Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2019, №3, Том 6 / 2019, No 3, Vol 6 <https://t-s.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/26SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/26SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/26SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Дубинин В.Г., Пискунов А.А., Круглов В.М. Свая высокой несущей способности // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/26SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/26SATS319

For citation:

Dubinin V.G., Piskunov A.A., Kruglov V.M. (2019). Pile of high bearing capacity. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/26SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/26SATS319

УДК 624.21/.8

ГРНТИ 67.11.35

Дубинин Владимир Григорьевич

ООО «Центральная лаборатория инженерной теплофизики», Москва, Россия
Старший научный сотрудник
Кандидат технических наук
E-mail: dvg.mo95@mail.ru

Пискунов Александр Алексеевич

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия
Заведующий кафедрой «Мосты и тоннели»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: a.piskunov52@mail.ru

Круглов Валерий Михайлович

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия
Научно-исследовательский институт транспорта и транспортного строительства
Директор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: kruglov@niit-miit.ru

Свая высокой несущей способности

Аннотация. В статье обсуждаются вопросы, относящиеся к устройству свайных фундаментов зданий и сооружений, в том числе мостов и других объектов транспортного назначения.

Развитие строительной индустрии способствует совершенствованию технологии сооружения свайных фундаментов и существенному снижению экономических затрат.

Совершенствование конструкций и технологии сооружения свайных фундаментов является одной из основных задач в области транспортного строительства.

Эффективность свайных фундаментов обусловлена более полным использованием несущей способности грунтового основания и прочности элементов фундамента.

Одним из недостатков свайного основания является низкая несущая способность по грунту боковой поверхности сваи.

Предлагаемое решение основывается на устройстве вдоль продольной оси сваи жёстко закреплённых, многозаходных непрерывных наклонных рёбер, имеющих форму пластины, и граней, примыкающих к боковой поверхности трубчатого стального ствола.

Ключевые слова: погружение свай; строительство зданий и сооружений; мостов; несущая способность свай; тиксотропия грунта

В большинстве конструкций фундаментов сваи работают либо как сваи-стойки с заделкой основания в твёрдые грунты, либо как висячие сваи за счет сил трения по их боковой поверхности, либо, чаще всего, комбинацией этих двух вариантов. **Недостатком практически всех свайных элементов является по сравнению с основанием, низкая несущая способность сопротивления грунта по боковой поверхности свай.** Разница расчётных сопротивлений на единицу площади по основанию больше, чем по боковой поверхности в несколько десятков раз¹.

Для повышения несущей способности свай, из-за небольшой величины сопротивления грунта по их боковой поверхности, в практике проектирования и строительства увеличивают длину сваи (глубину погружения), устраивают продольные рёбра, уширения ствола и другое. Такие решения недостаточно эффективны, так как увеличение размеров сваи требует увеличения мощности погружного оборудования и принятия других мероприятий.

Свая высокой несущей способности (рис. 1) лишена этого недостатка².

1 – тело (стержень) сваи, 2 – наклонные опорные ребра

Рисунок 1. Свая высокой несущей способности

На боковой поверхности ствола сваи вдоль продольной оси, жёстко закреплены многозаходные непрерывные **наклонные ребра, имеющие геликоидальное очертание**, узкой гранью примыкающие к стволу.

Устройство сваи высокой несущей способности осуществляется в две стадии:

¹ СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

² Патент на полезную модель № 176206 «СВАЯ», автор к.т.н. Дубинин В.Г.

Первая стадия. Погружение (забивка, вибропогружение) такой сваи производится обычными серийными механизмами, при этом благодаря заявленным параметрам и форме рёбер преодолевается дополнительное, по сравнению с обычной свайей, сопротивление трения наклонных рёбер по грунту. По лобовому сопротивлению добавляется только сечение рёбер. В процессе таких операций происходит не только погружение сваи за счёт тиксотропии грунта, но и её ввинчивание из-за наклона рёбер, угол которых к оси ствола находится в пределах от 15° до 45° . При свободном вращении погружаемой сваи, рёбра, как ножом, прорезают грунт, **не нарушая его естественную структуру** в межрёберном пространстве (рабочей зоне).

Вторая стадия. После погружения отдельных секций сваи **производится их фиксация от поворота в грунте** путём заделки в плиту ростверка, либо секций между собой. Наклонные рёбра, кроме увеличенного сцепления с грунтом, приобретают ещё и вертикальную составляющую в виде давления по площади на всю их высоту. Причём благодаря ненарушенному межрёберному массиву грунта и при обеспечении необходимого конструктивного зазора между рёбрами **создаётся расчётная рабочая зона**.

Таким образом, увеличение несущей способности происходит за счёт перевода работы ствола сваи с сопротивления по боковой поверхности не только ствола, но и рёбер с их сопротивлением как под нижним концом забивных свай, так и давлению грунта на наклонные рёбра.

