УДК 624.131

© И. П. Дьяконов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: idjkanv@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-2-133-136

© I. P. D'yakonov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: idjkanv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛА НАБИВНОЙ СВАИ

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY ASPECT ON THE BEARING CAPACITY OF CAST-IN-PLACE PILES

Изложены результаты исследования несущей способности набивной сваи по материалу с учетом технологии изготовления. Рассматриваемый тип сваи относится к сваям вытеснения под защитой обсадной трубы и теряемого негабаритного наконечника. Бетонирование производится методом сбрасывания с высоты до 35 м. В условиях тиксотропных глинистых грунтов и наличия напорных горизонтов грунтовых вод твердение бетона происходит в агрессивных условиях, которые приводят к образованию ряда дефектов ствола сваи.

Ключевые слова: технология «Фундекс», негабаритный теряемый наконечник, бетонирование методом сбрасывания, дефекты набивных свай, несущая способность сваи по материалу.

The paper presents the results of studying the dependence of the bearing capacity of cast-in place piles on the materials used taking into account the production technology. The type of piles considered in this work refers to cast-in-place displacement piles with an off-size big shoe (bigger than guide pipe). The concreting is done by shedding from the height as big as 35 m. In conditions of thixotropic silt clay soils and ground water pressure, the hardening of concrete takes place in aggressive media, which causes some defects of the pile shaft.

Keywords: "Fundex" technology, off-size big shoe, shedding concreting method, cast-in place pile defect, bearing capacity of pile according to the materials used.

Сводом правил СП24.13330.2011 предписывается оценивать несущую способность сваи по грунту и материалу. Так, для оценки несущей способности материала сваи, в соответствии с нормативными методиками, пользуются табличными величинами сопротивления бетона и арматуры, а прямому контролю качества бетона подвергается только бетонная смесь, доставленная на строительную площадку. Фактическая марка бетона изготовленной сваи оценивается неразрушающими методами контроля, погрешность которых достигает 20 %. Подобный подход к изысканиям и контролю приводит к тому, что при откопке свай уже технический надзор констатирует нарушение сплошности, оголение арматуры, локальные разрушения бетонного камня.

Дефекты тела сваи обуславливаются технологическими аспектами устройства сваи, а именно: подъемно-опускным ходом рабочего органа, ме-

тодом бетонирования, условиями твердения, параметрами бетонной смеси.

Особенностью устройства набивной сваи «Фундекс» является то, что бетонирование происходит методом свободного сбрасывания в изготовленную скважину с установленными каркасами. На момент бетонирования герметичность и устойчивость скважины обеспечивается извлекаемой обсадной трубой и теряемым наконечником. Сбрасывание происходит порциями по 1,5 м³ с одновременным извлечением обсадной трубы.

После непосредственного изготовления на площадке строительства часто наблюдается, как из сваи вытекает вода, что в практике строительства называют эффектом «плачущих свай». Данный эффект длится не более 15–20 мин с постепенным уменьшением скорости потока. В сечении сваи поток воды развивается по следую-

щей последовательности. Первоначально тонкие струйки можно обнаружить в зонах расположения продольных арматурных стержней с последующим переходом в центральную зону сечения сваи. Процесс фильтрации грунтовых вод через тело сваи неоднократно фиксировался на строительной площадке и подтверждается результатами анализа кернов из различных зон сечения сваи. К необходимым условиям возникновения фильтрации следует отнести наличие напорных горизонтов и выполнение соседней сваи до начала схватывания бетона. Обе перечисленные причины воздействуют на свежееуложенную бетонную смесь дополнительным поровым давлением, что и приводит к фильтрации грунтовых вод через тело сваи.

Локальные утонения (шейки), наличие включений песка следует расценивать как родовой дефект технологии, а решение такой проблемы сводится к восстановительным работам верхней части сваи. Автором сформулирована основная гипотеза, которая рассматривает причины возникновения дефектов с точки зрения метода технологии бетонирования. Известно, что метод свободного сбрасывания с высоты более 10–15 м может привести к расслоению бетонной смеси, в результате чего крупный заполнитель будет оседать и скапливаться в зоне пяты сваи. Верхняя часть без достаточного количества щебня в этом случае будет сформирована из бетона классом ниже проектного. Однако именно к оголовку необходимо предъявлять жесткие требования по прочности, поскольку верхней частью сваи воспринимаются усилия от надземных конструкций.

