

Оценка несущей способности инъекционных свай по данным статического зондирования грунтов

УДК624.159.5

Полищук Анатолий Иванович

д-р техн. наук, профессор, заслуженный строитель РФ, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» Кубанского государственного аграрного университета (Краснодар, Российская Федерация); e-mail: ofpai@mail.ru;

Александр Александрович Тарасов

аспирант Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия, e-mail: tar.a.a@mail.ru

Статья получена: 10.02.2016. Рассмотрена: 17.02.2016. Одобрена: 26.02.2016. Опубликовано онлайн: 28.03.2016. ©РИОР

Аннотация. В работе рассматривается метод расчёта несущей способности инъекционных свай в слабых глинистых грунтах, основанный на использовании результатов статического зондирования и рекомендаций СП 24.13330.2011 – «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» Приводится сравнение экспериментальных и расчётных данных.

Ключевые слова: инъекционная свая, результаты статического зондирования грунтов, метод расчёта, несущая способность свай.

В Томском государственном архитектурно-строительном университете разработан способ устройства инъекционных свай, позволяющий выполнять их устройство в слабых глинистых грунтах¹ [1, 2]. Основная область применения таких свай – усиление

фундаментов реконструируемых зданий. При устройстве инъекционных свай по рассматриваемому способу применяют инъекторы из перфорированных стальных составных труб или другой конструкции [2], которые вдавливают в грунт до заданной глубины. Отличительной особенностью инъектора является наличие уширения в уровне нижнего конца в виде плоского стального диска. При этом, диаметр плоского диска (уширения) превышает диаметр инъекторной трубы на 50–60%. После погружения инъектора на заданную глубину, выполняется заполнение скважины подвижной бетонной смесью. Подача бетонной смеси в скважины осуществляется либо непосредственно через инъектор после его вдавливания [1], либо через бетонолитный рукав, опущенный в забой скважины внутри инъектора (при необходимости бетонирования скважины восходящим способом) [3]. Заполнение скважины бетоном осуществляется под давлением 0,2...0,5 МПа, что приводит к её расширению в радиальном направлении. При радиальном расширении скважины в околосвайном грунте возникают как объёмные, так и сдвиговые деформации,

¹ Под инъекционными понимаются сваи, формируемые в предварительно подготовленных скважинах, путём инъекции под давлением подвижной бетонной смеси с последующей опрессовкой околосвайного грунта (А.И. Полищук, А.А. Петухов, 2005г.)

THE ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING STATIC PENETRATION TESTS OF SOIL MATERIALS FOR CALCULATION OF THE BEARING CAPACITY OF INJECTION PILES

Anatoly Polishchuk

Doctor of Engineering, Professor, Honored Builder of the Russian Federation, head of “Bases and foundations” Department, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russian Federation); e-mail: ofpai@mail.ru;

Aleksandr Tarasov

post-graduate student, Tomsk State university of architecture and building, Tomsk, Russia, e-mail: tar.a.a@mail.ru

Manuscript received: 10.02.2016. Revised: 17.02.2016. Accepted: 26.02.2016. Published online: 28.03.2016. ©РИОР

Abstract. The article presents evaluation of the possibility of calculating the bearing capacity of the injection of piles in soft clay soils on materials static penetration with the recommendations of the SP24.13330.2011- “Pile foundations. Updated version of SNiP 2.02.03-85. Also the the experimental and calculated data are compared.

Keywords: injection pile, static sensing of soils, bearing capacity.

что приводит к изменению физико-механических характеристик грунта (плотности, влажности, удельного сцепления, угла внутреннего трения и др.). Для слабых глинистых грунтов объёмная часть деформаций, в большинстве случаев, будет происходить в течении длительного периода времени, тогда как сдвиговая часть полных деформаций происходит практически мгновенно и мало зависит от консолидационных процессов.

Аналогичные процессы происходят при погружении готовых свай заводского изготовления (забивка или вдавливание) в слабые глинистые грунты. При этом, изменение напряжённо-деформированного состояния слабых глинистых грунтов вокруг свай в процессе их устройства и последующей работы изучено достаточно полно, а разработанные методы расчёта несущей способности свай успешно применяются при проектировании фундаментов зданий. В настоящее время наиболее достоверным методом оценки несущей способности призматических свай заводского изготовления является метод, который базируется на использовании результатов статического зондирования грунтов [4]. Однако, этот метод применяется в основном для определения несущей способности забивных (вдавливаемых) или винтовых свай заводского изготовления. Для инъекционных и других свай, изготавливаемых в грунте (за исключением буровых, устраиваемых по СП 24.13330.2011 – п. 6.5а [5]), метод определения несущей способности свай, основанный на использовании данных статического зондирования практически не применяется. Поэтому, было решено выполнить сопоставление данных о несущей способности инъекционных свай, полученных экспериментальным путём, с результатами расчёта их несущей способности по материалам статического зондирования грунтов (по СП 24.13330.2011 [5], как для забивных свай).

