

УДК 624.154.1

## **ПЛИТНО-СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

**Мирсаяпов И.Т., Шакиров М.И.**

*ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия*

В статье приведены результаты модельных исследований деформирования плитно-свайного фундамента в процессе циклических нагружений, выполненных в лаборатории кафедры «Основания, фундаменты, динамика сооружений и инженерной геологии». Проведен анализ полученных данных, которые позволили установить основные закономерности деформирования системы плитно-свайный фундамент - грунт межсвайного пространства.

The article presents results of simulation studies de-formation of plate-pile foundation in the process of cyclic loading, performed in the laboratory of the Department "Bases, foundations, structural dynamics and engineering geology." Conducted analys gives the data, which allowed to establish basic laws of deformation of plate-pile foundation - soil of between pile space.

В современных условиях на фундаменты зданий и сооружений и на их основания наряду с постоянно действующими статическими нагрузками передаются различного рода циклические нагрузки, которые в целом ряде случаев являются основными, определяющими безопасность и эксплуатационную пригодность отдельных элементов и здания в целом. При больших нагрузках

или неблагоприятных инженерно-геологических условиях площадок строительства одним из способов увеличения несущей способности и уменьшения осадок оснований является применение плитно-свайных фундаментов.

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

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

Экспериментальные исследования проводились в объемном лабораторном лотке с размерами 1,0x1,0x1,0м (рис. 1). В качестве ростверка модели фундамента использовалась железобетонная плита с размерами 400x400x40мм, армированная проволочной арматурой Ø3 Вр-I.



Рис.1. Внешний вид испытательного стенда

Для исследования поведения плитно-свайного фундамента была использована теория моделирования.

На основе теории моделирования и анализа результатов пробных экспериментальных исследований сваи моделировались полыми пластиковыми трубками диаметром 7 мм, с длиной 400 мм и толщиной стенки 1 мм со следующими значениями прочностных и деформационных характеристик: прочность на сжатие  $R_{сж} = 92,0$  МПа; модуль деформации  $E_{сж} = 700$  МПа.

Грунтом основания являлась супесь полутвердая (модуль деформации  $E = 4,1$  МПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 15^\circ$ , удельное сцепление  $C = 3,3$  кПа, плотность  $\rho = 1,4$  т/м<sup>3</sup>, влажность  $W = 11$  %).

При экспериментальных исследованиях принята модель плитно-свайного фундамента с количеством свай 30 шт. при шаге 7d. Модели свай устанавливались вертикально и засыпались грунтом с послойным уплотнением. Нагружение модели плитно-свайного фундамента осуществлялось с помощью гидравлического домкрата ступенями в зависимости от режима испытания.

На каждой ступени нагружения фиксировались значения осадок основания по показателям индикаторов часового типа ИЧ, прогибометров, а также напряжения и деформации в грунте основания и моделях свай. Деформации моделей свай определялись с помощью наклеенных по длине тензорезисторов. Напряжения и деформации грунта в различных точках основания определялись датчиками давления.

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

Изменение усилий в сваях, расположенных в характерных зонах плитно-свайного фундамента, приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, циклическое нагружение приводит к изменению усилий в сваях. Характер изменения усилий в сваях показывает перераспределение усилий между сваями и грунта межсвайного пространства.

На рисунке 3 приведены графики изменения напряжений в различных зонах грунта между сваями. Как видно из рисунка, происходит увеличение напряжений в грунте во всех зонах грунта по мере увеличения количества циклов нагружения. При этом необходимо отметить, что наибольшее увеличение напряжений происходит под плитным ростверком.

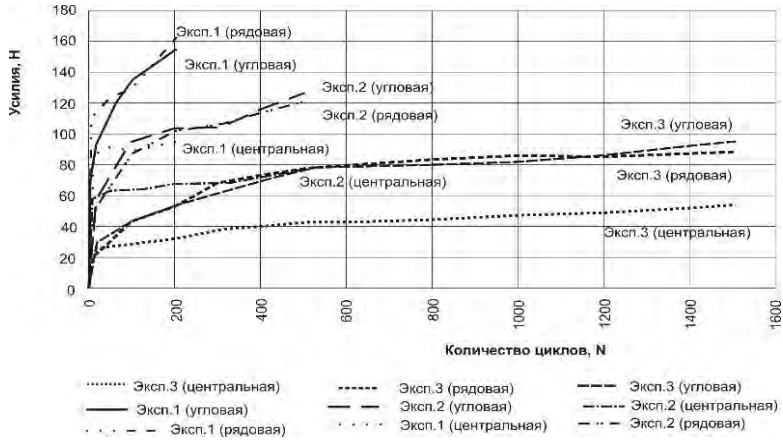


Рис. 2. Изменение усилий в сваях плитно-свайного фундамента под действием циклической нагрузки

