

О КОРРЕКТНОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПО ГРУНТУ

ABOUT ACCURACY IN PRESCRIBING PILES' BEARING CAPACITY

В. Н. БАБАЕВ
Е. А. МЕТЕЛИЦА
А. Д. БОРИСОВ

В статье описаны примеры некорректного назначения несущей способности свай по грунту в проектах фундаментов, разработанных в разных регионах страны. Значения несущей способности свай по грунту, которые определялись расчетом по СП 24.13330.2011, по данным статического зондирования, по динамическим испытаниям не соответствовали значениям, установленным по результатам статических испытаний свай. Установленное расхождение в значениях несущей способности свай приводило к необходимости перепроектирования свайных фундаментов.

The paper presents several examples of incorrect design values of piles capacity prescribed by projects designed for different regions. Some case histories concerning the mistakes are considered. Pile capacity taken according to the Code of Practice 24.1330.2011, or based on CPT data or dynamic pile test data was not in line with that taken from static pile test. Ascertained discrepancy between the values results in redesigning pile foundations.

Ключевые слова:

Буронабивная свая, статические испытания грунтов сваями, несущая способность свай, технология устройства свай

Key words:

Bored pile, static pile loading test, pile capacity, pile installation technique

В рамках проектирования оценку несущей способности свай в большинстве случаев определяют расчетом по таблицам СП 24.13330.2011. При наличии данных статического зондирования или пробной забивке свай расчет несущей способности проводят в соответствии с указаниями раздела семь СП 24.13330.2011. На полученную величину несущей способности свай оказывает влияние полнота и достоверность инженерно-геологических изысканий. При этом нельзя исключить возможность ошибок, иногда существенных, в ре-

зультатах изысканий. О возможности ошибок при применении шнекового бурения при проведении инженерно-геологических изысканий говорится даже в СП 446.1325800.2019 [5].

При испытании забивных свай значения упругих и остаточных отказов не всегда верно регистрируются специалистами организаций, проводящих динамические испытания грунтов сваями. При расчете несущей способности свай по данным статического зондирования в ряде случаев принимают неверные величины переходных коэффициентов для определения предельных сопротивлений грунтов под нижним концом сваи и на их боковой поверхности или данные статического зондирования искажаются по техническим причинам. Ниже рассмотрены фактические примеры назначения значений несущей способности свай по грунту, которые потребовали корректировки. Характерно, что такая ситуация происходила в различных регионах РФ.

Москва, административное здание

На площадке строительства административного здания, расположенного в Южном Административном Округе г. Москвы, в соответствии с проектной документацией были проведены испытания грунтов буронабивными висячими сваями.

Фундаменты здания запроектированы свайными. Приняты буронабивные сваи диаметром 300 мм, длиной 7 м с кустовым их расположением. Количество свай в кусте – четыре.

В геологическом строении площадки строительства до глубины 25,0 м принимают участие следующие грунты:

Современные техногенные, представленные насыпными грунтами: суглинками и песками перемешанными, неоднородными, разноуплотненными, с включением строительного мусора. Мощность насыпных грунтов изменяется от 2,8 м до 4,7 м. Сведения о времени и методах укладки насыпных грунтов отсутствовали.

Флювиогляциальные надморенные отложения представлены: суглинками полутвердыми, интервалами тугопластичными, мощностью от 0,6 м до 3,0 м; песками пылеватыми, средней плотности, водонасыщенными. Мощность песков изменяется от 0,9 м до 2,5 м. Общая мощность флювиогляциальных надморенных отложений изменяется от 2,3 м до 3,9 м.

Отложения московской морены представлены суглинками полутвердыми. Мощность отложений – 2,0 м.

Флювиогляциальные межморенные отложения представлены суглинками от мягкопластичных до твердых. Мощность флювиогляциальных межморенных отложений изменяется от 3,8 м до 8,7 м.

Отложения днепровской морены представлены суглинками полутвердыми. Мощность отложений днепровской морены изменяется от 7,9 м до 13,3 м.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием 2-х водоносных горизонтов. Инженерно-геологический разрез показан на рис. 1.

Несущая способность свай в проекте была назначена на основании расчетов и составила 48 тс. Для контроля указанной величины были проведены испытания свай согласно ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» и обработаны в соответствии с указаниями СП 24.13330.2011. Фрагмент испытательного стенда показан на рис. 2. Основанием свай являлись суглинки тугопластичной консистенции.

