

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ СВАЕЙ С РОСТВЕРКОМ

В.В. ДЕНИСЕНКО¹, П.А. ЛЯШЕНКО²

¹Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: denvivi@yandex.ru

²Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
электронная почта: lyseich1@yandex.ru

Рассмотрены недостатки известных методов испытания грунтового основания свай с ростверком, основными из которых являются большие трудовые и материальные затраты при их применении. Описан разработанный авторами метод испытания грунтового основания свай с ростверком, лишенный недостатков известных методов. Разработанный метод испытания грунтового основания свай с ростверком упрощает и удешевляет испытания грунтового основания свай с ростверком, обеспечивает идентичность испытания свай с ростверком натуральным условиям их работы в фундаментах сооружений, повышает достоверность определения распределения нагрузки на фундамент между свай и ростверком в конкретных условиях строительства при одном испытании, позволяет определять распределение силовой реакции по подошве ростверка, оценивать достоверность результатов испытаний и точнее подбирать сечения ростверка.

Ключевые слова: свая, ростверк, грунтовое основание, фундамент, вдавливающая нагрузка, стабилизация осадки свай.

Для испытания грунтового основания свай с ростверком и определения распределения нагрузки на фундамент между свай и ростверком в конкретных условиях строительства и распределения реактивных нормальных напряжений грунтового основания по подошве ростверка, необходимых для расчета внутренних усилий в теле свайного фундамента, используют различные методы [1-4], которые требуют больших трудовых и материальных затрат и имеют ряд недостатков, ограничивающих и снижающих эффективность их применения.

Так, например, метод измерения распределения внешней нагрузки на свайный фундамент между сваями и ростверком [1] заключается в установке на сваи (две и более) сборных ростверков, опирающихся также на грунтовое основание и в установке на подошве ростверков, находящейся в контакте с поверхностью грунтового основания, датчиков давления грунта, а затем в нагружении фундамента гидравлическим домкратом через стальную раму, передающую нагрузку от домкрата на ростверк и сваи, измерении осадки свай и

ростверка при увеличении силы домкрата. По данным датчиков давления рассчитывают силу сопротивления грунтового основания ростверку и определяют её долю от общей силы, действующей со стороны домкрата на фундамент. Недостатками этого метода способа являются:

- измерение сопротивление грунтового основания ростверку в ограниченном числе точек не позволяет достоверно рассчитать сопротивление грунтового основания ростверку, так как оно сильно изменяется вдоль грани ростверка в промежутке между сваями;

- большая зависимость сопротивления грунтового основания ростверку от конкретной конструкции фундамента (числа свай в фундаменте, расстояния между ними), поэтому испытание может проводиться только после устройства фундамента полностью или его типовых частей.

В другом методе оценки несущей способности свайных фундаментов с учётом влияния ростверка [2] предварительно определяют несущую способность одиночной сваи путём применения одиночных ударов по отказу в конце забивки сваи, затем одевают на голову свай элемент ростверка, осуществляют подсыпку и притирку его к поверхности грунта, проводят динамическое испытание сваи с ростверком, затем по разности результатов несущей способности одиночной сваи и сваи с ростверком судят о вкладе ростверка в несущую способность фундамента. Недостатками этого метода и элемента ростверка являются:

- раздельное испытание грунтового основания одиночной сваей и сваей с ростверком. Между этими двумя испытаниями производится монтаж ростверка, подсыпка и притирку его к поверхности грунта, что делает недостоверной оценку вклада ростверка в несущую способность грунтового основания при нагружении его сооружением, вследствие субъективного влияния производимых действий на свойства грунтов основания ростверка;

- применение испытания динамической нагрузкой, тогда как эксплуатационное нагружение является статическим, и реакция на него грунтового основания отличается от реакции на динамическое нагружение.

Нами разработан метод испытания грунтового основания сваей с ростверком [5].

На рисунке 1 приведена схема устройства испытания грунтового основания сваей с ростверком.

