

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАИ

Б. М. Черепанов, Д. С. Лазарева

Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В практике фундаментостроения используют четыре основных метода определения несущей способности свай: расчётный, метод статического или динамического зондирования, динамический и метод пробных статических нагрузок. Целью данного исследования в статье является сопоставление значений предельных сопротивлений свай, полученных по данным статических нагрузок, и несущей способности сваи, определенной расчётным методом.

Ключевые слова: свая, несущая способность сваи, полевые испытания свай, расчётный метод, статическая нагрузка, натурная свая.

Широкое применение свайных фундаментов в промышленном и гражданском строительстве началось с конца 60-х годов, когда впервые сваи стали использоваться, как более индустриальный и экономичный тип фундамента и наиболее надежное и универсальное решение для различных инженерно-геологических условий с учетом роста вертикальных и горизонтальных нагрузок на грунты основания.

Однако и в настоящее время во многих случаях проекты свайных фундаментов выполняются с большим запасом, часто недоиспользуется несущая способность свай, а фактическая осадка, как правило, значительно меньше допускаемой для зданий и сооружений. Это говорит о существовании неиспользованных резервов в несущей способности свайных фундаментов, снижающих экономическую эффективность их применения, и актуальности дальнейших экспериментальных и теоретических исследований в этой области современного фундаментостроения.

Одним из важнейших направлений повышения экономической эффективности и надежности свайных фундаментов является совершенствование методов их расчета, а также совершенствование методик контроля качества работ.

За прошедшие с начала первого применения свай годы многие научные работники в содружестве со специалистами проектных и строительных организаций обобщили накопленный опыт применения свай в различных грунтовых условиях, провели большой объем экспериментальных и теоретических исследований, разработали новые методы расчета и проектирования свайных фундаментов [2].

В настоящее время для определения несущей способности забивной сваи часто применяется расчётный метод. Суть расчета заключается в определении несущей способности по формуле, представленной в СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» [1]. Искомое значение зависит от марки сваи, то есть ее длины, формы и размеров сечения, а также от физико-механических характеристик грунтов, лежащих в основании проектируемого объекта. Данный метод является наименее точным, но наиболее простым, требует минимального количества времени и денежных средств.

С практической точки зрения наиболее важными являются вопросы определения несущей способности свай до начала производства работ по устройству свайного поля. Для этих целей применяют статическое и динамическое зондирование грунтов инвентарными зондами, а также полевые испытания натурными или эталонными сваями.

Среди этих методов наиболее достоверными и универсальными для различных геологических условий и технологий являются испытания грунтов статической вдавливающей нагрузкой, выполняемые на предварительно погруженных опытных сваях.

Производство полевых испытаний свай регламентировано в России требованиями ГОСТ 5686-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». Испытания проводятся на стадиях инженерных изысканий, проектирования и в ходе строительства объектов. Сваи нагружаются статическими нагрузками, как правило, до разрушения грунта, окружающего сваю.

Статические испытания дают весьма точную информацию о несущей способности свай, однако чрезвычайно трудоемки, сопряжены с техническими трудностями подачи и реактивного восприятия испытательных нагрузок, продолжительны во времени. В силу разрушающего характера испытаний сваи не могут быть использованы в дальнейшем и подлежат выбраковке [3].

Результаты испытания сваи статической нагрузкой не требуют дополнительных расчётов и интерполяций. Все получаемые при испытании данные считываются напрямую с измерительных приборов. Точность результатов оказывает значительную помощь проектировщикам и застройщикам, позволяя спланировать объект наиболее выгодно с экономической точки зрения.

Статические испытания могут назначаться на стадии изысканий, до начала рабочего проектирования, в процессе забивки (изготовления) свай, а так же при приемке забитых (изготовленных) свай. Цель их на стадии изысканий — выбор длины и сечения свай и оценка их несущей способности; в процессе забивки (изготовления) и при приемке забитых (изготовленных) свай — определение фактической несущей способности свай и сопоставление ее с расчетной, принятой в проекте [4].

Так как данные, полученные в результате статических испытаний, отличаются значительно большей достоверностью и точностью, чем при других полевых испытаниях, несмотря на большую сложность и трудоемкость, они назначаются, как правило, при строительстве сложных и крупных объектов с большим числом свай в фундаменте.

В итоге можно сказать, что испытание грунта натурной сваей является самым достоверным, но при этом и самым трудоемким и дорогостоящим методом. Поэтому на территории нашего региона его применяют не так часто.

В тоже время, в некоторых случаях только натурные испытания могут позволить обосновать возможность устройства свайных фундаментов, например на глинистых грунтах при показателе текучести более 0,6. Строительные нормы, как известно, запрещают заглублять сваи в такие грунты.