Результаты испытаний представлены на рис. 3 в виде графиков зависимости осадок свай S от нагрузки P . Несущая способность свай определялась при их осадке равной 20 мм, что соответствовало 20% от предельной деформации, установленной нормами.

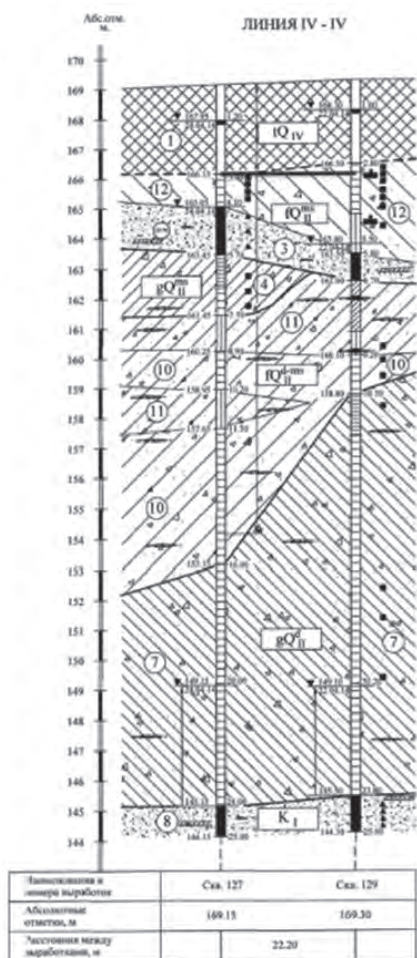


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез на площадке строительства административного здания, расположенного в ЮАО г. Москвы



Рис. 2. Фрагмент испытательного стенда на площадке строительства в ЮАО г. Москвы

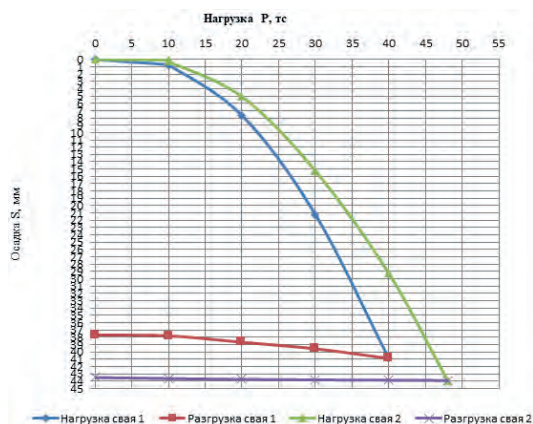


Рис. 3. График зависимости осадки S от нагрузки P на объекте в ЮАО г. Москвы

Из графиков следует, что несущая способность свай, равная 28 тс (свая 1) и 33 тс (свая 2), не отвечает требованиям проекта.

После испытаний опытные железобетонные сваи были извлечены. Повреждений и дефектов стволов не было обнаружено.

Авторами статьи был произведен поверочный расчет по таблицам СП 24.13330.2011 с использованием актуализированных результатов инженерно-геологических изысканий. Несущая способность свай, установленная расчетом по СП 24.13330.2011, составила 22,2 тс.

Таким образом, основной причиной некорректной оценки несущей способности свай в проекте являются неточные определения физико-механических показателей свойств грунтов, выполненные ранее на площадке строительства.

Для обеспечения восприятия нагрузок, принятых в проекте, было рекомендовано увеличить длину свай без изменения схемы их расположения.

Москва, жилой дом

На площадке строительства жилого дома в Северном Административном Округе г. Москвы изыскательской организацией проведено зондирование грунтов и выданы значения предельных сопротивлений свай. При глубине погружения свай на 9 м значения сопротивлений изменяются от 675 кН до 899 кН. Проектной организацией значение несущей способности сваи принято равным 67,5 тс.

Для контроля значения несущей способности были забиты шесть пробных свай длиной 10 м с поперечным сечением 30×30 см. Ходограмма забивки одной из свай представлена на рис. 4. Сваи № 1-5 первоначально были забиты на глубину 8,5 и 9,0 м. После отдыха грунты были подвергнуты динамическим испытаниям опытными сваями.