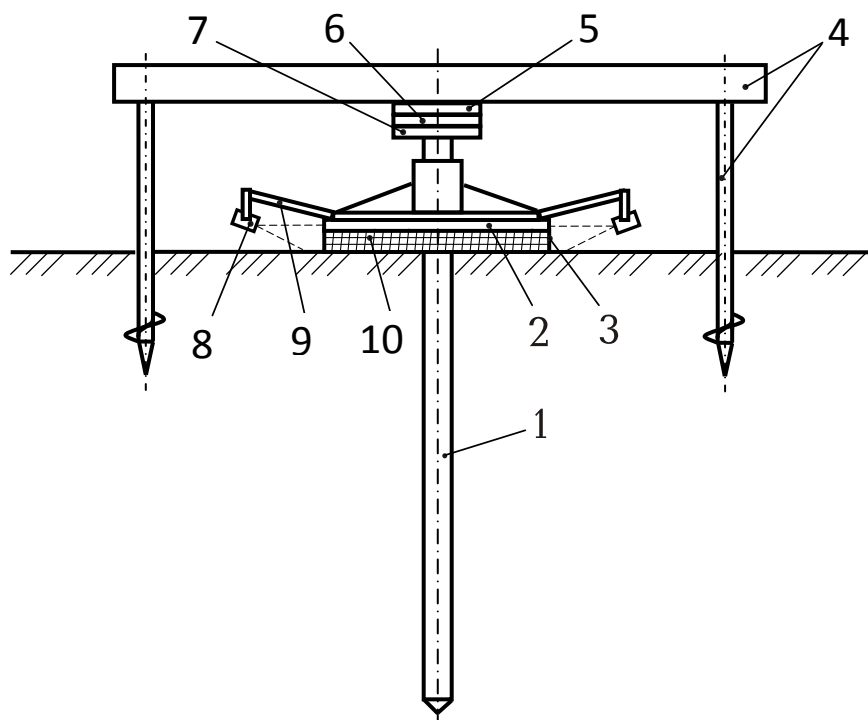


Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема устройства для испытания грунтового основания сваей с ростверком

Устройство для испытания грунтового основания сваей с ростверком состоит из сваи 1, ростверка 2, упругой пластины 3, упорной системы 4, блока 5 приложения силы на сваю с ростверком, регистратора 6 приложенной силы на сваю с ростверком, регистратора 7 осадки сваи с ростверком, видеорегистраторов 8 деформации упругой пластины с кронштейнами 9.

Свая 1 может иметь круглую или квадратную форму в поперечном сечении.

Ростверк 2 выполняют в виде жесткой квадратной плиты, горизонтально и симметрично расположенной относительно сваи 1.

Упругая пластина 3 имеет такие же форму и размеры в плане, что и плита ростверка 2, толщину 0,05-0,1 размера сторон плиты ростверка, модуль

упругости 30-50 МПа и координатную прямоугольную сетку 10 на боковых сторонах.

Упорная система 4 выполнена в виде жесткой упорной балки и анкеров. В качестве упорной системы может использоваться любая упорная конструкция для испытания грунтов статическими нагрузками [6-7].

Блок 5 приложения силы на сваю с ростверком выполнен в виде гидродомкрата со стабилизатором давления.

Регистратор 6 приложенной силы на сваю с ростверком выполнен в виде цифрового датчика давления с блоком памяти.

Регистратор 7 осадки сваи с ростверком выполнен в виде цифрового датчика линейных перемещений с блоком памяти или индикаторов часового типа или прогибомеров с визуальным съемом показаний [8-9].

Видиорегистраторы 8 деформации упругой пластины размещены со всех боковых сторон ростверка 2 по его осям симметрии с обеспечением полного обзора боковых сторон упругой пластины 3 и жестко закреплены на ростверке 2 с помощью кронштейнов 9.

На всех боковых сторонах упругой пластины 3 выполнена координатная прямоугольная сетка 10.

Метод оценки несущей способности свайного фундамента с ростверком осуществляется следующим образом.

На голове сваи 1, погруженной в грунтовое основание, подводят ростверк 2, выполненный в виде горизонтально и симметрично расположенной относительно сваи жесткой квадратной плиты, с упругой пластиной 3 до полного соприкосновения упругой пластины 3 с поверхностью грунтового основания и жестко закрепляют на голове сваи. При необходимости поверхность грунтового основания предварительно выравнивают путем снятия выпуклостей, не нарушая природное сложение грунтового основания.

