УДК 624.131; 624.155

В.П. Перов¹, С.В. Перов¹, Н.И. Сяркин²¹ООО «Фундаментстройпроект», Оренбург, Россия²ООО «НовСтройТех», Оренбург, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ СВАЙ В РАСКАТАННЫХ СКВАЖИНАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Рассмотрены полевые испытания статическими нагрузками свай в раскатанных скважинах, успешно внедряемых при строительстве малоэтажных индивидуальных жилых домов, которые позволили установить изменение несущей способности таких свай при добавлении в нижний конец скважины жесткого материала (щебня).

Ключевые слова: сваи в раскатанных скважинах, полевые испытания, несущая способность, «жесткий материал», экономия расхода материалов.

V.P. Perov¹, S.V. Perov¹, N.I. Syarkin²¹Fundamentstroyproekt Ltd, Orenburg, Russian Federation²NovStrojTeh Ltd, Orenburg, Russian Federation

INCREASING THE EFFICIENCY OF PILES IN UNROLLED WELLS USED IN LOW-RISE CONSTRUCTION

Field trials of piles by static loads in unrolled wells have been examined. These piles are successfully introduced in low-rise construction of detached houses. The trials have established changes in the load capacity of such piles when rigid material (gravel) is added to the lower end of the well.

Keywords: piles in unrolled wells, field trials, load capacity, "rigid material", saving material consumption.

Основная часть территорий, выделенных в пригородах г. Оренбурга под малоэтажную застройку, является неблагоприятной в инженерно-геологическом отношении из-за наличия просадочных грунтов мощностью от 1,0 до 15,0 м и обладает значительным диапазоном изменения физических и механических характеристик. Условием освоения таких территорий являются повышенные требования к методам подготовки оснований, а также особые конструктивные, планировочные мероприятия и условия эксплуатации зданий и сооружений.

Опыт строительства малоэтажных зданий и сооружений показывает, что при отсутствии подвалов и техподполий и наличии слоя просадочных грунтов мощностью до 5,0 м наиболее целесообразным и экономически выгодным является вариант использования свайного фундамента. Указанный тип фундаментов позволяет значительно снизить объем земляных работ и объем бетона при расположении ростверка в цокольной части здания.

Учитывая данное обстоятельство, ООО «Фундаментстройпроект» провело серию полевых испытаний набивных свай в пос. Экодолье, где планируется строительство свыше 1000 индивидуальных домов и сопутствующих объектов социального назначения (детских садов, магазинов, школ и пр.).

Согласно инженерно-геологическим изысканиям на опытной площадке в геологическом строении участка, до глубины 10 м, по результатам анализа пространственной изменчивости частных показателей свойств грунтов, определенных лабораторными и полевыми методами, выделены три инженерно-геологических элемента, кроме почвенно-растительного слоя мощностью 0,5 м, который рекомендуется к изъятию при строительстве:

– ИГЭ-1. Суглинок просадочный I типа, коричневый и светло-коричневый, твердый, карбонатизированный (вскипает в 10 %-ной HCl), макропористый, с прослоями песка мелкого мощностью до 2 см, незасоленным, непучинистым, ненабухающим. Кровля элемента вскрыта на глубине 0,5 м от поверхности земли, подошва на глубине 3,5÷4,0 м, полная мощность составляет 3,0–3,5 м;

– ИГЭ-2. Суглинок непросадочный, коричневый, твердый, с отдельными макропорами, карбонатизированный (вскипает в 10 %-ной HCl), незасоленный, непучинистый, ненабухающий, с прослоями песка, мощностью до 3 см. Кровля суглинка вскрыта на глубине 3,5–4,0 м от поверхности земли, подошва на глубине 7,6–8,0 м, полная мощность составляет 3,6–4,0 м;

– ИГЭ-3. Песок мелкий, серый, серовато-коричневый, полимиктовый, средней плотности, малой степени водонасыщения. Кровля элемента вскрыта на глубине 7,6–8,0 м от поверхности земли, полная мощность скважинами до глубины 10 м не пройдена, вскрытая составляет 2,0–2,4 м.