Что же можно сказать об инженерно-геологических условиях в городе Барнауле и близлежащих районах, так это то, что они имеют свои специфические особенности. Высокая техногенная загруженность площадей обуславливает активизацию опасных при-

родно-техногенных геологических процессов и явлений, вызывающих существенные социальные, экологические ущербы и негативные ситуации в экосистеме г. Барнаула. Этому способствует значительная расчлененность рельефа, изменчивость уровня режима р. Оби, сложность геологического и геоэкологического развития региона, наконец, наличие в составе покровной толщи неустойчивых в геодинамическом отношении просадочных многослойных лессовых пород. Водоупорные свойства суглинистых почв и речная эрозия создают условия для развития оползневых процессов на левом склоне Оби.

Плотность пород с глубиной увеличивается, при этом отмечена общая тенденция увеличения плотности с уменьшением абсолютных отметок. Грунты обладают высокой водопроницаемостью и уменьшением прочности при увлажнении. Время размокания образцов (размер 3×3×3 см в воздушно-сухом состоянии), в большинстве случаев, составляет 1-2 минуты. Размокание, как правило, идет бурно, россыпью. Для отдельных, более плотных разностей суглинков, скорость размокания увеличивается до 10-15 минут.

В связи со слабой водопрочностью лессовидные суглинки и супеси легко размываются текучими водами, что приводит к сравнительно быстрому развитию эрозионных процессов и к просадкам грунтов в основании сооружений при замачивании их в процессе эксплуатации.

Общим для лессовых пород краснодубровской свиты является просадочность I типа и лишь на отдельных участках проявляется просадочность II типа или грунты непросадочные. Мощность просадочной толщи по территории не одинакова, её значение варьирует от 5-7 м до 12 м и связана со стратиграфическим положением толщи лессовых пород [5].

В итоге можно сказать, что геоэкологическая обстановка в пределах территории города осложнена существованием двух геоморфологических элементов (Приобское плато, сложенное лессовыми грунтами и долина р. Барнаулки), низким базисом эрозии р. Оби (абсолютная отметка регионального водопора 114 м) и наличием ОГП (оползневые деформации берегового уступа, подтопление значительных по площади участков жилой застройки, просадками лессовых грунтов под жилыми зданиями и промышленными сооружениями) [5].

Исходя из анализа физико-механических свойств грунтов и инженерно-геологических

условий, свайный самый подходящий и распространенный тип фундамента для нашего региона. Соответственно, проблема определения несущей способности свай стоит остро и требует к себе повышенного внимания.

Отсюда следует важный вывод о необходимости уточнения и совершенствования методик определения несущей способности грунтов по результатам испытаний статической вдавливающей нагрузкой. Для решения этих задач были рассмотрены случаи из практики интерпретации результатов статических испытаний грунтов.

Согласно многочисленным полевым испытаниям свай на статическую вдавливающую нагрузку на территории Российской Федерации несущая способность свай по грунту значительно превышает рассчитанную по требованиям норм.

В нормах существуют указания по этому вопросу, однако они носят рекомендательный, а не обязательный характер и применить их на практике не представляется возможным.

Проанализировав имеющуюся литературу на эту тему, можно сделать вывод о том, что сравнение расчётного метода и метода статических нагрузок в нашем регионе, а также близлежащих районах не проводилось.

Имеются данные о сопоставлении результатов статического зондирования и метода статических нагрузок.

В литературе приведены эмпирические графики, переходные коэффициенты различных показателей. В итоге переходные коэффициенты сопротивлений грунтов «от зонда к свае», полученные сопоставлением эмпирических графиков испытаний свай, позволяют сократить число опытов с натурными сваями, а при статистической достаточности результатов – вообще отказаться от их проведения [6].

Однако для применения этих теоретических знаний нужно еще более детально изучать эти вопросы. Даже если все необходимые исследования и расчеты будут проведены, то все равно будет потрачено значительное количество времени и денежных средств на данные работы.

Соответственно, при анализе результатов расчётного метода и метода статических нагрузок в идеале можно сократить количество, либо совсем отказаться от полевых испытаний, перейдя к теоретическим анализам и расчетам.

Проведение подобных исследований позволит получить значительную экономию.

Для этой цели планируется произвести сбор и обработку результатов проведения полевых испытаний свай по определению несущей способности свай в АО «АлтайТИ-СИЗ».

На данный момент уже собрано некоторое количество результатов натурных испытаний свай в различных районах города Барнаула, а также определена несущая способность расчётным методом для данных грунтовых условий соответственно. Было отобрано 20 результатов статических испытаний сваей грунта, в которых несущим слоем является суглинок. Также 7 свай, опирающихся на песчаный грунт и 9 – на супесь. Какие-то конкретные выводы пока что делать рано, но в ходе анализа всех имеющихся данных были замечены некоторые закономерности.

Рассмотрим результаты исследований суглинков. Как уже ранее говорилось, несущая способность свай по грунту, определенная полевыми методами, превышает ту, что рассчитана по требованиям норм. Интересно, что этому выводу соответствует лишь 10 испытываемых свай. Если перейти к цифрам, то можно заметить, что при показателе текучести в интервале от 0,4 до 0,48 самые большие различия в значениях, определенных по этим двум методам.