Монтируют упорную систему 4, блок 5 приложения силы на сваю с ростверком, регистратор 6 приложенной силы на сваю с ростверком, регистратор 7 осадки сваи с ростверком и видеорегистраторы 8 деформации

упругой пластины. Видеорегистраторы 8 деформации упругой пластины размещают со всех боковых сторон ростверка 2 по его осям симметрии так, чтобы они имели полный обзор боковых сторон упругой пластины 3, и жестко закрепляют с помощью кронштейнов 9. Видеорегистраторы 8 деформации упругой пластины 8 могут также устанавливаться на самостоятельной реперной системе, установленной на грунтовом основании.

После монтажа устройства для испытания грунтового основания сваей с ростверком с помощью блока 5 приложения силы на сваю с ростверком производят приложение силы на сваю 1 с ростверком 2 [10-12].

С помощью регистратора 6 приложенной силы на сваю с ростверком, регистратора 7 осадки сваи с ростверком и видеорегистраторов 8 деформации упругой пластины производят синхронную регистрацию приложенной силы на сваю с ростверком, осадки сваи 1 с ростверком 2 и одновременную полнообзорную видеорегистрацию боковых сторон упругой пластины 3, имеющих координатную прямоугольную сетку 10.

По данным синхронной регистрации силы, приложенной на сваю с ростверком, осадки сваи с ростверком и видеорегистрации боковых сторон упругой пластины вычисляют: величину сжатия упругой пластины; силу сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку; силу сопротивления грунтового основания нагруженной свае.

Величину сжатия упругой пластины определяют как разницу начальной и сжатой средней высоты упругой пластины.

Силу сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку определяют по формуле

$$P_r = E \cdot \Delta \varepsilon \cdot (S_r - S_s) \quad (1)$$

где P_r – сила сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку;

E – модуль упругости упругой пластины;

$\Delta \varepsilon$ – относительное сжатие упругой пластины под действием нагруженного ростверка и сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку;

S_r – площадь поверхности упругой пластины в плане;

S_s – площадь поперечного сечения сваи;

Силу сопротивления грунтового основания нагруженной свае определяют по формуле

$$P_s = P - P_r, \quad (2)$$

где P_s – сила сопротивления грунтового основания нагруженной свае;

P – сила, приложенная к свае с ростверком.

При этом по данным видеорегистрации боковых сторон упругой пластины определяют величину ее сжатия в любой момент испытания в любом неограниченном количестве произвольных точек боковых сторон и среднее значение величины сжатия упругой пластины.

По величине сжатия упругой пластины в различных точках ее боковых сторон в любой момент испытания вычисляют величину сжатия упругой пластины в любых точках по подошве ростверка, используя, например, формулу Коши [13].

По величине деформации упругой пластины в любых точках по подошве ростверка в любой момент испытания грунтового основания и модуля упругости упругой пластины с помощью формулы (1) вычисляют силу сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку (реактивное нормальное напряжение на поверхности грунтового основания) в этих точках, при этом число и положение точек по подошве ростверка, в которых можно определить реактивное нормальное напряжение на поверхности грунтового основания, не ограничено, т.е. определяют распределение силовой реакции по подошве ростверка.

Кроме того, по данным видеорегистрации боковых сторон упругой пластины определяют величину осадки грунтового основания (как разницу величины осадки сваи с ростверком и средней величины сжатия упругой пластины) и модуль деформации грунтового основания.

Горизонтальное и симметричное расположение плиты ростверка относительно сваи и жесткое закрепление ее на голове свае обеспечивает равномерное распределение силы на подошве ростверка, предотвращает

<http://ntk.kubstu.ru/file/1848>

перекос подошвы ростверка относительно сваи, обеспечивает монолитную работу сваи и ростверка и идентичность испытания сваи с ростверком натуральным условиям их работы в фундаментах сооружений, повышает достоверность результатов испытания.

Размещение под ростверком упругой пластины, имеющей размеры плиты ростверка в плане, толщину 0,05-0,1 размера сторон плиты ростверка и модуль упругости 30-50 МПа обеспечивает сжимаемость упругой пластины под действием нагруженного ростверка и сопротивления грунтового основания нагруженному ростверку, а по величине сжимаемости упругой пластины и ее модуля упругости – определение сопротивления (реакции) грунтового основания нагруженному ростверку и в любой точке подошвы ростверка.

Выполнение на боковых сторонах упругой пластины координатной прямоугольной сетки обеспечивает отображение величины деформации по боковым сторонам упругой пластины в неограниченном количестве произвольных точек.

