НОВЫЕ ТИПЫ И КОНСТРУКЦИИ СВАЙ: ТЕХНОЛОГИИ ИХ УСТРОЙСТВА ПРИ НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ

(Продолжение. Начало в №6, 7 2011 г.)

СВАИ, УСТРАИВАЕМЫЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ДВОЙНОГО ВРАЩАТЕЛЯ (DOUBLE ROTARY)

Устройство свай по технологии двойного вращателя (Double Rotary) заключается в бурении скважины с использованием непрерывного проходного шнека под защитой инвентарной обсадной трубы (фото 7). Особенность технологии заключается в том, что бурение скважины происходит при одновременном правом вращении непрерывного проходного шнека внутри обсадной трубы и левом вращении трубы.

Технология устройства свай методом бурения с использованием двойного вращателя (Double Rotary) состоит из следующих операций (рис. 2):

- установка бурового станка на точку бурения (а);
- бурение скважины (б) на требуемую глубину с одновременным погружением шнека (правое вращение) и обсадной трубы (левое вращение);
- бетонирование скважины через сердечник шнека с одновременным подъемом шнека и обсадной трубы (в);
- смещение буровой установки относительно скважины и выгрузка грунта из обсадной трубы при левом вращении шнека (г);
- погружение арматурного каркаса в скважину, заполненную бетоном, с помощью вибратора, подвешенного к стреле крана (д);
- формирование оголовка сваи для связи с ростверком (е).

Опыт применения технологии устройства свай с использованием двойного вращателя в Санкт-Петербурге показывает, что она незаменима при работах в застроенной части города и может использоваться как для изготовления несущих свай под конструкции здания, так и для выполнения ограждения котлована методом секущихся или соприкасающихся свай. В Санкт-Петербурге сегодня используются буровые машины с двойным вращателем (Double Rotary), позволяющим изготавливать сваи диаметром до 520 мм и глубиной до 25 м.

К преимуществам технологии можно отнести следующее:

- она применима для всех видов дисперсных грунтов (несвязные плотные грунты, илы, твердые глины);
- отсутствие шума и значимых вибрационных воздействий позволяет устраивать сваи вблизи существующих зданий;
- высокая производительность за счет простого извлечения грунта шнеком;
- высокое качество заполнения скважины бетоном за счет подачи бетона под давлением;
- параметры бурения контролируются высокоточным бортовым компьютером.

В качестве примера эффективного использования данной технологии при устройстве свайного фундамента можно привести площадку строительства жилого дома (фото 3) со встроенными помещениями (ул. Херсонская, 25) — 6-этажное кирпичное здание с подвальным этажом для размещения паркинга.

Это здание находится в непосредственном примыкании к жилым домам. Инженер-но-геологические условия площадки строительства, характерные для застраиваемой части в Центральном административном районе, представлены следующими напластованиями грунтов. С поверхности залегают насыпные грунты, представленные техногенными отложениями с включениями остатков старых

Фото 1. Устройство свай под защитой обсадной трубы с помощью установки BAUER BG 25 (площадка строительства бизнес-центра на Владимирской пл. перед вестибюлем станции метро «Достоевская»)

Фото 2. Вид буровой установки RTG 21 BAUER (а) и двойного вращателя (б)

Фото 3

бутовых фундаментов от существовавшей на месте строительства застройки. Под слоем насыпных грунтов залегает слой неразложившегося коричневого торфа, насыщенного водой. Его слой мощностью до 2-х метров исторически определял способ устройства фундаментов. Предыдущее здание постройки конца XIX в. имело в основании фундамента деревянные сваи, выполненные из хвойных пород, длиной до 8 м. Диаметр круглых деревянных свай составлял 230 – 250 мм. При выполнении работ по устройству нулевого цикла строящегося дома часть деревянных свай, попадающих в места постановки новых буронабивных свай, была извлечена. Отмечалось разрушение древесины из-за гниения в уровне оголовков деревянных свай. По длине основного ствола извлеченные сваи каких-либо дефектов не имели.