Экспериментальные исследования несущей способности инъекционных свай выполнялись на строительной площадке реконструируемого двухэтажного кирпичного здания в г. Томске². Они включали устройство 12 свай (С-1...С-12) длиной 4,0-5,0 м. Указанные инъекционные сваи устраивались для усиления существующих фундаментов здания. Площадка реконструируемого здания была сложена глинистыми грунтами – супесями от пла-

стичной до текучей консистенции и суглинками текучими (рис. 1).

В ходе проведения инженерных изысканий было выполнено статическое зондирование грунтов. Зондирование выполнялось навесной установкой НУСЗ(Россия) с применением стандартного конуса диаметром 36 мм. Отсчёты по манометру снимались по мере погружения зонда в грунт с шагом 0,2 м. Работы выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 20069 – 89 – «Грунты. Метод полевого испытания статическим зондированием» [6]. Точки статического зондирования выбирались рядом с пробурёнными геологическими скважинами, что позволило уточнить границы литологических типов грунтов, полученных при бурении. На рис. 2 представлены графики изменения сопротивления грунта под остриём и на боковой поверхности зонда по глубине.

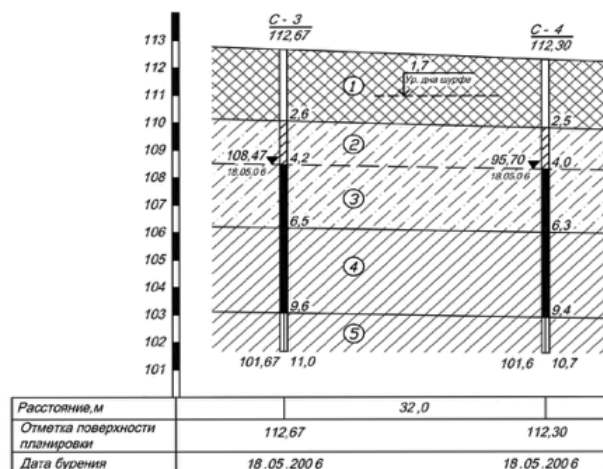


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез строительной площадки реконструируемого здания:

1 – насыпной слой; 2 – супесь пластичной консистенции; 3 – супесь текучей консистенции; 4 – суглинок текучей консистенции; 5 – суглинок тугопластичной консистенции

Инъекционные сваи С-1...С-12, устроенные на этапе усиления фундаментов здания, состояли из металлического инъектора и бетонного ствола. Инъектор был выполнен из перфорированной стальной составной трубы диаметром 108 мм с уширением в уровне нижнего конца в виде стального плоского диска диаметром 190 мм (рис. 3). После погружения инъектора до проектной отметки осуществлялось нагнетание в скважину подвижной бетонной смеси под давлением (инъекцией), что приводило к расширению скважины в радиальном направлении до 210...240 мм.

² В экспериментальных исследованиях принимали участие аспирант Шалгинов Р.В., канд. техн. наук Петухов А.А. и др.