Характер расслоения бетонной смеси был нами проанализирован в полевых условиях. На строительной площадке была изготовлена опытная свая. Бетонирование данной сваи осуществляли методом сбрасывания с высоты 24 м. Бетонная смесь имела подвижность П4, а ожидаемый класс бетона — В25. Грунтовые условия характеризовались переслаиванием плотных водонасыщенных песков со слабыми глинистыми грунтами. Отбор контрольных кернов осуществлялся из верхней и нижней частей сваи. Набор прочности тела сваи происходил около 90 сут, после чего нижняя часть сваи была извлечена из грунта для проведения разрушающего контроля бетона и оценки расслоения крупного заполнителя.

На рис. 1 представлен общий вид нижнего фрагмента сваи с теряемым наконечником после извлечения сваи из грунта.

Нижний фрагмент сваи с теряемым наконечником общей длиной 1,5 м был поднят на поверхность для выбуривания кернов по длине сваи. Далее керны высотой 10 см торцевались и испытывались на разрушающую нагрузку. Перед разрушением торцы каждого керна сканировались для дальнейшей обработки состава заполнителя. На рис. 2 представлен характерный срез керна нижней части сваи и количественная оценка щебенистой фракции.

Результаты испытания бетона нижней части сваи оказались неудовлетворительными, а именно:

1. Прочность бетона на сжатие соответствовала классу бетона В22,7, когда ожидаемый класс бетона В25.

2. Количество крупного заполнителя свидетельствовало о скоплении щебня в нижней зоне сваи: 30%-ное превышение ожидаемой величины содержания щебенистой фракции. Общее распределение количества щебня по длине сваи показано на рис. 3.

Рис. 1. Общий вид исследуемого нижнего фрагмента сваи

Рис. 2. Характерный срез выбуренного керна на глубине 24 м: а — вид керна перед испытанием; б — оценка щебенистой фракции; A_0 — общая площадь торцевой части керна; $A_{щ}$ — суммарная площадь щебенистой фракции

Контроль качества бетона верхнего фрагмента проводился отбором образцов кубиков размерами $10 \times 10 \times 10$ см с глубины 5,0 м (глубина котлована). При спиле также были зафиксированы области концентрации песчаных включений в зонах расположения продольной арматуры. При испытании кубиков бетона на сжатие прочность образцов не превышала 11,6 МПа при ожидаемой величине 32 МПа. Полученное распределение фактического класса бетона по высоте от В22,7 до В7,5 обуславливается следующими причинами:

1. Влияние неравномерного распределения крупного заполнителя по высоте.

2. Отрицательное воздействие фильтрации грунтовых вод, которая приводит к многочисленным включениям песка в теле сваи.

3. Коррозия бетона первого вида (по классификации В. М. Москвина). То есть фильтрация грунтовых вод приводит к вымыванию и растворению вяжущей составляющей бетонного камня, вследствие чего резко падает класс бетона.

4. Низкая адгезия арматурного каркаса с бетонной смесью при данном виде бетонирования способна привести к тому, что вдоль продольных арматурных стержней, по пути наименьшего сопротивления, будет фильтроваться вода и образовываться включения песка. Все это приводит

Рис. 3. Характер распределения щебенистой фракции по длине сваи

к неравномерной прочности бетона не только по высоте, но и в различных зонах поперечного сечения.

Итак, сама технология бетонирования подразумевает расслоение бетонной смеси и низкую адгезию арматуры и бетона, но гидрогеологическими условиями обуславливается эффект «плачущих свай», включения песка в бетоне, вымывание вяжущего компонента. Поэтому применение данной технологии бетонирования возможно в благоприятных грунтовых условиях. К таковым относятся окраины Санкт-Петербурга, где нет переслаивания водонасыщенных песков с тиксотропными глинистыми грунтами, моренные отложения залегают на глубинах до 15 м, а гидрологические условия характеризуются отсутствием горизонтов напорных грунтовых вод.