Под слоем торфа залегает слой морских отложений, представленных пылеватыми водонасыщенными песками средней плотности до глубины 8,5 м, имеющим прослой мощностью до 2,5 м из органосодержащих супесей с низким модулем деформации. Ниже по разрезу залегают ленточные суглинки мягкопластичной консистенции, которые с глубины 12 м подстилаются слоистыми пластичными супесями.

Кровля моренных отложений подсечена при проведении изысканий на глубине бурения 13,7 – 14,2 м. Моренные отложения представлены пылеватыми серыми полутвердыми супесями, имеющими модуль деформации 25 МПа. Вскрытая мощность данных отложений — 13,5 – 15 м. В толще моренной супеси имелись включения слоя суглинка с гравием и галькой тугопластичной консистенции мощностью до 4-х м. В качестве опорного слоя для устраиваемых буронабивных свай диаметром 550 мм и длиной 14 м был принят слой олутвердых супесей.

Проведенные статические испытания свай показали полное соответствие данного инженерного решения требованиям проекта. Максимальная нагрузка, достигнутая при испытании, составила 1 450 кН при осадке 13 мм. В проекте расчетная нагрузка на сваю была принята 1 200 кН[2].

[2] **Испытания свай статической нагрузкой проводились ЗАО ПКТИ.**

Фото 4. Буровая установка SoilMec CM-120 (а) и рабочий орган для устройства свай по технологии двойного вращателя (б)

По данной технологии было изготовлено 203 сваи. Для ограждения котлована со стороны существующих зданий и зоны инженерных коммуникаций была выполнена ограждающая стенка из касательных свай диаметром 350 мм, сочетающая в своем составе сваи различной длины и диаметра: несущие сваи под здание — диаметром 550 мм и длиной 14 м, сваи ограждения — диаметром 350 мм и длиной 5 м. Для изготовления всех свай использовалась буровая установка СМ 120 (фото 9).

Фото 5. Устройство свай по технологии непрерывного проходного шнека (площадка строительства, корпус Ижорского завода)

БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫЕ НЕПРЕРЫВНЫМ ПРОХОДНЫМ ШНЕКОМ (CFA)

Технология устройства буронабивных свай с использованием непрерывного проходного шнека имеет в английском написании название CFA (Continuous Flight Auger), в немецком — SOB. Данная технология изготовления свай заключается в погружении рабочего органа — полого проходного шнека — на необходимую глубину. Грунт извлекается в объеме разбуриваемой скважины и доставляется на поверхность посредством реборд, наваренных по спирали по всей длине трубы. Технология устройства свай непрерывным проходным шне-

