

DOI: 10.12737/article_59cd0c58d1df44.27433944

¹Танг Ван Лам, аспирант,
¹Булгаков Б.И., канд. техн. наук, доц.,
¹Александрова О.В., канд. техн. наук, доц.,
¹Ларсен О.А., канд. техн. наук, доц.,
¹Нго Суан Хунг, аспирант,
²Динь Хай Нам, аспирант

¹Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет
²Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat ENTPE

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРОВ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

lamvantang@gmail.com

Рассматриваются проблемы, связанные с необходимостью повышения несущей способности грунта при возведении свайных фундаментов в условиях аллювиальных почв в поймах крупных рек, и предлагаются технологические и конструктивные решения, направленные на повышение надежности фундаментов и снижение их материалоемкости.

Описывается метод увеличения несущей способности свайных фундаментов за счет расширения нижнего конца буронабивной сваи путём подачи воды под высоким давлением с последующим нагнетанием раствора тонкодисперсного вяжущего вещества через пробуренные скважины в нижнюю часть ствола сваи для создания прочно-сплошной связи между ее нижним концом и грунтовым слоем гравия или щебня на дне свайного ствола.

Этот метод обладает высокой эффективностью в случае, когда нижняя часть сваи зацементирована в гравийном или скальном грунтах. Поскольку грунты, на которых расположен город Ханой (СРВ) по большей части слабые и рыхлые, то с помощью описанного метода можно повысить несущую способность свайных фундаментов при глубине их заложения от 40 до 65 м.

Ключевые слова: буронабивные сваи, тонкодисперсные вяжущие вещества, свайные фундаменты, несущая способность, уплотнение грунта, бетонные смеси, слабый грунт.

Введение. Ханой – столица Вьетнама и второй по численности населения город страны, которая постоянно растёт и скоро достигнет девяти миллионов жителей. Спрос на покупку жилья является весьма большим в крупных вьетнамских городах, в том числе и в Ханое, в котором в настоящее время широкое распространение получило строительство высотных зданий, а также большепролетных мостов, обширных подземных и многих других сооружений.

В работах [1, 2] сказано, что грунты Ханоя представляет собой пески, супеси, суглинки, а также болотистые и аллювиальные почвы Красной реки. Поэтому повышение несущей способности грунта является одной из важных задач, которую необходимо решать в ходе строительства при сооружении фундаментов высотных зданий и подземных сооружений. Особенно актуальной данная проблема становится если строительные участки расположены на аллювиальных почвах в поймах крупных рек.

В данной работе было проведено исследование возможности использования растворов тонкодисперсных вяжущих веществ для повышения несущей способности буронабивных свай во Вьетнаме.

Методология исследований. Интегрированный метод анализа с методом эксперимента.

Основная часть. На сегодняшний день известны различные способы повышения несущей способности грунтов при строительстве жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений, из которых наиболее эффективным является сооружение свайных фундаментов. Сваи можно применять на различных, главным образом слабых грунтах. Исключения составляют скальные и крупнообломочные грунты. С учетом того, что забивание свай ударным способом в условиях плотной городской застройки недопустимо из-за динамических воздействий на фундаменты близлежащих зданий, наиболее распространенными в последние годы являются буронабивные сваи. Причем, их стоимость может составлять до 40 % от общей стоимости всего сооружения [3]. Поэтому одной из актуальных задач является снижение стоимости работ по сооружению фундаментов на буронабивных сваях, что может быть достигнуто увеличением их несущей способности за счет расширения нижнего конца сваи с помощью растворов на основе тон-

кодисперсных вяжущих веществ. Это метод позволяет значительно снизить затраты на строительство высотных зданий и сооружений.

Технология буронабивных свай давно и успешно применяется в Европе и с начала 90-х годов XX века начала завоевывать российский рынок. В строительной практике Вьетнама эта технология используется уже более двадцати лет [4].

Буронабивные сваи, как следует из их названия, – это способ сооружения свай, который заключается в бурении скважин и последующим их заполнении бетонной смесью. При этом, бетонирование производится с применением металлической арматуры и как с использованием опалубки, так и без неё.

Применение традиционных свай при точечной застройке в условиях городского строительства часто вызывает разрушение и деформацию соседних зданий за счет большой динамической нагрузки, создаваемой при забивке свай. Кроме того, фундаменты высотных зданий в процессе эксплуатации должны выдерживать большие нагрузки, которым традиционные сваи не могут удовлетворять. Поэтому буронабивные сваи являются эффективным способом устройства свайных фундаментов, позволяющим решить эту проблему [5, 6].



