

УДК 624.154.5

Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессорE-mail: mirsayapov1@mail.ru**Шарафутдинов Р.А.** – аспирантE-mail: rushan.sharafutdinov959@gmail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

Напряжённо-деформированное состояние грунтового основания, армированного вертикальными и горизонтальными элементами

Аннотация

Постановка задачи. В статье приводятся результаты экспериментальных лотковых испытаний песчаного грунта при различных вариантах армирования. На основании данных экспериментальных исследований авторами проведен анализ влияния армирующих элементов на напряженно-деформируемое состояние песчаного грунтового основания.

Результаты. Результаты исследования показали, что армирование грунтового основания вертикальными и горизонтальными элементами уменьшает осадку и увеличивает несущую способность.

Выводы. Горизонтально и вертикально армирующие элементы препятствуют сдвиговым усилиям возникающим в грунтовом основании непосредственно под штампом, перераспределяют напряжения и передают их на глубину, что позволяет исключить выпоры на поверхности грунта.

Ключевые слова: напряженного-деформируемое состояние, несущая способность, осадки, лабораторные испытания, песчаный грунт, напряжения, армирующие элементы.

Важнейшей проблемой для Российской Федерации и Республики Татарстан является строительство на территориях, сложенных на слабых грунтах. Одним из способов увеличения несущей способности и уменьшения осадок является армирование вертикальными и горизонтальными элементами. В качестве горизонтально армирующих элементов могут использоваться различные виды геосинтетических материалов (геосетки, георешетки, геоячейки, геоматы и т.д. [5]. В качестве вертикально армирующих элементов могут быть практически любой вид свай, как по материалу, так и по устройству.

Для изучения напряженно-деформируемого состояния армированного грунтового основания были проведены штамповые испытания в лабораторных условиях и моделирование в программе Plaxis 2d при различных вариантах армирования.

Штамповые испытания проводились в металлическом лотке с размерами 1,0×1,0×1,0 м. В качестве модели грунта основания использовался песок средней крупности, рыхлый, маловлажный, со следующими физико-механическими характеристиками (табл.).

Таблица

Наименование	Обозн.	Знач.	Ед. изм.
Плотность	ρ	1,49	г/см ³
Плотность сух. гр.	ρ_d	1,27	г/см ³
Влажность	W	4	%
Угол внутр. трения	ϕ	23,8	град.
Удельное сцепление	C	0	кПа
Модуль деформации	E	1,3	МПа

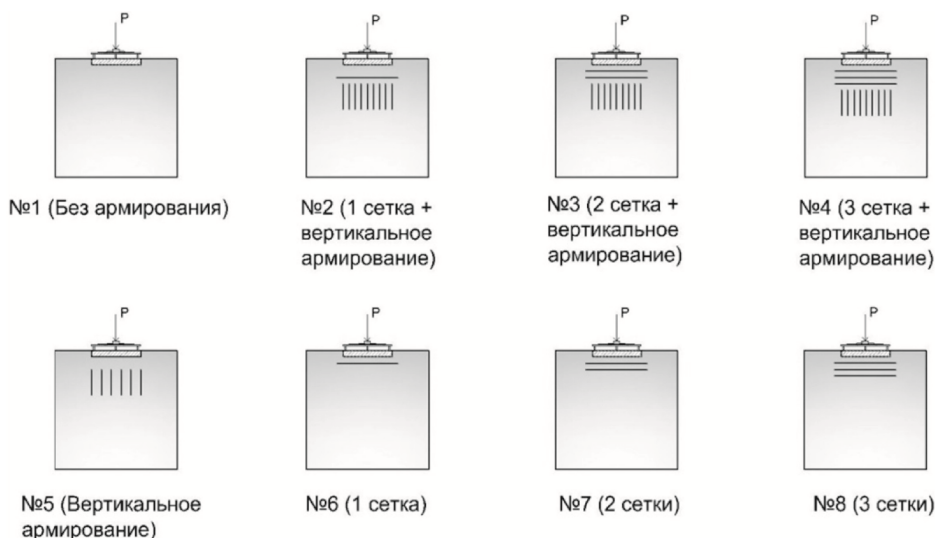
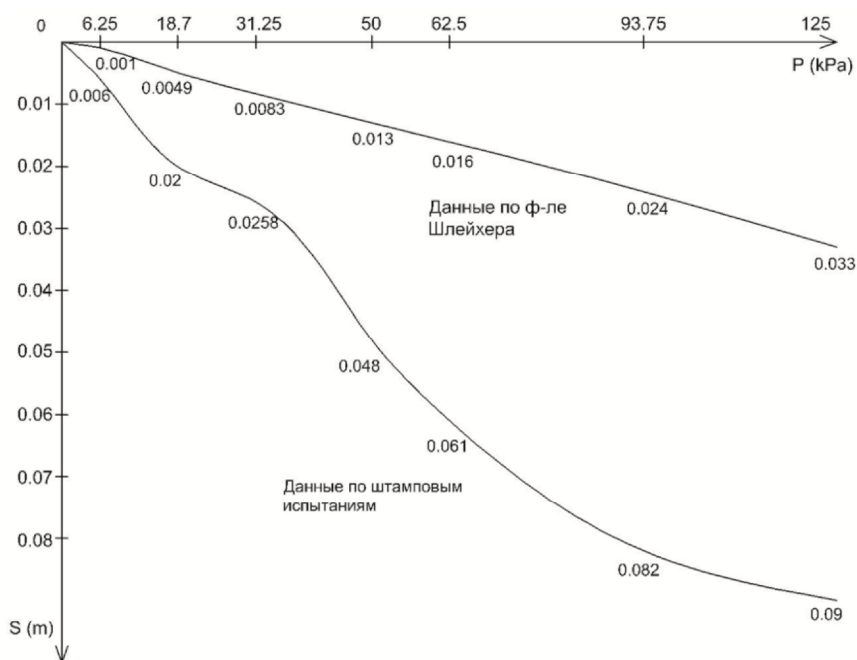


