

УДК 624.154.001.8

Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Шакиров М.И. – студент

E-mail: jklnumb@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Поведение моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении

Аннотация

Здания и сооружения и их основания, наряду со статическими, подвергаются воздействию циклических нагрузок. Деформирования плитно-свайного фундамента в процессе циклических нагружений практически не изучены. В связи с этим авторами проведены экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении. Проведенные исследования позволили установить основные закономерности деформирования системы «плитно-свайный фундамент – грунт межсвайного пространства». Циклическое нагружение приводит к снижению несущей способности на 66,7 % на базе 2500 циклов, по сравнению со статическим нагружением.

Ключевые слова: плитно-свайный фундамент, грунт, циклическое нагружение, осадка, напряжения, усилия, межсвайное пространство, лотковые испытания, несущая способность.

При высоких уровнях нагрузки на грунтовые основания или неблагоприятных грунтовых условиях одним из способов увеличения несущей способности является применение плитно-свайных (КПСФ) фундаментов.

Исследованию плитно-свайных фундаментов посвящено большое количество работ. Однако эти исследования в основном ограничиваются установлением основных теоретических закономерностей и особенностей работы плитно-свайных фундаментов под кратковременной статической нагрузкой.

Здания, сооружения и их основания, наряду со статическими, подвергаются воздействию различного рода циклических нагрузок, которые в целом ряде случаев являются основными определяющими безопасность и эксплуатационную пригодность элементов здания [1-3].

Совместное деформирование системы «сваи – плитный ростверк – грунт межсвайного пространства» с учетом перераспределения усилий между отдельными элементами в процессе циклических нагружений практически не изучено.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость исследования поведения плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении.

Экспериментальные исследования проводились в объемном лабораторном лотке с размерами 1,0x1,0x1,0 м (рис. 1). В качестве ростверка модели фундамента использовалась железобетонная плита с размерами 400x400x40 мм, армированная проволочной арматурой Ø3 Вр-I.

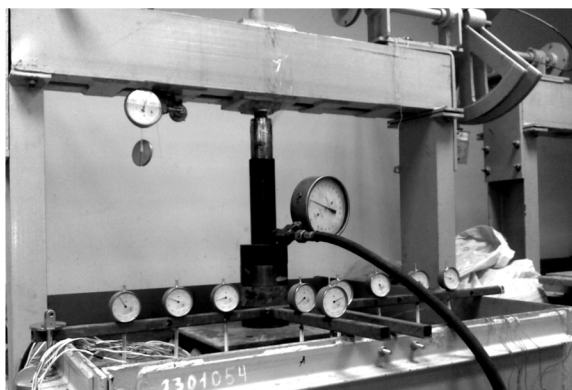


Рис. 1. Внешний вид испытательного стенда

Сваи моделировались полыми пластиковыми трубками диаметром 7 мм, с длиной 400 мм и толщиной стенки 1 мм. Деформации свай определялись с помощью наклеенных по длине тензорезистров.

Установка свай осуществлялась путем послойной отсыпки и уплотнения грунта межсвайного пространства.

Грунтом основания являлась супесь полутвердая (модуль деформации $E=4,1$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi=15^\circ$, удельное сцепление $C=3,3$ кПа, плотность $\rho=14$ кН/м³, влажность $W=11$ %). Давление в грунтовом массиве определялось с помощью датчиков давления. Схемы расположения тензорезистров в сваях и датчиков давления в грунте приведены на рис. 2.