Рис. 1. Буронабивные сваи при сооружении фундамента башни «DOLPHIN PLAZA» (Вьетнам)

Как и любой другой тип основания здания, ленточный фундамент с буронабивными сваями имеет свои достоинства и недостатки. К положительным сторонам подобного основания можно отнести [9, 10]:

- достаточно высокую оперативность возведения, позволяющую ускорить процесс строительства;

- практически полную независимость от характеристик грунта, так как данный тип основания отлично подходит как для нормальной

буронабивные сваи в строительстве нашли широкое применение прежде всего в сфере обустройства опорных конструкций для зданий и сооружений различного назначения. В работе [7] описаны основные случаи использования буронабивных свай:

1. В городских условиях, где другие методы забивки свай могут оказать разрушающее динамическое воздействие на окружающие постройки.

2. В сильно заболоченных местностях или при наличии различных типов слабых грунтов, когда их несжимаемый слой расположен слишком глубоко.

3. При строительстве домов на крутом рельефе местности.

4. В случае строительства промышленных зданий и объектов, обладающих большой массой.

Экономически нецелесообразно возведение такого типа фундаментов при строительстве легких каркасных зданий или деревянных построек [7].

Для слабых рыхлых грунтов Ханоя буронабивные сваи – один из самых рациональных способов сооружения фундаментов при строительстве высотных зданий и других, в частности подземных сооружений. Диаметр таких свай составляет 0,8 -2,5 м, а глубина их заложения 40-65 м (рис. 1) [8].

почвы, так и для слабого грунта. Кроме того, можно строить здания с подобным основанием на почвах, склонным к подвижкам;

- такой тип фундамента вполне пригоден для строительства массивных зданий, так как он способен спокойно выдерживать высокие нагрузки;

- данный фундамент выгоден в экономическом плане, так как не требует больших затрат материалов, а также использования сложного оборудования, кроме того, изготовить подобный фундамент можно, в том числе, и своими руками.

Основными недостатками буронабивных свайных фундаментов являются [11, 12]:

- повышенный расход бетонной смеси из-за отсутствия уплотнения грунта, соседствующего с изготавливаемой свайей;
- технологическая сложность монтажа буронабивных свай;
- сложность контроля технологического процесса изготовления свай (особенно в условиях неустойчивых грунтов);
- большой разброс несущей способности однотипных свай в одинаковых геологических



условиях, что значительно затрудняет расчет несущей способности фундамента из буронабивных свай в целом;

- большие трудности очистки зоны под нижней частью сваи от осевшего рыхлого грунта, ила, пыли или глины, которую следует производить для обеспечения требуемой несущей способности свайного фундамента (рис. 2 и 3);
- при использовании основания данного типа крайне сложно оборудовать подвал или цокольный этаж здания.



Рис. 2. Недостатки буронабивных свай, проявившиеся при строительстве во Вьетнаме

Повышение несущей способности буронабивных свай может быть достигнуто двумя способами [13, 14]:

- виброштампованием бетонной смеси при бетонировании скважин;
- усилением грунтового основания ниже забоя скважины вибротрамбованием слоя щебня или гравия.

В работах [15–17] описаны способы повышения несущей способности грунтов основания фундаментов:

- инъекционные способы укрепления грунтов;
- армирование основания вспененными цементогрунтовыми растворами через направленные гидроразрывы;
- укрепление грунтов химическими и цементными растворами через инъекционные трубки, устанавливаемые в теле фундамента;
- армирование оснований сваями-инъекторами;
- армирование оснований буронабивными элементами.

При сооружении свайных фундаментов во Вьетнаме с целью повышения их несущей способности в настоящее время широко используется метод расширения нижнего конца буронабивной сваи с помощью воды, подаваемой под высоким давлением, с последующим нагнета-

нием раствора тонкодисперсного вяжущего вещества через пробуренные скважины в нижнюю часть ствола сваи для создания прочно-сплошной связи между ее нижним концом и грунтовым слоем гравия или щебня на дне свайного ствола [18–20].

Технологическая схема данного способа приведена на рис. 4 и 5. Нагнетаемый раствор помимо цемента и воды содержит суперпластификатор и тонкодисперсные минеральные добавки, например, золу рисовой шелухи и золу-уноса ТЭС. На практике с помощью этого способа были получены хорошие результаты повышения несущей способности слабых грунтов, представленные в табл. 1.