Показания, полученные по методу статических нагрузок, превышают в 2 и более раз расчётные значения. При показателе текучести от 0,2 до 0,5 и более результаты отличаются примерно в 1,05 – 1,4 раза.

Для примера возьмем две испытываемые сваи в г. Барнауле по адресу ул. Промышленная, 4 (свая 1) и ул. Приречная, 2-а (свая 2). Свая 1, марки С11-35, опирается на суглинок полутвердый, серо-зеленого цвета, с прослоями и линзами песка пылеватого и супеси. Показатель текучести составляет 0,23. Несущая способность, определенная полевым методом составила 1253 кН, а по СП 22.13330.2011 – 1190 кН. Коэффициент соотношения этих значений составляет 1,05.

Рассмотрев же сваю 2, марки С14-35, опирающуюся на суглинок тугопластичный, серый с прослоями супеси и песка мелкого, с показателем текучести 0,48, можно заметить, что разница в значениях достаточно велика. Несущая способность при методе статических нагрузок составила 1300 кН, а при теоретическом – 534 кН, что меньше в 2,43 раза. Разница значительная, что подтверждает неточность теоретического метода.

Остальные же 10 испытываемых свай показали иные результаты.

Проанализировав их видно, что несущая способность, определенная по СП превышает значения, полученные при испытании статическими нагрузками. Важно отметить, что все эти сваи опираются на суглинок, имеющий отрицательное значение показателя текучести. При показателе текучести в интервале от -0,8 до -0,09 коэффициент отношения значений несущей способности сваи, определенной по двум методам, составляет от 0,56 до 0,76.

Для примера также рассмотрим две испытываемые сваи по адресу ул. Жасминная, 3 (свая 3) и ул. Балтийская, 96 (свая 4). Свая 3, марки С9-35, опирается на суглинок лессовидный непросадочный твердый, желто-бурый, с прослоями супеси. Показатель текучести грунта составляет минус 0,46. Несущая способность, определенная полевым методом составила 1000 кН, а по СП – 1499 кН. Отношение $1000/1499 = 0,67$.

Похожие результаты можно видеть у сваи 4, марки С13-35, опирающейся на суглинок лессовидный непросадочный твердый желто-бурый, ожелезненный, с частыми прослоями супеси, с показателем текучести минус 0,219.

Несущая способность при методе статических нагрузок составила 1011 кН, а при теоретическом – 1625 кН. Отношение этих величин равно 0,62.

Выявленные закономерности позволяют сделать предварительные выводы:

- если несущим слоем под основание свайного фундамента является суглинок с положительным показателем текучести, то значение несущей способности сваи, определенное по методу статических нагрузок, в 1,05 – 2,74 раза превышает значение, определенное по СП 22.13330.2011;

- если несущим слоем под основание свайного фундамента является суглинок с отрицательным значением показателем текучести, несущая способность сваи, определенная по методу статических нагрузок, в 0,56 – 0,76 раз меньше значения, определенного по расчётному методу.

Полученные выводы являются предварительными и требуют подтверждения дополнительными исследованиями.

Кроме того, планируется проанализировать результаты полевых испытаний свай, заглубленных в супеси и песчаные грунты, а также учесть параметры сваи (размер поперечного сечения и длину) и грунты, расположенные в пределах сваи.

Целью данных исследований является разработка региональной таблицы, позволяющей определять несущую способность свай с большей достоверностью без полевых испытаний. Тем самым значительно снизятся сроки проектирования, трудовые и финансовые затраты на выполнение нулевого цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Минрегион России, 2010. – 86 с.
2. Гольдфельд, И.З. Графоаналитическая обработка результатов статических испытаний грунтов забивными сваями и зондированием / И. З. Гольдфельд, Е. А. Смирнова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2011. – № 5. – С. 35-40.
3. Маскалева, В. В. Несущая способность сваи по теоретическому методу, методу статического и динамического зондирования / В. В. Маскалева // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 3. – С. 105-111.
4. Улыбин, А.В. Обследование свайных фундаментов при надстройке зданий / А. В. Улыбин, С. В. Зубков. – Санкт-Петербург: Спб. унив. изд-во., 2014. – 95 с.
5. Осипов, В. И. Деформируемость лессовых пород на урбанизированных территориях приобского плато / В. И. Осипов, И. И. Молодых, Г. И. Швецов, Т. А. Горбунова, Б. Ф. Азаров, С. Г. Платонова // ИГРАН. – 2015. – 7 с.
6. Гольфельд, И. З. Практика расширенного анализа результатов полевых испытаний грунтов сваями и зондированием / И. З. Гольфельд // Геотехника. – 2013. – № 3. – С. 66-70.

Черепанов Б.М. – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bmcher@mail.ru.

Лазарева Д.С. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: dashalaz94@mail.ru.