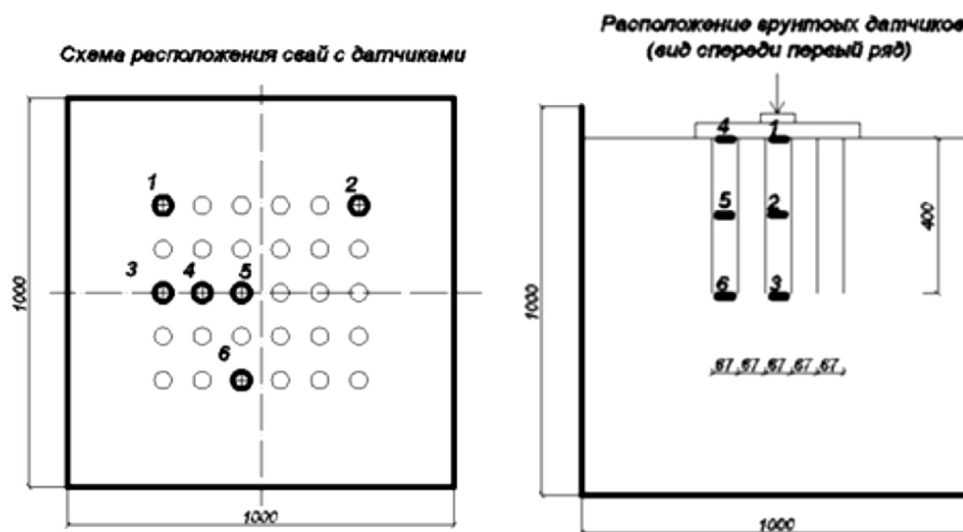


Рис. 2. Схемы расположения тензодатчиков

При проведении экспериментальных исследований фиксировались перемещения плиты фундамента, вертикальные и горизонтальные перемещения свай, деформация в грунтовом основании, в сваях и арматуре плитного ростверка.

Проведенные исследования позволили установить основные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния основания плитно-свайного фундамента в процессе циклического нагружения.

Изменения усилий в сваях, расположенных в характерных зонах плитно-свайного фундамента, приведены на рис. 3а. Как видно из рисунка, циклическое нагружение приводит к увеличению усилий в сваях. Характер изменения усилий в сваях показывает перераспределение усилий из свай в грунт межсвайного пространства.

На рис. 3б приведены графики изменения напряжений в различных зонах грунта межсвайного пространства. Как видно из рисунков, происходит увеличение напряжений в грунте во всех зонах грунта по мере увеличения количества циклов нагружения. При этом необходимо отметить, что наибольшее увеличение напряжений происходит в массиве грунта под плитным ростверком.

Циклические нагружения вызвали увеличение осадок основания как в пределах плитного ростверка, так и за его пределами, причем интенсивность их развития зависит от координаты рассматриваемой точки. На рис. 4 приведены графики увеличения осадки основания в зависимости от количества циклов и нагрузки.

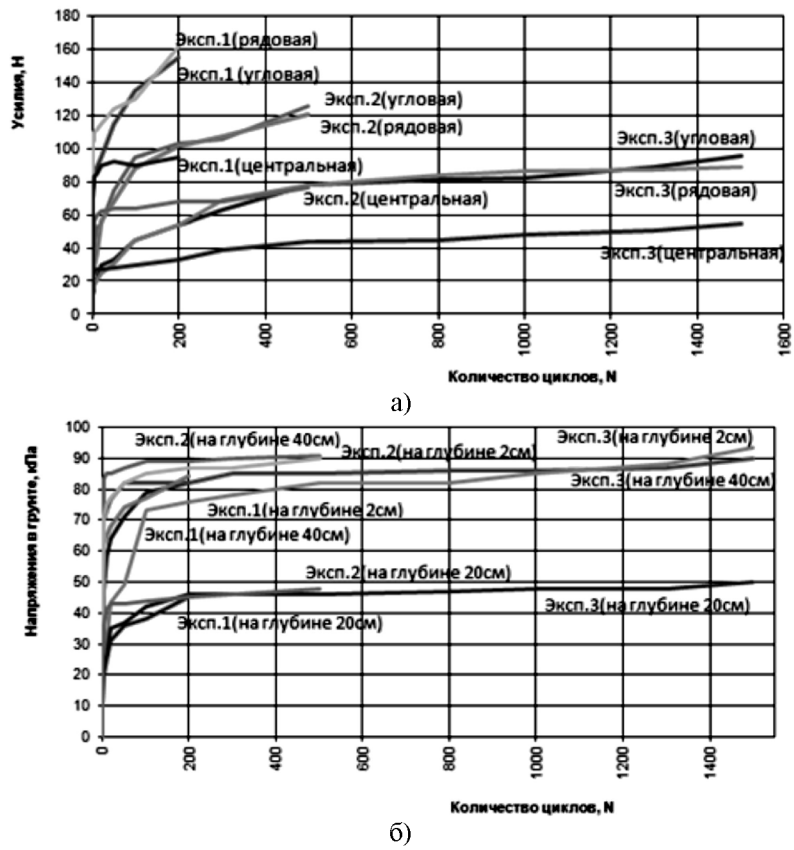


Рис. 3. Изменение:

- а) усилий в сваях плитно-свайного фундамента под действием циклической нагрузки;
- б) напряжения в грунте под действием циклической нагрузки на разных уровнях от плиты ростверка

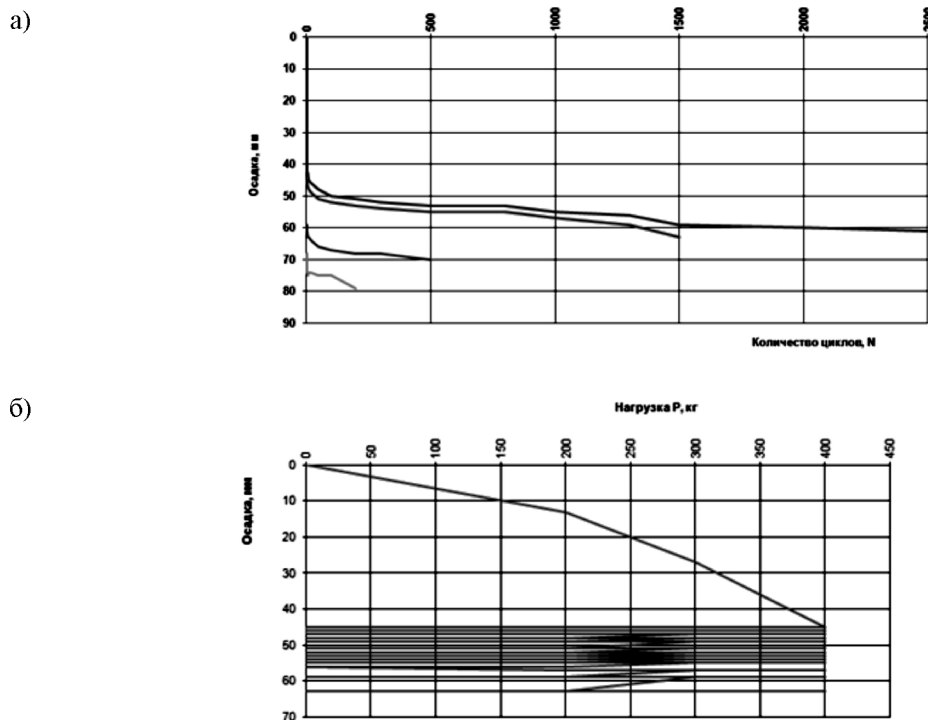


Рис. 4. График: а) развития осадок оснований моделей плитно-свайных фундаментов при различных уровнях нагрузки, б) осадки основания фундамента плитного ростверка после 1500 циклов ступенчатого нагружения (эксперимент 3)

Из рис. 4 видно, что после 200 циклов повторного нагружения интенсивность нарастания осадок существенно уменьшается, но полной их стабилизации не наблюдается. Такая закономерность развития осадок объясняется тем, что в общем случае изменение осадок зависит от развития деформаций грунта межсвайного пространства под ростверком, деформаций сдвига между грунтом и сваями и деформаций грунта в зоне под нижним концом свай.

В начальной стадии реализуются деформации уплотнения практически во всех зонах. Приращение деформаций уплотнения после 200 циклов нагружений практически прекращается, что вызывает уменьшение интенсивности нарастания осадок.

Осадки основания, измеренные в процессе ступенчатых статических нагружений после различного количества повторной нагрузки, изменяются аналогично деформациям грунта межсвайного пространства.

Как видно из рис. 4б, происходит качественное превращение диаграммы $P - S$, т.е. переход криволинейной диаграммы в прямолинейную, что свидетельствует о переходе деформирования грунта в линейную стадию.

Анализ изменения осадок оснований при ступенчатом нагружении после различного количества циклов показывает, что приращение осадок происходит в основном за счет увеличения их остаточной части (рис. 4б).