В работах [15–17] описаны способы повышения несущей способности грунтов основания фундаментов:

- инъекционные способы укрепления грунтов;
- армирование основания вспененными цементогрунтовыми растворами через направленные гидроразрывы;
- укрепление грунтов химическими и цементными растворами через инъекционные трубки, устанавливаемые в теле фундамента;
- армирование оснований сваями-инъекторами;
- армирование оснований буронабивными элементами.

При сооружении свайных фундаментов во Вьетнаме с целью повышения их несущей способности в настоящее время широко используется метод расширения нижнего конца буронабивной сваи с помощью воды, подаваемой под высоким давлением, с последующим нагнета-

нием раствора тонкодисперсного вяжущего вещества через пробуренные скважины в нижнюю часть ствола сваи для создания прочно-сплошной связи между ее нижним концом и грунтовым слоем гравия или щебня на дне свайного ствола [18–20].

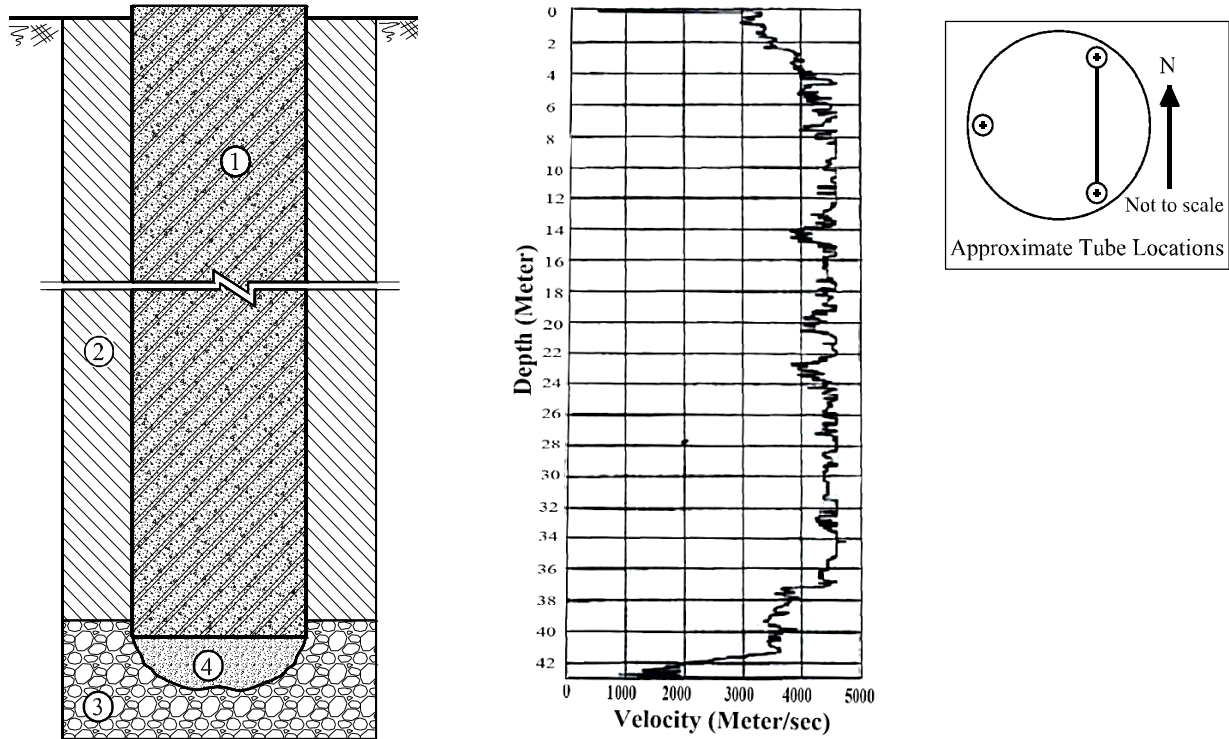


Рис. 3. Результаты ультразвуковой дефектоскопии буронабивных свай

1 – буронабивная свая; 2 – слабый грунт; 3 – слой гравия или щебня; 4 – осевший рыхлый грунт, ил, пыль или глина под нижним концом сваи

Технологическая схема данного способа приведена на рис. 4 и 5. Нагнетаемый раствор помимо цемента и воды содержит суперпластификатор и тонкодисперсные минеральные добавки, например, золу рисовой шелухи и золу-уноса

ТЭС. На практике с помощью этого способа были получены хорошие результаты повышения несущей способности слабых грунтов, представленные в табл. 1.