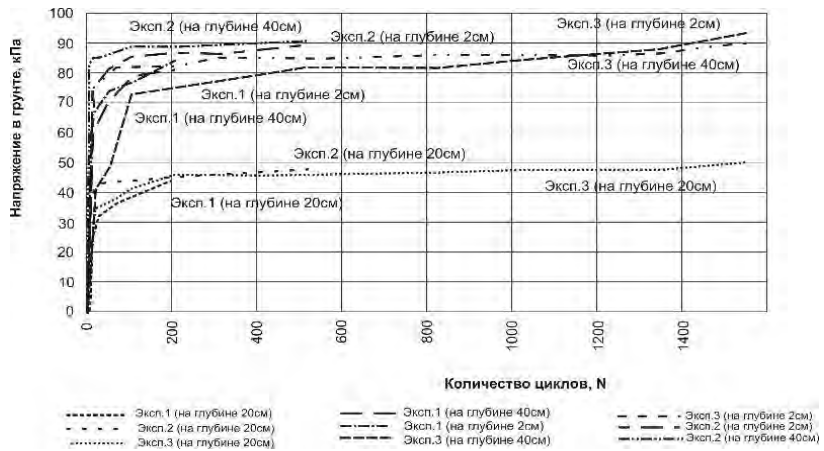


Рис. 3. Изменение напряжения в грунте под действием циклической нагрузки на разных уровнях от плиты ростверка

Циклические нагружения вызвали увеличения осадок основания как в пределах плитного ростверка, так и за его пределами, причем интенсивность их развития зависела от координаты рассматриваемой точки. Интенсивное развитие осадок независимо от

координат рассматриваемых точек основания происходило в течении первых 200 циклов повторных нагружений. Так, например, для точек 1, 2, 3, 4, 5 полная величина осадок основания за первые 200 циклов по отношению к начальным в первом нагружении увеличились на 417 %, 395 %, 377 %, 381 %, 411 %, а в последующем за весь период до окончания нагружения на 121 % 117 % 131 % 119 % 124 %.

Изменение осадок модели плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении описывается уравнением

$$S(N) = S_1 + 0,141P_{\max}^3 \cdot N$$

где  $S_1$  – осадка при статической нагрузке;  $P_{\max}$  – максимальная нагрузка цикла в т·с;  $N$  – количество циклов нагружения при достижении предела несущей способности.

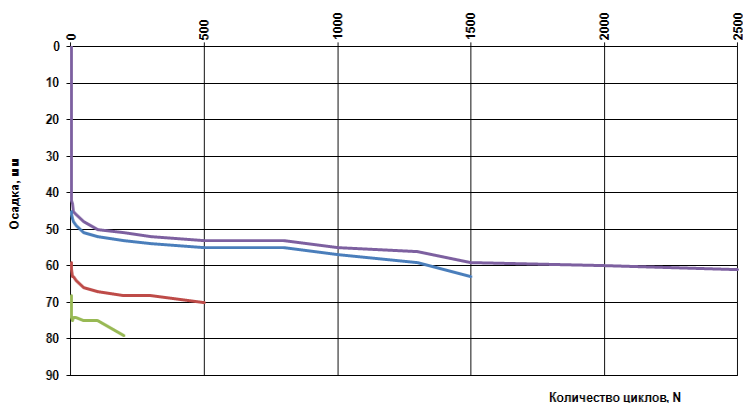


Рис. 4. График развития осадок оснований моделей плитно-свайных фундаментов при различных уровнях нагрузки

Осадки основания, измеренные в процессе ступенчатых циклических нагружений после различного количества повторной нагрузки, изменяются аналогично деформациям грунта между сваями.

Анализ изменения осадок оснований при ступенчатом нагружении после различного количества циклов показывает, что приращение осадок происходит, в основном, за счет увеличения их остаточной части. При этом увеличение осадок составляет до 30% по сравнению с первым циклом нагружения.