Частные значения физико-механических характеристик грунта по результатам лабораторных и полевых исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунтов

№ п/п	Наименование характеристики	ИГЭ № 1 Суглинок про- садочный	ИГЭ № 2 Суглинок непросадоч- ный	ИГЭ № 3 Песок мелкий
1	Влажность природная, д.е.	0,15	0,20	0,08
2	Влажность на границе текучести, д.е.	0,27	0,36	
3	Влажность на границе раскатывания, д.е.	0,18	0,22	
4	Число пластичности, д.е.	0,09	0,14	
5	Показатель текучести	<0	<0	
6	Плотность грунта в природном сложении, т/м ³	1,72	1,97	1,75
7	Плотность сухого грунта, т/м ³	1,49	1,64	1,62
8	Плотность частиц грунта, т/м ³	2,69	2,70	2,65
9	Коэффициент пористости	0,80	0,66	0,64
10	Коэффициент водонасыщения	0,49	0,83	0,33
11	Компрессионный модуль деформации при природной влажности, МПа	7,7	12,4	
12	Компрессионный модуль деформации при полном водонасыщении, МПа	3,9	10,1	
13	Относительная деформация при нагрузках $\sigma_{zg} + 0,30$, МПа	0,020	0,003	
14	Начальное просадочное давление, МПа	0,143		
15	Удельное сцепление, МПа	0,018	0,023	0,003
16	Угол внутреннего трения, град	20	22	30
17	Модуль деформации при природной влажности, МПа	22	22	26
18	Модуль деформации при пол- ном водонасыщении, МПа	12	18	

На опытной площадке были устроены восемь свай в раскатанных скважинах $\varnothing 250$ мм, длиной 3,0 м.

В ходе проведенных экспериментальных исследований набивных свай изучались следующие вопросы:

- особенности работы буронабивных свай и свай в раскатанных скважинах в просадочных грунтах I типа при естественном состоянии грунта и при полном водонасыщении;

- выявление изменения несущей способности свай при использовании жесткого материала в нижнем конце свай;

- влияние наличия просадочного грунта под нижним концом свай.

Диаметр буронабивных свай (250 мм) принят в связи с тем, что при изготовке раскатанных скважин используется рабочий орган (раскатчик) именно такого диаметра.

В настоящее время фирма ООО «НовТехСтрой» совместно с ООО «ОКБ «НИС» разработала, изготовила и внедрила в производство ряд универсальных мобильных установок для устройства раскатанных скважин с использованием раскатчиков различных конструкций, имеющих свою область применения.

Так, у нас имеются установки на базе колесных погрузчик-экскаваторов, на базе полноповоротного экскаватора, на базе колесных тракторов с «ломающейся рамой», а также переносная установка для работы в стесненных условиях, в том числе в подвальных помещениях.

Перечисленные установки имеют целый ряд преимуществ по сравнению с буровыми установками на базе автомобильных шасси. Это прежде всего большой крутящий момент на рабочем органе, большой одноразовый ход рабочего органа (до 9 м), быстрый и точный подъезд к точке расположения проектной скважины и повышенная проходимость. Общий вид установки с рабочим органом представлен на рис. 1.

Наличие такой техники обусловило широкое внедрение способа раскатки при устройстве фундаментов в нашем регионе.

Особенность технологии производства набивных свай в раскатанных скважинах заключается в том, что свая изготавливается в скважинах, при устройстве которых грунт не извлекается на поверхность, как при бурении, а вдавливается в окружающий массив. Благодаря такой технологии в уплотненной зоне вокруг скважины значительно улучшаются физико-механические свойства грунта, а в просадочных грунтах устраняются просадочные свойства. Опыт использования таких свай изложен в [1, 2].

Учитывая небольшой диаметр сваи в раскатанной скважине, мы провели исследование влияния наличия жесткого материала (щебня) в нижней части скважины. Объем жесткого материала составлял 0,01 и 0,02 м³. Щебень отсыпался в готовую скважину, вдавливался и раскатывался рабочим органом до достижения первоначальной отметки нижнего конца скважины.