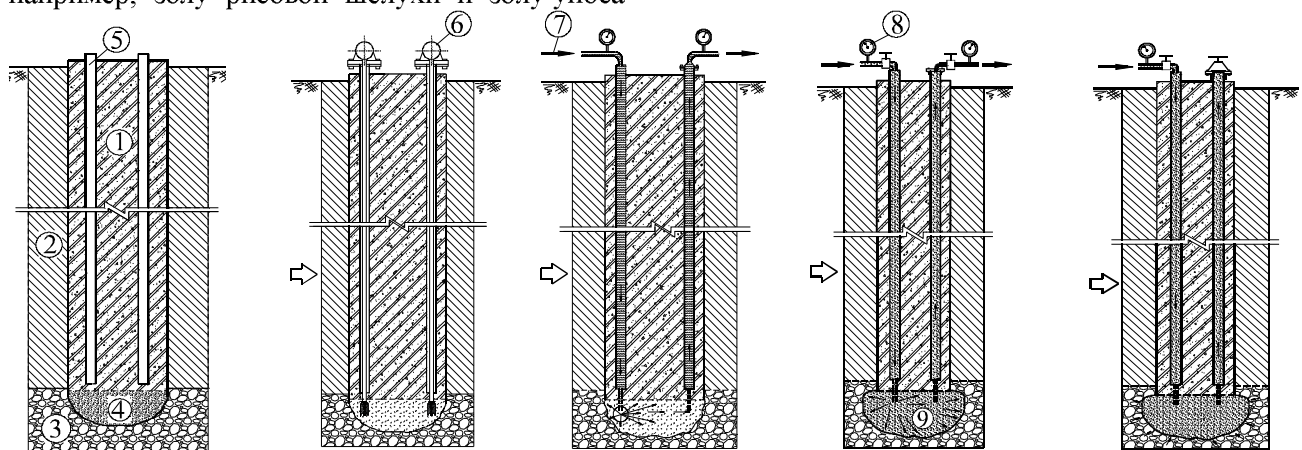


Рис. 4. Схема метода расширения нижнего конца буронабивной сваи с помощью воды, подаваемой под высоким давлением, с последующим нагнетанием раствора тонкодисперсного вяжущего вещества в нижнюю часть ствола сваи

1 – буронабивная свая; 2 – слабый грунт; 3 – слой гравия или щебня; 4 – осевший грунт под нижним концом сваи; 5 – трубы Ø115 мм для бурения нижнего конца ствола сваи; 6 – буровая система; 7 – вода под высоким давлением; 8 – манометр; 9 – раствор тонкодисперсного вяжущего вещества

Таблица 1

Экспериментальные результаты испытаний буронабивных свай на сжатие под действием статической нагрузки

Показатели	Обычные буронабивные сваи		Буронабивные сваи с расширенным с помощью раствора тонкодисперсного вяжущего вещества нижним опорным концом	
	Диаметром 1000 мм	Диаметром 1500 мм	Диаметром 1000 мм	Диаметром 1500 мм
Глубина свай, м	51,1	51,2	51,6	51,7
Расчетная нагрузка в тоннах	400	600	700	1000
Испытательная нагрузка в тоннах	750	1100	1400	1800

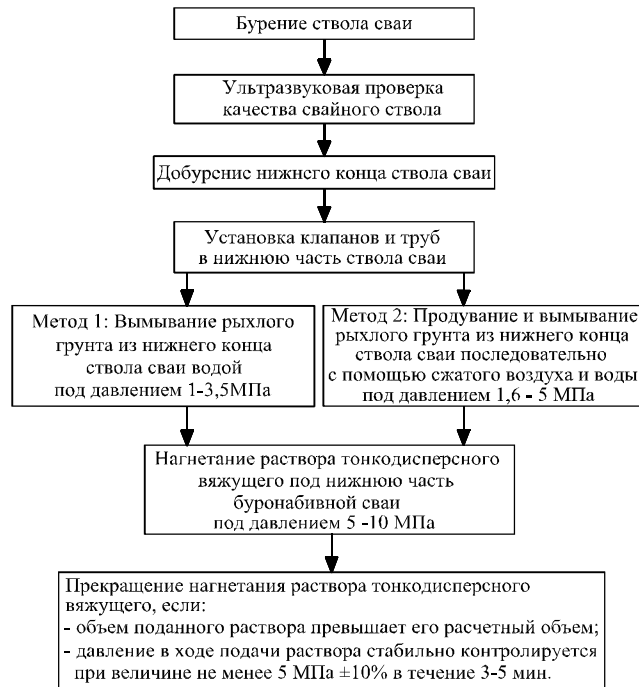


Рис. 5. Метод расширения нижнего конца буронабивной свай путем подачи воды под высоким давлением с последующим нагнетанием в нижнюю часть свайного ствола раствора тонкодисперсного вяжущего