Число рёбер может быть большим, чем два. Они должны быть равномерно расположены по окружности ствола сваи.

Конструкция сваи по высоте, как предполагается в патенте², может состоять из нескольких секций разного диаметра (рис. 2). Эти секции в силу их конструктивных решений погружаются раздельно, при этом направление наклона рёбер последующей секции, имеет противоположное направление предыдущей секции.

Рисунок 2. Конструкция сваи (анкера) высокой несущей способности

Существенное преимущество при погружении сваи заключается в том, что если для достижения максимальной несущей способности **забивных свай** необходимо получить отказ, эквивалентный мощности погружного оборудования, то **сваю высокой несущей способности достаточно погрузить до расчётной отметки, определённой проектом**. При этом мощности оборудования для её погружения требуется значительно меньше.

Ширина рёбер сваи, а также их угол наклона, должны быть приняты на основе инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий. Применение наклонных рёбер значительно увеличивает сопротивление грунта при силовом воздействии на сваю. Таким образом, заданная несущая способность сваи достигается при меньшей глубине погружения, снижении массы сваи и трудоёмкости устройства свайного основания.

Несущую способность сваи рекомендуется определять согласно Приложению 1 (применительно к СП 24.13330.2011¹). Лобовое сопротивление сваи **увеличивается** на величину равную произведению суммарной площади рёбер на синус угла их наклона к оси сваи за счёт наклонных рёбер. Сопротивление грунта, обжатого бытовым давлением, целесообразно принимать по уровню середины основания витка для однородного слоя.

При конструкции сваи из нескольких секций разного диаметра допустимо считать, что секции меньшего диаметра будут работать одинаково эффективно на всю высоту рёбер.

Для оценки их работы в верхних слоях грунтового основания, при наличии нескольких витков на секции, необходимо провести специальные экспериментальные исследования.

Всё вышеизложенное в равной степени применимо и к свае, работающей на выдёргивающую нагрузку как анкеру, с корректировкой на вес грунта, расположенного выше рабочей части сваи.

Полная конструкция сваи может быть изготовлена на заводах строительных металлических конструкций. Наклонные рёбра собираются из отдельных штамповочных частей с использованием известных способов сварки. При наличии заранее имеющихся заготовок, свая может быть изготовлена и в условиях строительных полигонов и площадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугров А.К. Механика грунтов. Учебное пособие / А.К. Бугров – СПб: СПбГПУ, 2007 – С. 146–154.
2. Бугров А.К. Анизотропные грунты и основания сооружений / А.К. Бугров, А.И. Голубев – СПб: Изд-во Недра, 1993. – 245 с.
3. Пилягин А.В. Проектирование фундаментов кольцевой формы / А.В. Пилягин // СПб: ОФМГ. – 2006. – №1. – С. 14–15.
4. Тетиор А.Н. Фундаменты. Учебник для вузов / А.Н. Тетиор – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
5. Мяснянкин А.В., Мяснянкин А.А. Перспективные конструкции зданий и сооружений. Справочное пособие / А.В. Мяснянкин, А.А. Мяснянкин – М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2013. – 144 с.
6. Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение развития городов / А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин // СПб: Изд. «Стройиздат Северо-Запад», «Геореконструкция», 2010. 551 с.

7. Шашкин А.Г. Геотехническое обоснование сложных технологий реконструкции зданий на слабых грунтах / А.Г. Шашкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. М.: 2007. № 3. С. 3–8.
8. Шашкин А.Г. Критический анализ наиболее распространенных нелинейных моделей работы грунта / А.Г. Шашкин / Инженерная геология. М.: 2010. №3. С. 29–37.
9. Шашкин А.Г. Описание деформационного поведения глинистого грунта с помощью вязко-упругопластической модели / А.Г. Шашкин // Инженерная геология. – 2010. – № 4. – С. 22–32.
10. Мангушев Р.А., Сахаров И.И., Конюшков, В.В. Сравнительный анализ численного моделирования системы "здание-фундамент-основание" в SCAD и PLAXIS / Р.А. Мангушев // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – № 3. – С. 96–101.
11. Федотова К.А., Д.Е. Коломийцев. Особенности расчета, проектирования и устройства фундаментов высотных зданий [Электронный ресурс]: [статья] / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.
12. Севостьянова. К.В. Фундаменты на стальных трубчатых сваях в условиях исторической застройки Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.В. Севостьянова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 860 Кб). – СПб., 2007.
13. Калистратов Р.В. Обоснование выбора свайного фундамента в сложных геологических условиях [Электронный ресурс]: магистерская диссертация / Р.В. Калистратов; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Инженерно-строительный институт, Кафедра гражданского строительства и прикладной экологии. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 34,9 Мб). – Санкт-Петербург, 2013.
14. Верстов, В.В. Технология устройства свайных фундаментов: учеб. пособие / В.В. Верстов, А.Н. Гайдо; СПбГАСУ – СПб., 2010. – 180 с.
15. Верстов В.В., Фрейдман Б.Г., Гайдо А.Н. Критерии сравнительной эффективности технологий устройства свайных фундаментов / В.В. Верстов // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2004. – № 8. – С. 12.