Рис. 1. Схемы лотковых испытаний при различных вариантах армирования

Рис. 2. График зависимости $P(\text{kPa}) - S(\text{m})$ для песчаного грунта без армирования

На рис. 2 представлены данные об изменении осадки штампа S (м) в зависимости от давления P (кПа). Из данного графика видно, что при нагрузках от 0 до 18,7 кПа деформации песчаного грунта без армирования линейные, песчаный грунт уплотняется. Далее на участке от 18,7 до 31,25 кПа идет развитие пластических деформаций, по торцам штампа развиваются касательные напряжения. И при повышении нагрузки более 31,25 кПа происходит разрушение грунта [6].

Так же на рис. 2 представлены данные об изменении осадки, посчитанные по формуле Шлейхера. Как видно из графика при повышении нагрузки теоретические данные отличаются от данных полученных при штамповых испытаниях, при $P=125$ кПа отличие в 3 раза.

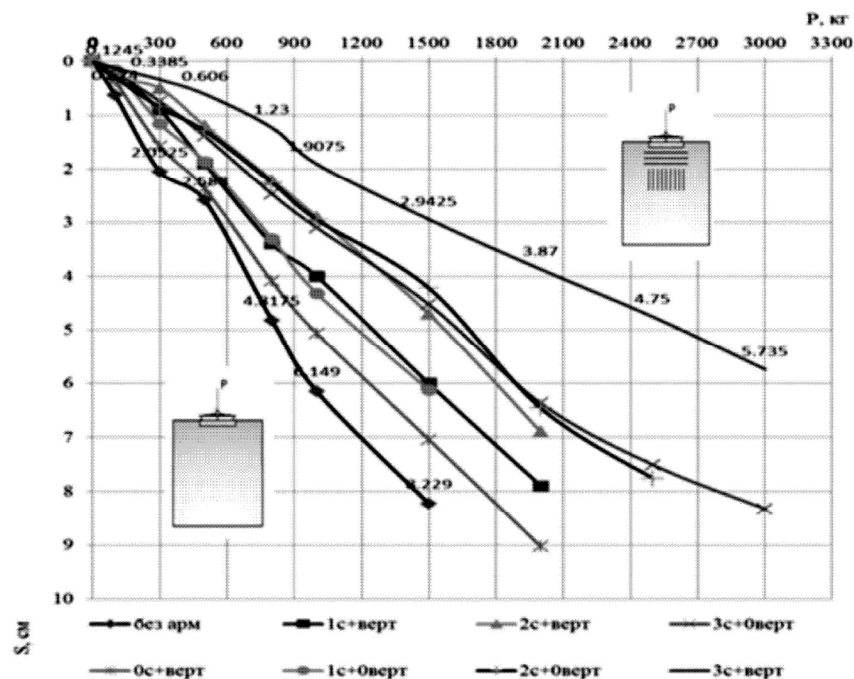


Рис. 3. График сравнения изменений осадок грунтового массива с различными типами армирования

Сравнивая графики осадок песчаного грунта без армирования и при армировании вертикальными элементами, горизонтальными элементами и при комбинированном армировании можно сказать осадки уменьшаются в 1,3-3,3 раза в зависимости от варианта армирования.