Испытания авторами статьи выполнялись молотом, использовавшимся при забивке свай, но без подачи топлива в камеру его сгорания. В первом цикле динамических испытаний грунтов сваями № 1-5 с помощью отказомера регистрировались как остаточные, так и упругие части отказов от каждого удара молота, а также определялись общие величины погружения свай от 10 ударов молота по результатам нивелирования отметок голов свай до и после испытаний. Пример отказограммы испытания грунтов одной из свай приведен на рис. 5.

После проведения первого цикла динамических испытаний грунтов сваями № 3, 4 и 5 последние были допогружены до глубины 9,6 м, и на ту же глубину была дополнительно забита опытная свая № 6.

Второй цикл динамических испытаний уже допогруженных опытных свай № 3, 4 и 5, а также сваи № 6 выполнен после отдыха.



Рис. 4. Ходограмма забивки одной из свай на площадке строительства в CAO г. Москвы

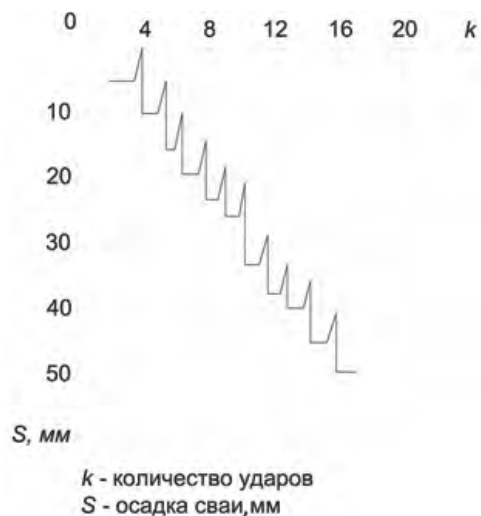


Рис. 5. Отказограмма испытания одной из свай на площадке строительства в CAO г. Москвы

Средние значения отказов свай, полученные при первом и втором циклах динамических испытаний, приведены в таблице 1. В этой же таблице приведены рассчитанные в соответствии с методикой СП значения несущей способности свай.

Таблица 1

№ испытанных опытных свай	Осредненные значения остаточных отказов S_a опытных свай и нагрузки, допускаемые на эти сваи N , в соответствии с расчетом по формуле (18) СП 24.13330.2011			
	При погружении свай на 8,5...9 м в первом цикле динамических испытаний		При погружении свай на 9,6 м во втором цикле динамических испытаний	
	S_a , м	N , тс	S_a , м	N , тс
1	0,003	56	-	-
2	0,005	43	-	-
3	0,005	43	0,0017	71
4	0,003	56	0,0022	60
5	0,009	31	0,0026	57
6	-	-	0,0023	59

Примечание: Сваи № 1, 4 и 5 погружены в лидерные скважины глубиной 2,5-3 м, сваи № 2 и 3 – в скважины глубиной 5-7 м, а свая № 6 – без бурения лидерной скважины.

С нашей точки зрения, ошибкой является назначение несущей способности свай по грунту, которые погружены в предварительно пробуренные лидерные скважины, по результатам статического зондирования. Данные статического зондирования неправомерно использовать для определения несущей способности свай, погружаемых в предварительно пробуренные лидерные скважины.

Окончательное значение несущей способности свай было рекомендовано принять по результатам проведенных динамических испытаний допогруженных свай.

Ярославская область, жилой дом

В Ярославской области проектной организацией было принято решение об усилении буроинъекционными сваями существующего свайного поля из свай заводского изготовления, погруженных забивкой, для строительства жилого дома.

Грунтовые условия участка строительства дома характеризуются залеганием сверху вниз: песков различной крупности и плотности сложения мощностью от 4,8 до 7 м; торфа мощностью до 2,5 м; супеси мощностью от 0,0 до 1,9 м; глин в кровле тугопластичных, ниже полутвердых, вскрытой мощностью 7,5-7,8 м.

Исполнительная документация о забитых сваях свидетельствовала о недопогружении острия свай до проектных отметок и о разрушении значительного количества голов свай. При этом острие свай располагалось в толще песков над слоем торфа переменной толщины. Это характерный пример, когда несущая способность свай может быть обеспечена, но осадки могут превысить расчетные величины.

Авторами статьи было предложено не выполнять усиление свайного основания путем устройства дополнительных буроинъекционных свай в связи с существенным отличием в механическом поведении буровых и забивных свай. Устройство сплошной фундаментной плиты по существующему свайному полю также не устраняло проблемы возможности развития неравномерных осадок основания и крена здания, вследствие наличия слоя торфа переменной мощности в пределах сжимаемой толщи под нижними концами свай.