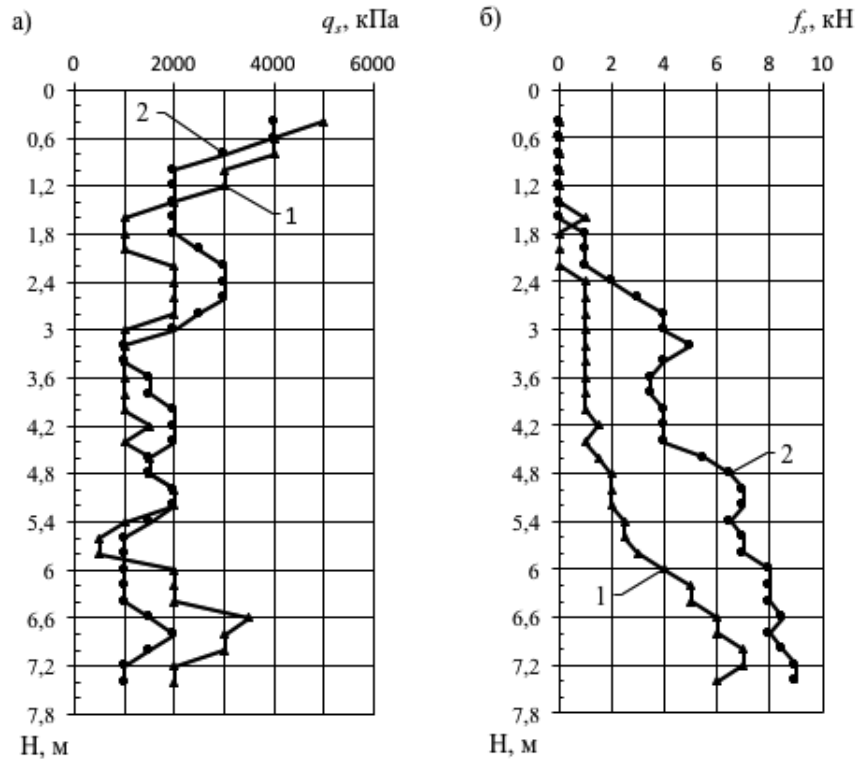


Рис. 2. Результаты статического зондирования грунтов на экспериментальной площадке:
 а) график изменения сопротивления грунта под остриём зонда (q_s); б) график сопротивления грунта на боковой поверхности зонда (f_s); 1 – точка статического зондирования № 1; 2 – точка статического зондирования № 2

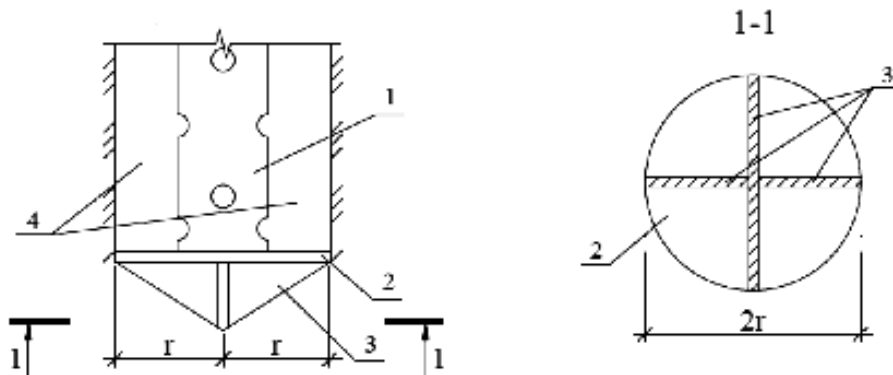


Рис. 3. Конструктивное решение нижнего конца (наконечника) инъектора:
 1 – инъекторная труба; 2 – уширение в уровне нижнего конца инъектора в виде стального плоского диска радиусом $r = 95$ мм; 3 – стальные пластины; 4 – воздушный зазор между инъекторной трубой и стенкой скважины

В соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012 [7] после завершения работ по устройству инъекционных свай, были выполнены их испытания (сваи С-7 и С-12) статической вдавливающей нагрузкой. Кроме того, для совершенствования метода расчёта несущей способности инъекционных свай, помимо данных экспериментальных исследований автора, были использованы результаты экспериментов других авторов, которые проводились в 2003-2006 гг.

под руководством А.И. Полищука в аналогичных грунтовых условиях³ [8, 9].

³ В работе использованы результаты испытаний инъекционных свай статической вдавливающей нагрузкой, выполненные Петуховым А.А., Шалгиновым Р.В. и др. в г. Кемерове (2003 г.) [8], а также. в г. Томске (2005 г.) [8, 9], на площадках, сложенных глинистыми грунтами мягкопластичной – текучей консистенции (далее по тексту – архивные данные)

Согласно СП 24.1330.2011 [5], частное значение предельного сопротивления забивной висячейсваи в точке зондирования, следует определять по формуле:

$$F_u = R_s A + fhu, \quad (1)$$

где все обозначения приняты согласно формуле 7.25 [5].

С использованием формулы (1) были выполнены расчёты несущей способности натуральных инъекционных свай. Геометрические размеры свай и инженерно-геологические условия были приняты по данным экспериментальных исследований автора и по архивным материалам. Затем, полученные по формуле (1), результаты были сопоставлены с экспериментальными значениями несущей способности инъекционных свай (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что несущая способность инъекционных свай, полученная по формуле (1), имеет удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными, расхождения не превышают 23%. Сопоставление результатов подтверждает предположение о том, что при устройстве инъекционных свай по рассматриваемому способу, в околосвайном грунте происходят процессы аналогичные процессам, происходящим при погружении забивных или вдавливаемых свай.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что при проектировании свайных фундаментов зданий на слабых глинистых грунтах, для расчёта несущей способности инъекционных свай можно использовать материалы статического зондирования грунтов, руководствуясь методикой СП 24.1330.2011, аналогично забивным сваям.

Таблица 1.