Примечание: Метод 2 применяется в случае невозможности проведения работ по методу 1.

Согласно описанной технологии после добурирования нижнего конца свай и проникновения в прочный слой гравия или щебня на глубину $5 \div 10$ см производят вымывание рыхлого грунта со

дна ствола свай и уширение ее нижнего конца путем подачи воды под давлением $1 \div 5$ МПа (рис. 6–8).

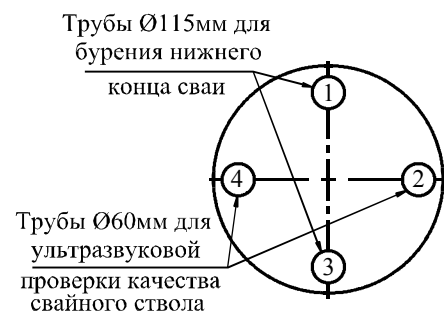


Рис. 6. Установка труб для ультразвукового контроля качества ствола свай и бурения ее нижнего конца



Рис. 7. Обустройство буровой установки и последующая подача воды под высоким давлением для вымывания рыхлого грунта со дна ствола буронабивной сваи

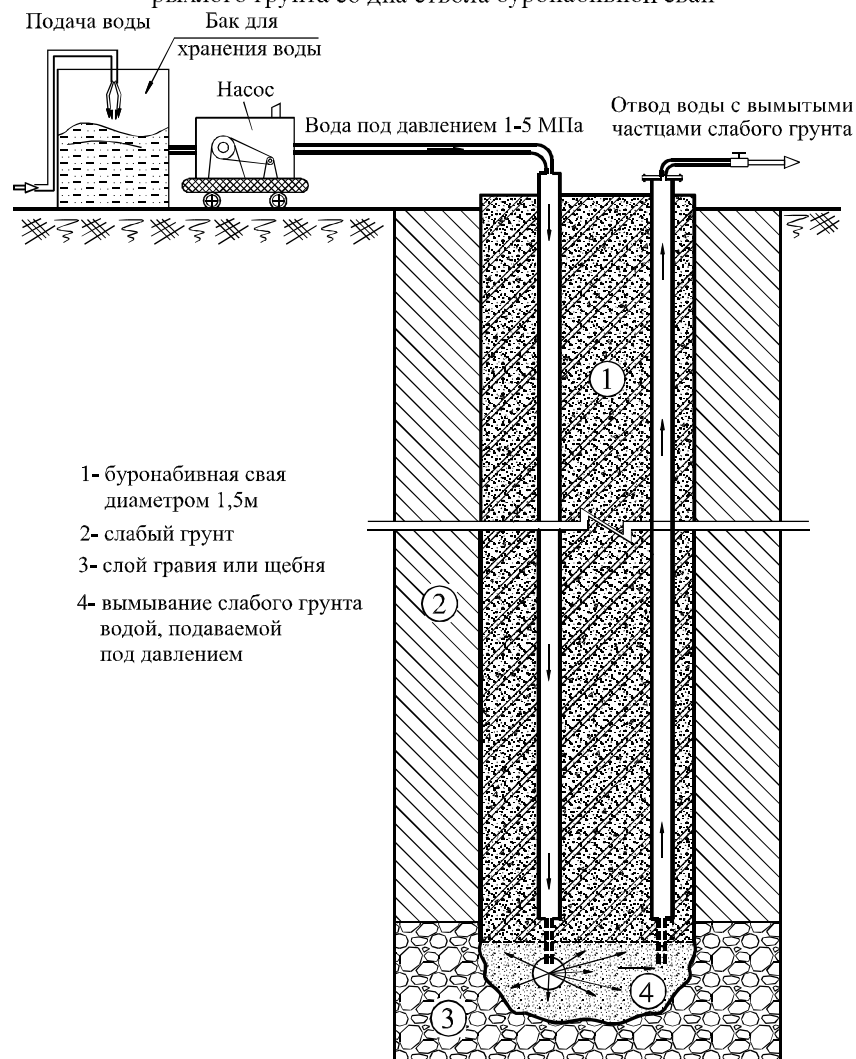


Рис. 8. Технологическая схема вымывания слабого грунта из-под нижнего конца буронабивной сваи