Авторами статьи было рекомендовано выполнить устройство нового свайного поля в пределах существующего. При этом предлагалось смещение в плане новых свай относительно существующих только в одном (продольном по отношению к плану здания) направлении. Острия новых свай было предложено заглубить в слой полутвердых глин с обязательной прорезкой слоя торфа и с подтверждением несущей способности свай по результатам статических испытаний. Окончательное значение несущей способности свай было рекомендовано определять с учётом развития сил отрицательного трения слоёв грунтов, расположенных выше торфяного напластования при условии, если на поверхности будет выполняться дополнительная подсыпка для планировки.

Тула, административное здание

В городе Тула проектной организацией для строительства административного здания был разработан проект фундаментов с использованием буронабивных свай длиной 8,0 м, диаметром 750 мм с уширенной пятой диаметром 1500 мм.

Грунтовые условия площадки строительства характеризуются залеганием сверху вниз следующих грунтов:

- насыпных, представленных смесью суглинистого материала, щебня известняка до 10-15%, битого кирпича и стекла;
- покровных суглинков мягкопластичной консистенции с прослоями полутвердого и тугопластичного;
- флювиогляциальных суглинков тугопластичной и полутвердой консистенции;
- моренных глин полутвердой и твердой консистенции с включением дресвы и щебня известняка до 10%;
- глин твердой консистенции.

Инженерно-геологический разрез показан на рис. 6.

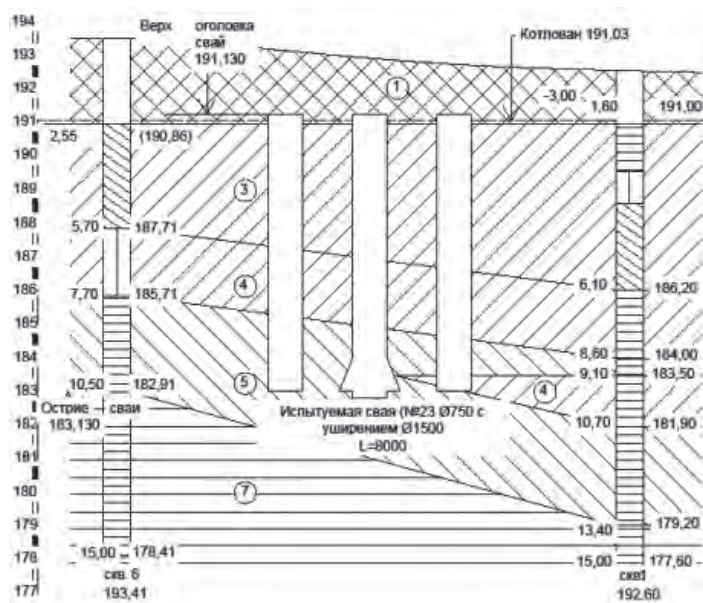


Рис. 6. Инженерно-геологический разрез строительной площадки в городе Тула

Основанием свай являлись глины полутвердой и твердой консистенции с включением дресвы и щебня. Несущая способность свай, определенная расчетом по своду правил (СП 24.13330.2011), составляла 150,5 тс.

С целью подтверждения определенного расчетом значения несущей способности были устроены одна опытная и шесть анкерных свай. Следует отметить, что при бурении скважин с отметки пионерного котлована для опытной и анкерных свай было отмечено сильное поступление воды в котлован и его временное затопление.

После завершения набора прочности бетоном буронабивных свай был смонтирован стенд и проведено испытание грунта опытной сваей в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012.

По техническому заданию предусматривалось доведение нагрузки на сваю до 250 тс ступенями по 40 и 20 тс с достижением осадки не менее 40 мм.

При проведении испытаний первую ступень уменьшили до 30 тс, а последующие – до 15 тс.