Статическое испытание опытных свай с использованием грузовой платформы и динамометра сжатия проводилось в соответствии с ГОСТ 5686–94 при естественной влажности грунта и при его водонасыщении. Параллельное испытание свай в водонасыщенном просадочном грунте выполнялось после достижения грунтом степени влажности более 0,8, которое уточнялось по результатам контрольного отбора образцов грунта по глубине и статического зондирования с использованием зонда II типа.

Рис. 1. Общий вид установки для устройства раскатанных свай НИС-55

За критерий условной стабилизации принята скорость осадки сваи 0,1 мм за 2 ч.

Из графиков статических испытаний (рис. 2) видно, что замачивание просадочного грунта влияет на несущую способность одиночных свай даже при использовании технологии раскатки скважин. Снижение составляет около 30 %.

Сравнение графиков № 1 и № 2 показывает, что изменение несущей способности свай в раскатанных скважинах начинает сказываться при исчерпании сопротивления по боковой поверхности сваи и включении в работу нижнего конца сваи.

При раскатке в нижнюю часть сваи дополнительно отсыпался $0,01 \text{ м}^3$ щебня, что позволило увеличить несущую способность свай почти на 30 %. Изменение объема вкатываемого щебня до $0,02 \text{ м}^3$ увеличивает несущую способность сваи еще практически на 15 %. Однако при этом значительно (практически в 2 раза) увеличивается время на устройство раскатанной скважины.

Рис. 2. Графики зависимости «нагрузка-осадка» по данным статических испытаний свай в раскатанных скважинах длиной 3,0 м (1 – без замачивания грунта; 2 – с замачиванием грунта; 3 – с замачиванием грунта и использованием щебня $V = 0,01 \text{ м}^3$; 4 – с замачиванием грунта и использованием щебня $V = 0,02 \text{ м}^3$)

Полученные результаты статических испытаний свай в раскатанных скважинах позволили выявить влияние добавления щебня в нижнюю часть скважины, позволяющего практически компенсировать возможное замачивание окружающего просадочного грунта и использовать при расстановке по длине ростверков сваи одного типоразмера, но с разной несущей способностью, что отражается на расходе бетона и металла в арматурных каркасах.

Библиографический список

1. Ломов П.О. Применение метода усиления грунтов армированием набивными сваями в раскатанных скважинах // Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – СПб., 2014.
2. Саурин А.Н., Редькина Ю.В. Опыт преобразования основания фундаментной плиты набивными сваями в раскатанных скважинах // Теоретические и практические проблемы геотехники: межвуз. тем. сб. тр. – СПб., 2005.

References

1. Lomov P.O. Primenenie metoda usileniya gruntov armirovaniem nabivnymi svayami v raskatannykh skvazhinakh [Application of the method gain soil reinforcement piles rammed into wells roll]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii "Sovremennye geotekhnologii v stroitel'stve i ih nauchno-tehnicheskoe soprovozhdenie"*. St.-Petersburg, 2014.
2. Saurin A.N., Redkina Yu.V. Opyt preobrazovaniya osnovaniya fundamentnoj plity nabivnymi svayami v raskatannykh skvazhinah [Conversion experience base foundation slab piles rammed into wells roll]. *Mezhvuzovskij tematicheskij sbornik trudov "Teoreticheskie I prakticheskie problemy geotekhniki"*. St.-Petersburg, 2005.

Об авторах

Перов Владимир Павлович (Оренбург, Россия) – кандидат технических наук, технический директор ООО «Фундаментстройпроект» (e-mail: fstpr@mail.ru).

Перов Сергей Владимирович (Оренбург, Россия) – главный инженер ООО «Фундаментстройпроект» (e-mail: fstpr@mail.ru).

Сяркин Николай Иванович (Оренбург, Россия) – директор ООО «НовСтройТех» (e-mail: nis07@mail.ru).

About the authors

Perov Vladimir Pavlovich (Orenburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Technical director, "Fundamentstroyproekt" Ltd. (e-mail: fstpr@mail.ru).

Perov Sergey Vladimirovich (Orenburg, Russian Federation) – Chief engineer, “Fundamentstroyproekt” Ltd. (e-mail: fstpr@mail.ru).

Syarkin Nikolaj Ivanovich (Orenburg, Russian Federation) – Director, “NovStrojTeh” Ltd. (e-mail: nis07@mail.ru).

Получено 04.04.2014