Растворы на основе тонкодисперсных вяжущих веществ, как правило, приготавливают в смесителях принудительного действия непосредственно на строительной площадке. В случае большой потребности в растворных смесях они могут быть приготовлены в бетоносмесительных

установках на заводах с последующей транспортировкой в автобетоносмесителях к месту строительства.

После этого нагнетают приготовленный раствор тонкодисперсного вяжущего вещества под давлением $5 \div 10$ МПа через пробуренные скважины в нижнюю часть ствола сваи для

создание прочно-сплошной связи между ее нижним концом и грунтовым слоем гравия или щебня на дне свайного ствола (рис. 9 и 10).

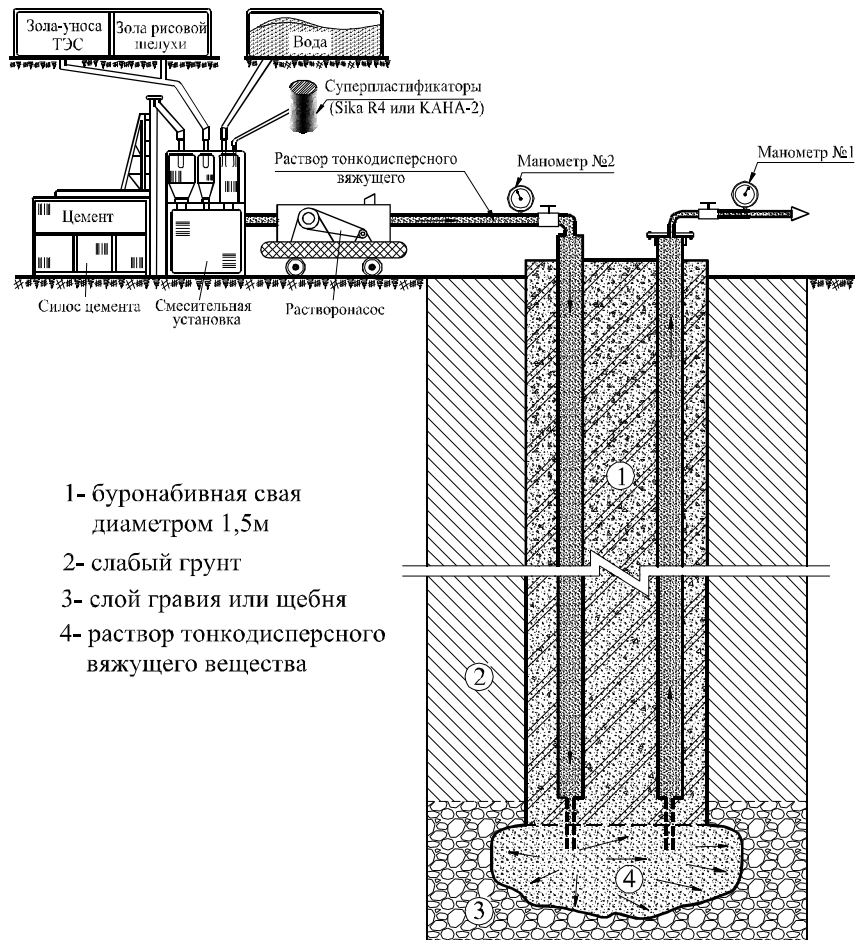


Рис. 9. Технологическая схема усиления нижнего конца буронабивной свай с помощью раствора тонкодисперсного вяжущего вещества, подаваемого под давлением $5 \div 10$ МПа



Рис. 10. Нагнетание раствора тонкодисперсного вяжущего вещества под давлением в нижнюю часть буронабивной свай

Этот метод обладает высокой эффективностью в случае, когда нижняя часть свай защемлена в гравийном или скальном грунтах. Поскольку грунты, на которых расположен Ханой, в основном слабые, так как сложены рыхлыми породами, то с помощью этого метода можно

повысить несущую способность свайных фундаментов при глубине их заложения от 40 до 65 м.