Dubinin Vladimir Grirorievich

Central engineering thermophysics laboratory LLC, Moscow, Russia
E-mail: dvg.mo95@mail.ru

Piskunov Aleksandr Alekseevich

Russian university of transport (MIIT), Moscow, Russia
E-mail: a.piskunov52@mail.ru

Kruglov Valery Mihailovich

Russian university of transport (MIIT), Moscow, Russia
E-mail: kruglov@niit-miit.ru

Pile of high bearing capacity

Abstract. The article discusses issues related to the construction of pile foundations of buildings and structures, including bridges and other transport facilities.

The development of the construction industry contributes to the improvement of pile Foundation construction technology and a significant reduction in economic costs.

Improving the design and technology of pile foundations is one of the main tasks in the field of transport construction.

The effectiveness of pile foundations is due to the more complete use of the bearing capacity of the soil base and the strength of the Foundation elements.

One of the disadvantages of the pile foundation is the low bearing capacity of the soil on the side surface of the pile.

The proposed solution is based on the device along the longitudinal axis of the pile rigidly fixed, multi-pass continuous inclined edges having the shape of a plate, and faces adjacent to the side surface of the tubular steel barrel.

Keywords: pile sinking; frozen soils; bridge construction; bearing capacity of piles; soil thixotropy

REFERENCES

1. Bugrov A.K. (2007). *Mekhanika gruntov. Uchebnoe posobie. [Soil mechanics. Tutorial.]* Saint Petersburg: Saint Petersburg Polytechnic University, pp. 146–154.
2. Bugrov A.K., Golubev A.I. (1993). *Anizotropnye grunty i osnovaniya sooruzheniy. [Anisotropic soils and foundations of structures.]* Saint Petersburg: Nedra Publishing House, p. 245.
3. Pilyagin A.V. (2006). Design of foundations of a ring shape. *Foundations, foundations and soil mechanics*, 1, pp. 14–15 (in Russian).
4. Tetior A.N. (2010). *Fundamenty. Uchebnik dlya vuzov. [Foundations. Textbook for high schools.]* Moscow: Academy Publishing Center, p. 400.
5. Myasnyankin A.V., Myasnyankin A.A. (2013). *Perspektivnye konstruksii zdaniy i sooruzheniy. Spravochnoe posobie. [Promising construction of buildings and structures. Reference guide.]* Moscow: Publishing House Association of Construction Universities, p. 144.

6. Shashkin A.G., Shashkin K.G. (2010). Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov. [*Geotechnical support for urban development.*] Saint Petersburg: Publishing house "Stroyizdat North-West", "Georeconstruction", p. 551.
7. Shashkin A.G. (2007). Geotechnical substantiation of complex technologies for the reconstruction of buildings on soft soils. *Foundations, foundations and soil mechanics*, 3, pp. 3–8 (in Russian).
8. Shashkin A.G. (2010). A critical analysis of the most common non-linear models of soil work. *Engineering geology*, 3, pp. 29–37 (in Russian).
9. Shashkin A.G. (2010). Description of the deformation behavior of clay soil using a visco-elastic-plastic model. *Engineering geology*, 4, pp. 22–32 (in Russian).
10. Mangushev R.A., Sakharov I.I., Konyushkov V.V. (2010). Comparative analysis of numerical modeling of the building-foundation-basement system in SCAD and PLAXIS. *Bulletin of Civil Engineers*, 3, pp. 96–101 (in Russian).
11. Fedotova K.A., Kolomiitsev D.E. (n.d.). Features of calculation, design and construction of foundations of high-rise buildings. *Saint Petersburg State Polytechnic University*.
12. Sevost'yanova K.V. (2007). Fundamenty na stal'nykh trubchatykh svayakh v usloviyakh istoricheskoy zastroyki Sankt-Peterburga. [*Foundations on steel tubular piles in the conditions of historical development of Saint Petersburg.*] Saint Petersburg: Saint Petersburg State Polytechnic University.
13. Kalistratov R.V. (2013). Obosnovanie vybora svaynogo fundamenta v slozhnykh geologicheskikh usloviyakh. [*Justification of the choice of pile foundation in difficult geological conditions.*] Saint Petersburg: Saint Petersburg State Polytechnic University.
14. Verstov V.V., Gaydo A.N. (2010). Tekhnologiya ustroystva svaynykh fundamentov. [*Pile foundation technology.*] Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, p. 180.
15. Verstov V.V., Freydmann B.G., Gaydo A.N. (2004). Criteria of the comparative effectiveness of pile foundation technology. *Installation and special work in construction*, 8, p. 12.