При неблагоприятных гидрогеологических условиях и сваях большой длины следует уменьшать риск возникновения дефектов следующим образом. Во-первых, подбором состава и подвижности бетонной смеси с учетом наличия напорных вод, способа укладки бетонной смеси. А именно, следует понижать показатель В/Ц, увеличивать показатель W6 до W8–W10, снижать подвижность бетонной смеси. Применение составов-праймеров в забой скважины и нанесение праймеров на армокаркас до установки последнего в скважину. Это мероприятие увеличит адгезию арматуры и бетонной смеси. Во-вторых, следует рассматривать бетонирование альтернативным методом — вертикально перемещающейся трубой (ВПТ) при избыточном давлении, что обеспечит опрессовку окружающего грунта, отсутствие расслоения бетонной смеси.

Главным критерием оценки возможности применения свай «Фундекс» с точки зрения несущей способности материала свай должны служить предпроектные испытания кернов тела пробной свай. Минимальная глубина бурения керна должна составлять 2,0 м от отметки низа фундаментной плиты, что гарантирует восприятие нагрузки от надземных конструкций сваями. Данное испытание однозначно позволит судить о прочности бетона, составе всех компонентов бетонной смеси, наличии включений и пористости материала. Химический анализ включений позволит установить причины образования песка в теле бетона.

Представленный метод контроля качества материала свай, в отличие от неразрушающих методов, позволяет оценить возможность массового изготовления свайного поля.

Библиографический список

1. Дьяконов И. П., Конюшков В. В. Особенности работы набивной завинчиваемой свай «Фундекс» в разнородных грунтах // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 116–120.
2. Мангушев Р. А., Конюшков В. В., Дьяконов И. П. Анализ практического применения завинчиваемых набивных свай // Основания и фундаменты, механика грунтов. 2014. № 5. С. 11–16.
3. Мангушев Р. А., Еришов А. В., Еришов С. В. Экспериментальная оценка изменения состояния грунтового массива при изготовлении набивной свай // Научно-практические и теоретические проблемы геотехники: межвуз. тематич. сб. трудов. Т. 1. СПб., 2009. С. 101–108.
4. Еришов А. В., Нутрихин В. В. Оценка несущей способности набивных свай с использованием данных статического зондирования // Инженерные изыскания. 2011. № 7. С. 42–52.

References

1. D'yakonov I. P., Konyushkov V. V. *Osobennosti raboty nabivnoy zavinchivaemoy svai «Fundeks» v raznorodnykh gruntakh* [Features of screw-pile "Fundex" performance in heterogeneous soils]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 6 (47), pp. 116–120.
2. Mangushev R. A., Konyushkov V. V., D'yakonov I. P. *Analiz prakticheskogo primeneniya zavinchivaemykh nabivnykh svay* [Analysis of practical application of the screwed-up cast-in-place piles]. *Osnovaniya i fundamenti, mekhanika gruntov – Bases and foundations, mechanics of soils*, 2014, no. 5, pp. 11–16.
3. Mangushev R. A., Ershov A. V., Ershov S. V. *Ehksperimental'naya otsenka izmeneniya sostoyaniya gruntovogo massiva pri izgotovlenii nabivnoy svai* [Experimental assessment of the soil massif condition change at production of cast-in-place piles]. *Mezhvuz. tematich. sb. trudov «Nauchno-prakticheskie i teoreticheskie problemy geotekhniki»* [Int. coll. of sci. works "Scientific and practical and theoretical problems of geotechnics"]. Vol. 1, Saint-Petersburg, 2009, pp. 101–108.
4. Ershov A. V., Nutrikhin V. V. *Otsenka nesushchey sposobnosti nabivnykh svay s ispol'zovaniem dannykh staticheskogo zondirovaniya* [Assessment of the bearing ability of stuffed piles with the use of static sounding data]. *Inzhenernye izyskaniya – Engineering surveys*, 2011, no. 7, pp. 42–52.