прессиометрических испытаний грунтов:
1 – природного состояния; 2 – после армирования основания

Литература

1. Городжа, А.Д. Сучасний стан контролю якості залізобетонних паль і бурових стовпів / А.Д. Городжа, Б.О. Трощинський, В.П. Козел // Основи і фундаменти : Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 30. – К. : КНУБА, 2006. – С. 3
2. Разоренов, В.Ф. Пенетрационные испытания грунтов./ В.Ф. Разоренов. – М. : Стройиздат, 1968.
3. Трофименков, Ю.Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю.Г. Трофименков, Л.Н. Воробков. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, – 1981.