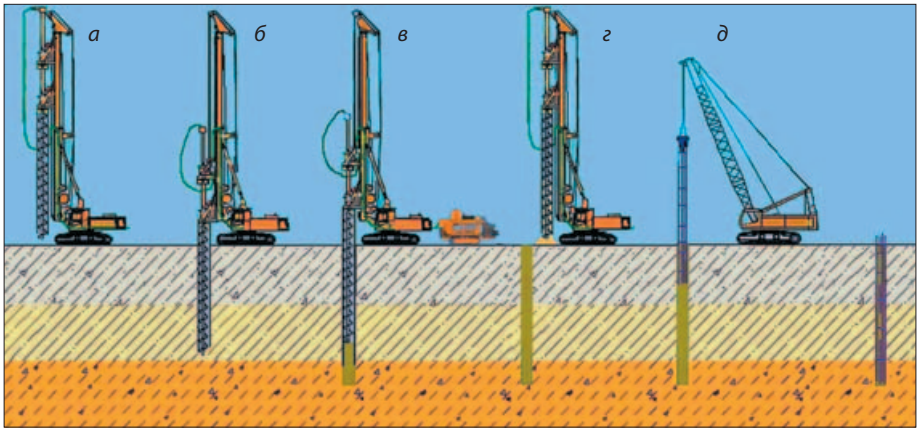

Рис. 1. Схема устройства свай по технологии Double Drilling

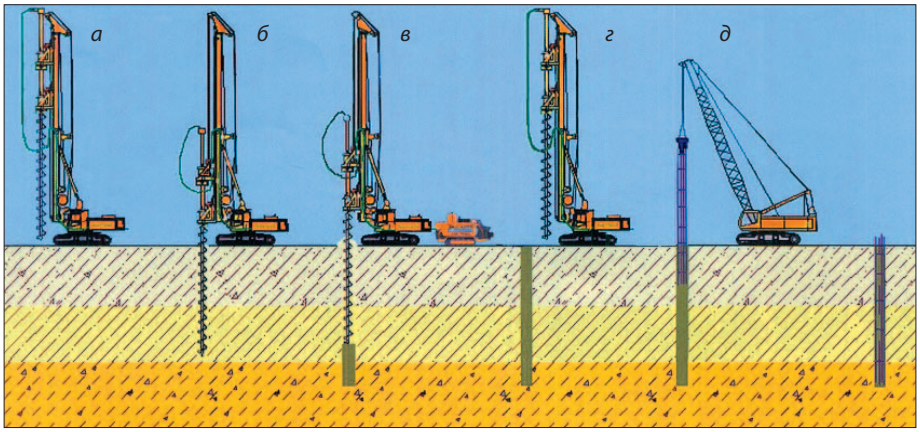

Рис. 2. Схема устройства свай непрерывным проходным шнеком

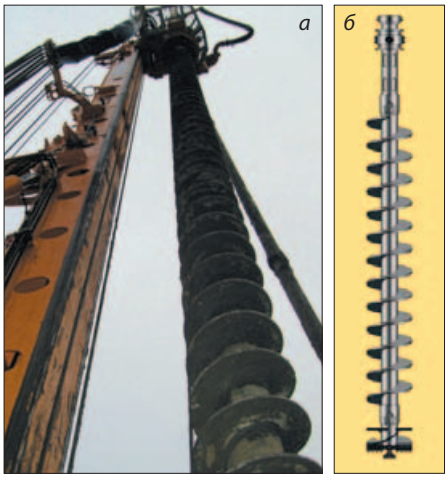

Фото 6. Вид непрерывного проходного шнека на базовой машине BS 80 (BAUER) (а) и конструкция проходного шнека (б)

ком (рис. 3) включает в себя следующую последовательность операций:

- установка бурового станка на точку предполагаемого устройства сваи (а);
- погружение шнековой колонны до проектной отметки (б);
- постепенное извлечение шнека из скважины с одновременным ее заполнением бетонной смесью, подаваемой через полый шнек бетононасосом (в);
- перемещение станка на следующую точку бурения (г);
- погружение в скважину, заполненную бетонной смесью арматурного каркаса с помощью вибратора (д);
- формирование оголовка сваи для связи с ростверком (е).

При внедрении проходного шнека происходит частичное уплотнение грунта, а также некоторое разупрочнение контактной зоны «свая-грунт» в процессе разрушения грунта бурением.

Технология положительно показала себя при использовании в грунтах, имеющих слои, существенно различающиеся по прочности. Особенно эффективна она при проходке большой толщи песков, полутвердых и тугопластичных суглинков, когда применение технологии изготовления свай уплотнения невозможно (фото 10, 11).