Сопоставление данных о несущей способности инъекционных свай по эксперименту с результатами расчёта по формуле (1)

Марка сваи		Несущая способность сваи по эксперименту, кН	Несущая способность сваи по формуле (1), F_d^s , кН	Расхождение с экспериментом, %
1		2	3	4
Эксперимент	С-7	256	190...205 (197,5)	22,9
	С-12	263	190...210 (202,5)	23,0
Архивные данные	Си1	200	153...189 (171,0)	14,5
	Си2	170	162...201 (181,5)	6,8
	Си3	200	162...201 (181,5)	9,3
	Си4	230	172...213 (192,5)	16,3
	Ис8	120	103...124 (113,0)	5,8
	Ис9	137,5	118...143 (133,8)	2,7
	Ис10	137,5	118...143 (133,8)	2,7
	Ис11	187,5	134...164 (154,9)	17,4

Примечание: в столбце 3 в скобках указано среднее значение несущей способности инъекционных свай, полученных расчётом по формуле (1)

Литература

1. Пат. № 2238366 Российская Федерация Е 02 D 5/34 / Способ устройства инъекционной сваи / Полищук А.И., Петухов А.А. и др. Заявл. 04.03.2003. Оpubл. 20.10.2004.
2. Пат. № 87718 Российская Федерация, МПК7 Е 02 D 5/34. Инъекционная свая / Полищук А. И., Тарасов А. А., Шалгинов А.А.; Заявл. 11.01.2009. Оpubл. 20.10.2009.
3. Пат. № 129522 Российская Федерация, МПК7 Е 02 D 5/34. Инъекционная свая для слабых глинистых грунтов / Полищук А. И., Тарасов А. А.; опубл. 15.01.13
4. Трофименков Ю.Г., Воробков Л.Н. Полевые методы исследований строительных свойств грунтов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974. – 176 с.
5. СП 24.1330.2011 «Свайные фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 2011. – 76 с.
6. ГОСТ 19912-2001 – «Грунты. Метод полевого испытания статическим зондированием»: Гос. стандарт. – Введ. 01.01.82 // Стандарты по издательскому делу / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя РФ. – М., 1982. – 14 с.
7. ГОСТ 5686-2012 – «Грунты. Метод полевых испытаний сваями»: Гос. стандарт. – Введ. 01.07.12 // Стандарты по издательскому делу / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя РФ. – М., 2012. – 37 с.
8. Петухов А. А. Совершенствование способа устройства инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для условий реконструкции зданий: автореф. дис. канд. техн. наук. – Томск, 2006. – 23 с.
9. Шалгинов Р.В. Совершенствование метода расчёта инъекционных свай в глинистых грунтах для фундаментов реконструируемых зданий: автореф. дис. канд. техн. наук. – Томск, 2010. – 22 с.

References

1. Polishuk A.I., Petuhov A.A. Pat. No. 2238366 Russian Federation E 02 D 5/34 /a device injecting piles (In Russian)
2. Polishuk A.I., Tarasov A.A., Shalginov A.A. Pat. No. 87718 Russian Federation, IPC 7 E 02 D 5/34. Injection pile. 11.01.2009, published 20.10.2009 (In Russian)
3. Polishuk A.I., Tarasov A.A. Pat. No. 129522 Russian Federation, IPC 7 E 02 D 5/34. Injection pile for soft clay soils. Published 15.01.13 (In Russian)
4. Trofimenkova Yu.G., Vorobkov L.N. Polevie metodi issledovaniy stroitelnykh svoystv gruntov [Field research methods of building properties of soils]. Moscow, Stroyizdat, 1974, 176 p.
5. SP. 24.13330.2011 «Pile foundations». Revised edition of SNIIP 2.02.03-85. NIIOSP named of N.M.Gersevanova. Moscow, Stroyizdat, 2011, 76 p.
6. GOST 19912-2001 – «Soils. Method field testing by static probing»: GOS. standard. – Introductio. 01.01.82. Standards for publishing. NIIOSP named of N.M. Gersevanova Gosstroya RF. Moscow, 1982, 14 p.
7. GOST 5686-2012– «Soils. This method of field testing of piles»: GOS. standard. – Introductio. 01.07.12 Standards for publishing. NIIOSP named of N.M. Gersevanova. Moscow, 1982, 14 p.
8. Petuhov A.A. Sovershenstvovanie sposoba ustroistva inekcionnykh svai v slabiykh glinistykh gruntakh dlya usloviy rekonstrukcii zdaniy [Improvement of the method of calculation of injection piles in clay soils for foundations of reconstructed buildings. Ph.D. Engineering]. Tomsk, 2010, 22 p.
9. Shalginov R.V. Sovershenstvovanie sposoba ustroistva inekcionnykh svai v slabiykh glinistykh gruntakh dlya usloviy rekonstrukcii zdaniy [Improvement of the method of calculation of injection piles in clay soils for foundations of reconstructed buildings. Ph.D. Engineering]. Tomsk, 2010, 22 p.