Величина же осадки в течение одного цикла меняется незначительно. При испытаниях зафиксированы изменения этих («упругих») осадок по мере увеличения количества циклов нагружений. В течение первых 20 циклов эти осадки несколько уменьшаются. Снижение «упругих» осадок можно объяснить уплотнением за счет уменьшения объема пор грунта, которое по интенсивности опережает уменьшения модуля сдвига деформаций сдвига между сваями и окружающим грунтом. Поскольку интенсивное уплотнение грунта происходит в начальный период повторных нагружений, а изменение сцепления между грунтом и сваями является более длительным процессом, то уже после 20 циклов нагружений «упругие» осадки оснований начинают увеличиваться. В случае, если не достигается предельное состояние основания, к моменту 1200 циклов нагружения наступает относительная стабилизация, т.е. зависимость $F - S_{уп}$ становится близкой к линейной (рис. 4б).

Причины, вызывающие изменение «упругих» и остаточных осадок, вероятно, различны. «Упругая» часть осадки связана с разрушением структурных связей между твердыми частицами грунта и уменьшением модуля сцепления между сваями и окружающим грунтом, а остаточная часть – с неупругими деформациями грунта под плитным ростверком вследствие виброползучести и развития микротрещин усталости в пластически деформированных локальных зонах.

Список литературы

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Исследование прочности и деформативности глинистых грунтов при длительном трехосном сжатии // Известия КГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 167-172.
2. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при циклическом трехосном сжатии // Международный журнал Геотехника, 2010, № 6. – С. 64-67.
3. Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И. Экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при циклическом нагружении // Достижения, проблемы и перспективные направления развития для теории и практики механики грунтов и фундаментостроения: Материалы XIII Международного симпозиума по реологии грунтов и Международного совещания заведующих кафедрами механики грунтов, оснований и фундаментов, подземного строительства и гидротехнических работ, инженерной геологии и геоэкологии / Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань, 2012. – С. 145-148.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Shakirov M.I. – student

E-mail: jklnumb@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Behavior of plate-pile foundations models under cyclic loading

Resume

At high load levels on the ground or adverse ground conditions, one way to increase the carrying capacity is the use of plate-pile foundations. Buildings and structures and their foundations, along with static exposed to various types of cyclic loads, which in many cases are the main determinants security and integrity of the building elements. The joint deformation of the «pile – slab grillage – ground between pile» with regard to redistribution of effort between the individual elements in the process of cyclic loading is practically unknown.

In this regard, the authors conducted experimental research models plate-pile foundations under cyclic loading. Our studies have established the basic laws of deformation of plate-pile foundation – soil of between pile space.

Change efforts in the piles are located in specific zones of plate-pile foundation are shown in this work. As can be seen from there loading does not lead to an increase in effort in piles. Nature of the change effort in piles shows the redistribution of effort from the piles into the ground between piles.

Under the action of cyclic loading is increased sediment basement up to 30 % compared to the first dive, effort and stress in piles in the ground of between pile space.

Cyclic loading reduces the carrying capacity of 66,7 % based on 2500 cycles compared with static loading.

Neglect the influence of cyclic loading in the engineering of plate-pile, pile foundations can lead to excessive strain and loses stability of the base.

Keywords: plate-pile foundation, soil, cyclic loading, sludge, tension, stress, between pile space, trough test, bearing capacity.

References

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Study of strong and deformability clay soil for long triaxial compression // News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 2009, № 2 (12). – P. 167-172.
2. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features of the deformation of clayey soils under cyclic triaxial compression // International journal of Geotechnics, 2010, № 6. – P. 64-67.
3. Mirsayapov I.T., Shakirov M.I. Experimental research of models plate-pile foundations under cyclic loading // Achievements, problems and prospects for development of the theory and practice of soil mechanics and foundation engineering: Proceedings of the XIII International Symposium on the reology of soils and the International Meeting of heads of departments of soil mechanics, foundations and basements, underground construction and engineering works, engineering geology and Geo // Kazan State University of Architecture and Engineering. – Kazan, 2012. – P. 145-148.