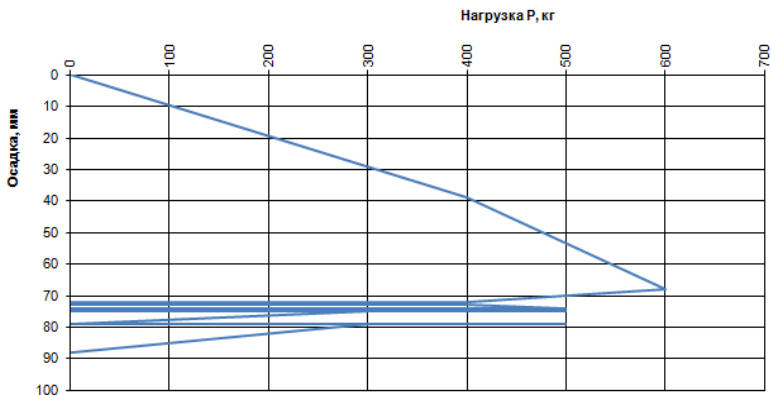


Рис. 5. Осадка основания фундамента плитного ростверка после 200 циклов ступенчатого нагружения (модель №1)

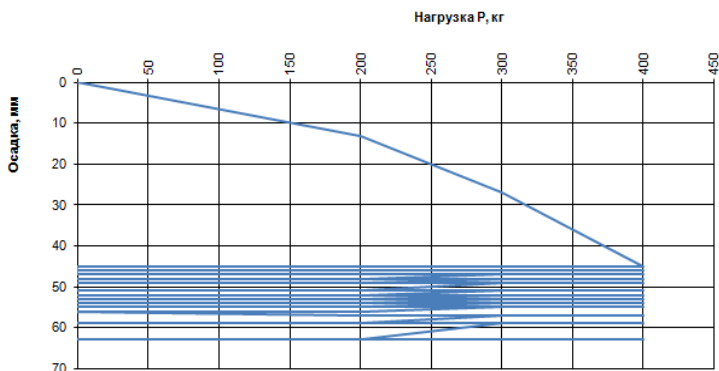


Рис. 6. Осадка основания фундамента плитного ростверка после 1500 циклов ступенчатого нагружения (модель №3)

При циклическом нагружении происходит снижение несущей способности модели плитно-свайного фундамента, которое описывается уравнением

$$P(N) = P_{ст} - 1,477(\ln N)^2 - 78,173 \ln N$$

где  $P_{ст}$  – несущая способность модели плитно-свайного фундамента при статическом нагружении;  $N$  – количество циклов нагружения при достижении предела несущей способности.

Снижение несущей способности основания модели плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении по сравнению со статическим нагружением составляет 66,7% за 2500 циклов нагружений.

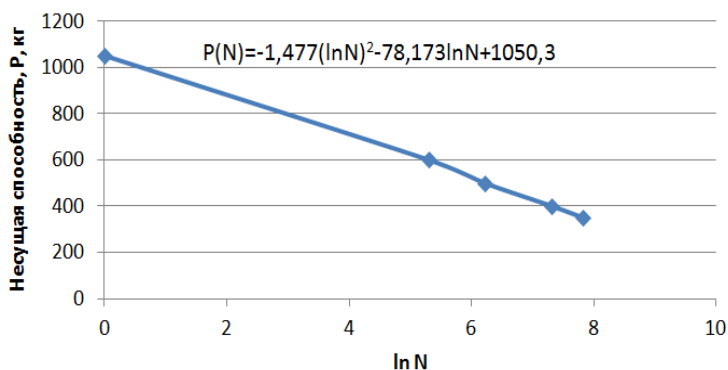


Рис. 7. Изменение несущей способности модели плитно-свайного фундамента при циклическом нагружении

## Литература

1. Мирсаяпов, И.Т., Особенности деформирования глинистых грунтов при циклическом трехосном сжатии / И.Т. Мирсаяпов, И.В. Королева //Международный журнал Геотехника. 2010. – № 6.– С. 64–67.
2. Мирсаяпов, И.Т. Несущая способность и осадки моделей плитно-свайных фундамента при циклическом нагружении / И.Т. Мирсаяпов, М.И. Шакиров // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: научное издание / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО МГСУ. – М., 2012. – С. 528–531.
3. Вознесенский, Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках / Е.А. Вознесенский // Москва. Изд-во МГУ, 1997. – 286 с.
4. Зарецкий, Ю.К. Лекции по современной механике грунтов / Ю.К. Зарецкий // Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1989. 607 с.