Выводы. Опыт применения описанного метода сооружения свайных фундаментов в ходе

строительства некоторых высотных зданий в городе Ханой позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Путем применения растворов тонкодисперсных вяжущих веществ, подаваемых под давлением в нижнюю расширенную часть буронабивных свай, их несущая способность может быть повышена в 1,6 ÷ 1,9 раза при сохранении их глубины, диаметра, а также объема используемой армирующей стали. За счет этого можно сократить количество свай в каждом ростверке фундамента, а также уменьшить объемы самих ростверков, что упростит производственные процессы и увеличит темпы строительства.

2. Этот метод эффективно применять для грунтов, в которых нижняя часть сваи опирается на плотный слой гравия или щебня, что характерно для инженерно-геологических условий Ханоя, а также для аллювиальных почв в поймах крупных рек на севере Вьетнама.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nguyễn Quang Chiêu. Thiết kế và thi công nền đắp trên đất yếu. Nhà xuất bản Xây dựng, năm 2004, 190 tr. (Нгуен Куанг Чиёу. Проектирование и строительство насыпей на слабых грунтах. Изд. Строительство. 2004. 190 с.).
2. Nguyễn Uyên. Xử lý nền đất yếu trong xây dựng. Nhà xuất bản Xây dựng, năm 2005, 210 tr. (Нгуен Уйен. Методы закрепления слабых грунтов в строительстве. Изд. Строительство. 2005. 210 с.).
3. Губатенко М.С. Обоснование структуры и рациональных параметров вибрационно-радикального снаряда для уплотнения стенок вертикальных скважин под буронабивные сваи. Автореферат дис. к.т.н. Орел. 2011, 16 с.
4. Верстов В.В., Гайдо А.Н. Технология устройства свайных фундаментов. СПб., 2010. 180 с.
5. Полищук А. И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. Томск, 2005. 427 с.
6. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция. М., 2011. 90 с.
7. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии. СПб., 2010. 240 с.
8. Nguyễn Văn Quảng. Nền móng và tầng hầm nhà cao tầng// Nhà xuất bản xây dựng. Hà Nội 2006, 174 tr. (Нгуен Ван Куанг. Фундаменты и подвалы высотных зданий. Изд. Строительство. Ханой, 2006, 174 с.).
9. Верстов В.В., Гайдо А.Н., Иванов Я.В. Производство шпунтовых и свайных работ. СПб., ЭБС АСВ, 2011, 292 с.
10. Nguyễn Bá Kế. Thi công cọc khoan nhồi. Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội, 2010, 258 tr. (Нгуен Ба Ке. Технология изготовления буронабивных свай. Изд. Строительство Ханой, 2010, 258 с.).
11. Буронабивные сваи: область применения и преимущества // ЗАО "ПСУ Гидроспецстрой" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gssm.ru/>.
12. Nguyễn Việt Trung. Sự cố điển hình trong thi công móng cọc khoan nhồi. Đại học giao thông vận tải Hà Nội, 11/2004, 35 tr. (Нгуен Вьет Чунг. Типичные происшествия при строительстве свайных фундаментов // Ханойский транспортный университет, 11/2004, 35 с.).
13. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М., 2003, 41 с.
14. ОДМ 218.2.016-2011. Методические рекомендации по проектированию и устройству буронабивных свай повышенной несущей способности по грунту. М., 2013, 30 с.
15. ТСН 50-306-2005. Основания и фундаменты повышенной несущей способности// Ростов-на-Дону, 2005, 39 с.
16. Богов С.Г. Проблемы устройства свайных оснований в городской застройке в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2004. № 8. С. 119–127.
17. Nuzhdin L.V., Nuzhdin M.L., Kozminykh K.V. [et al.]. Evaluation of deformation properties of soils using a wedge dilatometer and improvement of forecast accuracy of buildings settlement. Proceedings of ATC7 Workshop, 18ICSMGE "Challenges and innovations in Geotechnics". Paris: Presses des Ponts, 2013, pp. 68-75.
18. Nguyễn Văn Khánh. Ứng dụng công nghệ thổi rửa và bơm phụt vữa vào đáy cọc nhằm tăng sức chịu tải của cọc khoan nhồi. Đề tài nghiên cứu khoa học mã số 01C-04/01-2005-01. Hà Nội năm 2005, 63 tr. (Нгуен Ван Хань. Использование продувания и вымывания под нижним концом буронабивного сваи для увеличения ее несущей способности. Научно-исследовательский проект, шифр: 01C-04 /01-2005-01. Ханой 2005, 63 с.).
19. Trần Nhật Thành, Nguyễn Văn Khánh. Thổi rửa và bơm phụt vữa gia cường chân cọc khoan nhồi// Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng 03/2006. Tr. 28-31. (Чан Нят Тхань, Нгуен Ван Хань. Применение воды под высоким давлением для вымывания рыхлого грунта из нижнего конца ствола буронабивного сваи и укрепления конца сваи с помощью растворной цементной смеси // Техника и технологии строительства. 2006. №3. С. 28-31.).
20. Nguyễn Văn Khánh. Tăng cường khả năng chịu tải của móng cọc khoan nhồi bằng công nghệ thổi rửa sau – một ứng dụng đạt hiệu quả cao trên địa bàn Hà Nội// Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây