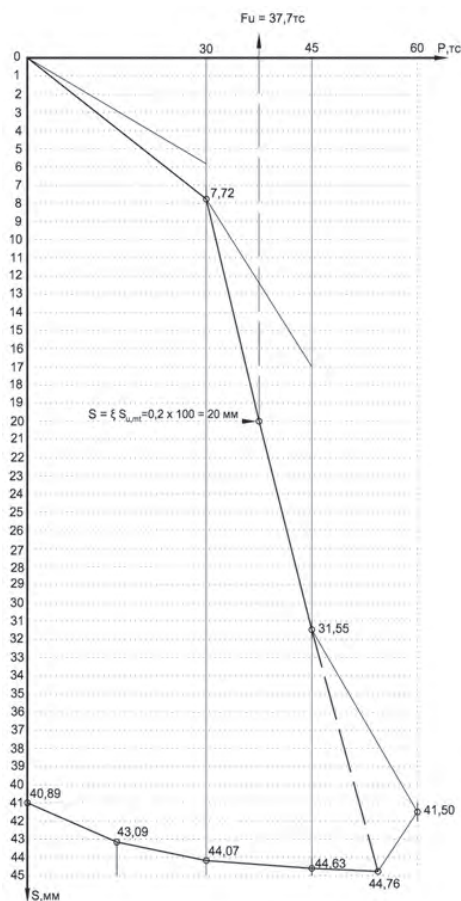


Рис. 7. График зависимости осадки S от нагрузки P испытываемой сваи с уширением на строительной площадке в городе Тула



Рис. 8. График изменения осадки сваи S во времени t (по ступеням нагрузок) испытываемой сваи с уширением на строительной площадке в городе Тула

На ступенях нагрузок 30 и 45 тс была достигнута условная стабилизация осадок. При повышении нагрузок до 60 тс осадка резко выросла до 41,5 мм и продолжала увеличиваться без увеличения нагрузки. Графики осадки сваи от нагрузки и во времени показаны на рис. 7 и 8.

Установленное испытаниями значение несущей способности сваи по грунту, равное 37,7 тс, оказалось значительно меньше значения, предусмотренного расчетом, что привело к необходимости корректировки проекта.

Основной причиной уменьшения несущей способности свай на данной площадке является снижение величины основных показателей физико-механических свойств грунтов при затоплении котлована. Котлован находился в затопленном состоянии продолжительное время. Кроме того, подрядная организация не имела технологического регламента и опыта в устройстве уширения буронабивных свай. Устройство уширения свай само по себе в большинстве случаев связано с наличием бурового шлама [6]. Было рекомендовано увеличить количество свай и длину без устройства уширения.

Заключение

Действующие строительные нормы из-за большого разнообразия грунтовых условий часто дают большую разницу при определении несущей способности свай по расчету с результатами, полученными при проведении натуральных статических испытаний [3, 4], которые являются эталоном для назначения величины несущей способности свай.

Определение несущей способности свай в соответствии с таблицами СП 24.13330.2011 в большинстве случаев имеет хорошую сходимость для относительно простых инженерно-геологических условий и, как правило, для грунтов осадочного происхождения. В остальных случаях наблюдается расхождение, иногда существенное, между результатами расчетов и статических испытаний свай. В последнее время наблюдается снижение качества инженерно-геологических изысканий, что является дополнительным фактором для уменьшения достоверности расчетов.

Расчет несущей способности свай как по таблицам СП, так и с помощью численных методов в любом случае требует верификации полученных результатов с данными натуральных испытаний. Следует учитывать и изменение основных показателей физико-механических свойств грунта при производстве работ на строительной площадке.

Библиографический список

1. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 Министерство Регионального Развития Российской Федерации. Москва, 2011
2. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями Межгосударственный стандарт Дата введения 2013-07-01
3. *Ободовский А.А.* Проектирование свайных фундаментов. М., Стройиздат, 1977 г.
4. *Кургузов К.В., Фоменко И.К., Сироткина О.Н.* Оценка несущей способности свай. Методы расчета и проблематика. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. т.330. №10.
5. СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

6. Дзагов А.М., Китайкин В.А., Чернов Р.И. О влиянии качества зачистки уширения скважины на несущую способность буронабивной сваи "ОФМГ". – 2016. – № 4. С. 31-36

Авторы:

Владислав Николаевич БАБАЕВ, научный сотрудник лаборатории свайных фундаментов НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vladislav BABAEV, researcher, Pile Foundation Laboratory, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: vladbalv67@yandex.ru

Елена Александровна МЕТЕЛИЦА, научный сотрудник лаборатории свайных фундаментов НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», Москва

Elena METELITSA, researcher, Pile Foundation Laboratory, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab1_422@inbox.ru

Алексей Дмитриевич БОРИСОВ, техник-лаборант лаборатории свайных фундаментов НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», Москва

Aleksey BORISOV, research technician, Pile Foundation Laboratory, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab1_422@inbox.ru