Фото 12. Установка Klemm KR-70 для устройства свай короткими шнеками

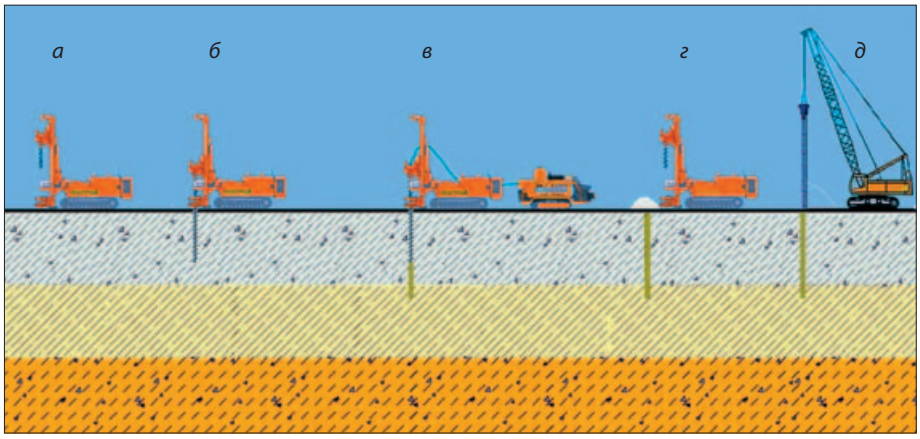

Рис. 4. Схема устройства свай короткими проходными шнеками

Недоучет тиксотропного разупрочнения водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов, возникающего в околосвайном массиве грунта при устройстве свай по данной технологии, при последовательном изготовлении свай без «отдыха» приводит к существенному перерасходу бетонной смеси (в 2 – 7 раз).

Повышенный расход бетонной смеси, как правило, имеет место, когда в инженерно-геологическом разрезе площадки присутствуют значительные по толще слои текучих, текучепластичных суглинков и супесей с низкими прочностными характеристиками.

Необходимо обратить внимание на тот момент, что при устройстве свай по данной технологии происходит тиксотропное разупрочнение грунта в околосвайном массиве, следствием чего является ограничение по использованию данной технологии вблизи существующих зданий, если модуль деформации грунта меньше 5 МПа, а угол внутреннего трения меньше 10.

Огромными преимуществами технологии являются высокая производительность и высокое качество заполнения скважины бетоном благодаря тому, что бетонная смесь подается, во-первых, под давлением, а во-вторых, при помощи бетононасоса.

БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ, УСТРАИВАЕМЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРОТКИХ ПРОХОДНЫХ ШНЕКОВ

Технология устройства свай с использованием коротких проходных шнеков заключается в бурении скважины с использование малогабаритных буровых станков с последовательным наращиванием шнековой колонны. Соединение шнеков осуществляется при помощи специальных замковых соединений. Эта технология получила широкое распространение в геотехническом строительстве вследствие ее простоты, мобильности и возможности применения в стесненных условиях при реконструкции. Для изготовления свай могут применяться буровые станки отечественного производства СБУ-100, ПБУ-50, зарубежные станки Klemm, Soilmec SM400, Casagrande C6, Comacchio MC 400P и ряд других, которые позволяют устраивать буронабивные сваи диаметром до 450 мм и длиной до 25 – 35 м (рис. 4).

Технологическая последовательность устройства свай с использованием коротких проходных шнеков включает в себя:

- установку бурового станка на точку предполагаемого устройства сваи (а);
- погружение шнека до проектной отметки (б);
- постепенное извлечение шнека из скважины с одновременным ее заполнением бетонной смесью, подаваемой через полый шнек бетононасосом (в);
- перемещение станка на следующую точку бурения (г);
- погружение в скважину, заполненную бетонной смесью арматурного каркаса с помощью вибратора (д).

В качестве преимуществ данной технологии можно назвать:

- отсутствие значимых вибрационных воздействий позволяет устраивать сваи вблизи существующих зданий;
- малые габариты буровых станков (фото 12) позволяют работать в стесненных условиях и использовать технологию при усилении фундаментов.

Следует, однако, отметить, что технология устройства свай с использованием коротких проходных шнеков имеет жесткие технологические требования по обеспечению сплошности ствола выполняемой сваи. Данное условие обеспечивается определенным сочетанием скорости подъема снаряда при заполнении скважины бетоном и давления подачи бетонной смеси на забой. Мы рекомендуем при выполнении данных свай проверять их на сплошность методом SIT.

Продолжение следует

Р. А. МАНГУШЕВ, д. т. н., профессор, зав. кафедрой геотехники СПб ГАСУ, член-корреспондент РААСН