đưng 10/9-2011. Tr. 112-114. (Чан Нят Тхань, Повышение несущей способности буронабивных свай путем подачи воды под высоким давлением

в городе Ханой // Техника и технологии строительства. 2011. №9. С. 112–114.).

Информация об авторах

Танг Ван Лам, аспирант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

E-mail: lamvantang@gmail.com

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Булгаков Борис Игоревич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

E-mail: fakultetst@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Александрова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

E-mail: aleks_olvl@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Ларсен Оксана Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

E-mail: larsen.oksana@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Нго Суан Хунг, аспирант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

E-mail: xuanhung1610@gmail.com.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Динь Хай Нам, аспирант кафедры «Tribology and Systems Dynamics Laboratory LTDS UMR 5513».

E-mail: hainam.dinh@entpe.fr.

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat ENTPE.

Rue Maurice Audin, 69518, Vaulx en Velin cedex-France.

Поступила в сентябре 2017 г.

© Танг Ван Лам, Булгаков Б. ., Александрова О.В., Ларсен О.А., Нго Суан Хунг, Динь Хай Нам, 2017

Tang Van Lam, Bulgakov B.I., Alexandrova O.V., Larsen O.A., Ngo Xuan Hung, Dinh Hai Nam
APPLICATION OF SOLUTIONS FINELY DISPERSED BINDERS TO INCREASE THE BEARING CAPACITY OF THE BORED PILE

Discusses the problems associated with the need to increase the bearing capacity of soil during the construction of pile foundations in conditions of alluvial soils in the floodplains of major rivers, and offers technological and design solutions aimed at improving the reliability of the foundations and reduce their material intensity.

Describes a method to increase the bearing capacity of pile foundations by means of extension of the lower end of bored piles by spraying water under high pressure with subsequent injection of a solution of a particulate binder through a drilled well in the lower part of the pile shaft for the establishment of a permanently solid connection between its lower end and a soil layer of gravel or crushed stone at the bottom of the pile trunk.

This method has a high efficiency in the case where the lower part of the pile is clamped in gravel or rocky soil. Because the soil on which the city of Hanoi (Vietnam) for the most part weak and loose, using the described method it is possible to increase the bearing capacity of pile foundations in the depth of their laying from 40 to 65 m.

Keywords: bored pile, finely dispersed binders, pile foundations, bearing capacity, soil compaction, concrete mix, weak ground.

Information about the authors

Tang Van Lam, Research assistant.

E-mail: lamvantang@gmail.com

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, Moscow, 129337, Jaroslavskoe shosse, 26.

Bulgakov Boris Igorevich, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: fakultetst@mail.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, Moscow, 129337, Jaroslavskoe shosse, 26.

Aleksandrova Ol'ga Vladimirovna, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: aleks_olvl@mail.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, Moscow, 129337, Jaroslavskoe shosse, 26.

Larsen Oksana Aleksandrovna, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: larsen.oksana@mail.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, Moscow, 129337, Jaroslavskoe shosse, 26.

Ngo Xuan Hung, Research assistant.

E-mail: xuanhung1610@gmail.com.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, Moscow, 129337, Jaroslavskoe shosse, 26.

Dinh Hai Nam, Research assistant.

E-mail: hainam.dinh@entpe.fr.

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat ENTPE.

Rue Maurice Audin, 69518, Vaulx en Velin cedex-France.

Received in September 2017

© Tang Van Lam, Bulgakov B.I., Alexandrova O.V., Larsen O.A., Ngo Xuan Hung, Dinh Hai Nam, 2017