Выполнение упругой пластины и плиты ростверка квадратной формы упрощает полнообзорную видеорегистрацию боковых сторон упругой пластины, обработку результатов видеорегистрации и определение величины сжатия упругой пластины в неограниченном количестве произвольных точек боковых сторон упругой пластины и подошвы ростверка.

Подведение ростверка до полного соприкосновения упругой пластины с поверхностью грунтового основания исключает подсыпку грунта и притирку подошвы ростверка и нарушение природного сложения грунтового основания и повышает достоверность результатов испытания.

Синхронная регистрация приложенной силы и осадки сваи с ростверком с одновременной полнообзорной видеорегистрацией боковых сторон упругой пластины обеспечивает определение сопротивления грунтового основания ростверку в неограниченном количестве произвольных точек подошвы ростверка и повышает достоверность результатов испытаний в одном испытании.

Таким образом, метод испытания грунтового основания свай с ростверком упрощает и удешевляет испытания грунтового основания свай с

ростверком, обеспечивает идентичность испытания свай с ростверком натуральным условиям их работы в фундаментах сооружений, повышает достоверность определения распределения нагрузки на фундамент между свайей и ростверком в конкретных условиях строительства при одном испытании, позволяет определять распределение силовой реакции по подошве ростверка, оценивать достоверность результатов испытаний и точнее подбирать сечения ростверка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов. – М.: Стройиздат, 1994. – 384 с.

2. Патент на изобретение РФ № 2238367 E02D 13/06, E02D 27/14, E02D 33/00. Способ оценки несущей способности свайных фундаментов с учетом влияния ростверка и элемент ростверка для его реализации / Бартоломей А.А.,

Бартоломей Л.А., Кузнецов А.Г. // Изобретения. Полезные модели. – 2006, № 34.

3. Патент на изобретение РФ № 2548631 E02D 33/00. Способ испытания грунтового основания свай с ростверком / Денисенко В.В., Ляшенко П.А. // Изобретения. Полезные модели. – 2015, № 11.

4. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Метод оценки несущей способности сваи с ростверком // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2017, № 3. – С. 42-50. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1537>.

5. Патент на изобретение РФ № 2554978 E02D 33/00. Способ испытания грунтового основания свай с ростверком / Денисенко В.В., Ляшенко П.А. // Изобретения. Полезные модели. – М., 2015, № 19.

6. Авт. св. СССР № 1366602 E02D 33/00. Устройство для испытания грунтов статистическими нагрузками / Денисенко В.В., Байков О.Н., Антропов В.А., Савостин В.И. // Открытия. Изобретения. – 1988, № 2.

7. Денисенко В.В., Байков О.Н., Рашковецкий М.А., Гвоздииков Г.Н., Левицкий Н.И. Устройство для испытания эталонной сваи МАУЭС-2-4 // Отчет о НИОКР по теме № 72/84 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1984. – 132 с.

8. Денисенко В.В., Байков О.Н., Дорошенко Г.И. Прогибомер для испытания грунтов статическими нагрузками ПСКТ-2 // Отчет о НИОКР по теме № 55/81 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1981. – 126 с.

9. Денисенко В.В., Байков О.Н., Дорошенко Г.И. Прогибомер ПСКТ-3 для измерения осадок грунтов и конструкций // Отчет о НИОКР по теме № 24/83 Госстроя РСФСР. – Краснодар: СевКавТИСИЗ, 1983. – 116 с.

10. Патент на изобретение РФ № 2502847 E02D 33/00. Способ определения несущей способности свай / Денисенко В.В., Ляшенко П.А., Остапенко А.И., Васильев Ю.П. // Изобретения. Полезные модели. – 2013, № 36.

11. Кравченко Э.В., Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Метод пенетрации грунта с постоянной скоростью нагружения клиновидного наконечника // Труды КубГТУ: Научный журнал. Том XX. Серия: Автомобильно-дорожные и кадастровые проблемы. Выпуск 1.– Краснодар: КубГТУ, 2005. – С. 162-166.

12. Патент на изобретение РФ № 2280852 G01N 3/42. Способ испытания грунтов / Ляшенко П.А., Денисенко В.В., Кравченко Э.В. // Изобретения. Полезные модели. – 2006, № 21.

13. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Физматгиз, 1958. – 678 с.

REFERENCES

1. Bartolomey A.A., Omelchak I.M., Yushkov B.S. Forecast of sedimentation of pile foundations. – Moscow: Stroiizdat, 1994. – 384 p.

2. Patent for invention of the RF №. 2238367 E02D 13/06, E02D 27/14, E02D 33/00. A method for assessing the bearing capacity of pile foundations, taking into account the influence of grillage and the element of the grillage for its implementation / Bartolomei A.A., Bartolomey L.A., Kuznetsov A.G. // Inventions. Useful models. – 2006, № 34.

3. Patent for invention of the RF № 2548631 E02D 33/00. Method for testing the soil foundation with a pile with grillage / Denisenko V.V., Lyashenko P.A. // Inventions. Useful models. – 2015, № 11.

4. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Method for assessing the bearing capacity of a pile with a grillage // Scientific works of the Kuban State Technological

University. – Krasnodar: Kuban State Technical University, 2017, № 3. – P. 42-50. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1537>.

5. Patent for invention of the RF № 2554978 E02D 33/00. Method for testing the soil foundation with a pile with grillage / Denisenko V.V., Lyashenko P.A. // Inventions. Useful models. – M., 2015, № 19.

6. Aut. sv. USSR № 1366602 E02D 33/00. The device for soil testing by statistical loads / Denisenko V.V., Baikov O.N., Antropov V.A., Savostin V.I. // Discoveries. Inventions. – 1988, № 2.

7. Denisenko V.V., Baikov O.N., Rashkovetskiy M.A., Gvozdikov G.N., Levitsky N.I. The device for testing the standard pile MAUES-2-4 // Report on R & D on the topic № 72/84 Gosstroy of the RSFSR. – Krasnodar: SevKavtiziz, 1984. – 132 p.

8. Denisenko V.V., Baikov O.N., Doroshenko G.I. Progibomer for soil testing with static loads of PSKT-2 // Report on R & D on topic № 55/81 Gosstroy of the RSFSR. – Krasnodar: SevKavtiziz, 1981. – 126 p.

9. Denisenko V.V., Baikov O.N., Doroshenko G.I. The PSKT-3 programmer for the measurement of soil sediments and structures // Report on R & D on the topic № 24/83 Gosstroy of the RSFSR. – Krasnodar: SevKavtiziz, 1983. – 116 p.

10. Patent for invention of the RF № 2502847 E02D 33/00. A method for determining the bearing capacity of a pile / Denisenko V.V., Lyashenko P.A., Ostapenko A.I., Vasiliev Y.P. // Inventions. Useful models. – 2013, № 36.

11. Kravchenko E.V., Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Method of penetration of soil with a constant loading rate of a wedge-shaped tip // Proceedings of Kuban State Technical University: Scientific journal. Volume XX. Series: Road-road and cadastral problems. Issue 1. – Krasnodar: KubGTU, 2005. – P. 162-166.

12. Patent for invention of the RF № 2280852 G01N 3/42. Method for testing soils / Lyashenko P.A., Denisenko V.V., Kravchenko E.V. // Inventions. Useful models. – 2006, № 21.

13. Lavrentiev M.A., Shabat B.V. Methods of the theory of functions of a complex variable. – Moscow: Fizmatgiz, 1958. – 678 p.

*METHOD OF TESTING THE GROUND BASIS
LEAVE WITH GROVE*

V.V. DENISENKO¹, P.A. LYASHENKO²

¹*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: denvivi@yandex.ru*

²*Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina st., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: lyseich1@yandex.ru*

The shortcomings of the known methods of testing the soil foundation with a pile with a grillage are considered, the main of which are large labor and material costs when using them. The method developed by the authors for testing the soil foundation with a pile with a grillage without the disadvantages of known methods is described. The developed method for testing the ground base with a pile makes it easier and cheaper to test the ground base with a pile with a grillage, ensures the identity of the pile test with a grinding stone for the natural conditions of their work in the foundations of structures, raises the reliability of determining the load distribution on the foundation between the pile and the grillage in the concrete construction conditions in one test, allows to determine the distribution of the force reaction from the bottom of the grillage, to evaluate the reliability of the test results and accurate e to select section grillage.

Key words: pile, grillage, ground foundation, foundation, pressing load, stabilization of pile settling.