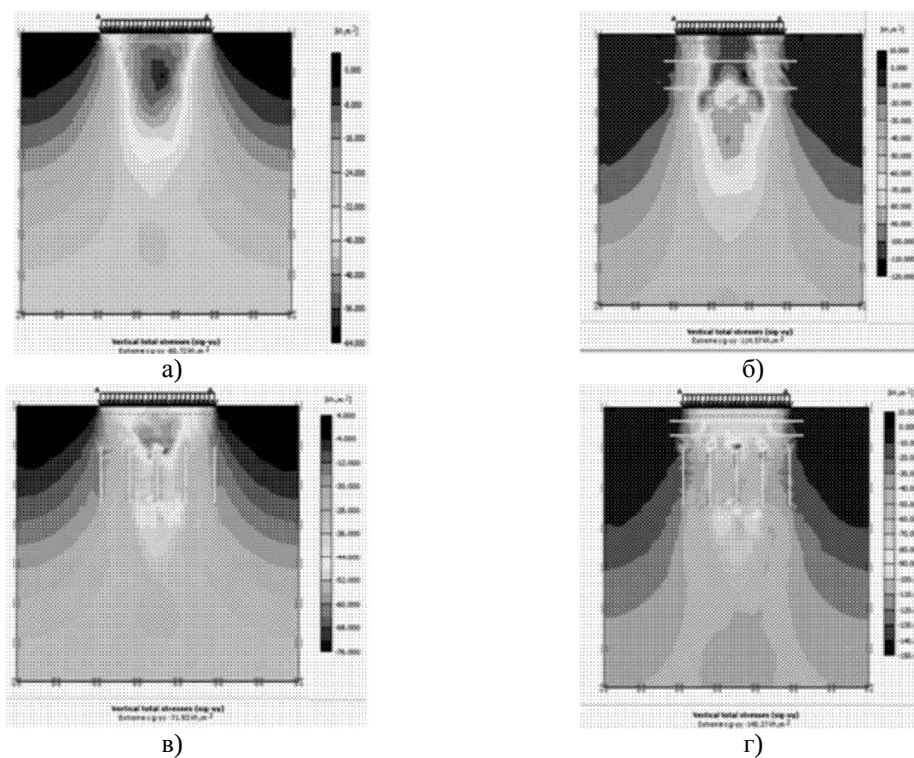


Рис. 4. Напряжения в грунтовой массиве по результатам численного моделирования в Plaxis 2d при различных вариантах армирования:
а) без армирования; б) 2 сетки; в) только вертикальное армирование;
г) 2 сетки и вертикальное армирование

В результате численного моделирования в программе Plaxis 2d были получены величины напряжений в грунтовом массиве при различных вариантах армирования. Как видно из рис. 4. с введением армирующих элементов в грунтовое основание напряженно-деформируемое состояние изменяется. Горизонтально и вертикально армирующие элементы препятствуют сдвиговым усилиям, возникающим в грунтовом основании непосредственно под штампом, перераспределяют напряжения создаваемое штампом и передают их на глубину, что позволяет исключить выпоры на поверхности грунта.

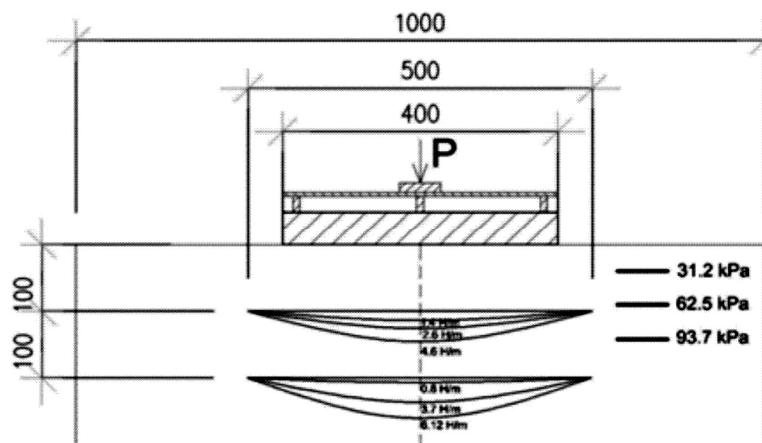


Рис. 5. Напряжения в армирующих элементах испытание № 7

При проведении штамповых испытаний были определены численные значения усилий в горизонтальных и вертикальных армирующих элементах, с помощью наклеенных на поверхность тензодатчиков.

На рис. 5. представлены величины усилий в горизонтально армирующих элементах при различных нагрузках при испытании № 7. Значение усилий в нижней сетке больше, чем в верхней. Это объясняется тем, что расположение вышележащей сетки приходит на уплотнённую зону (пирамида продавливания), нижняя сетка расположена в зоне сдвигов.

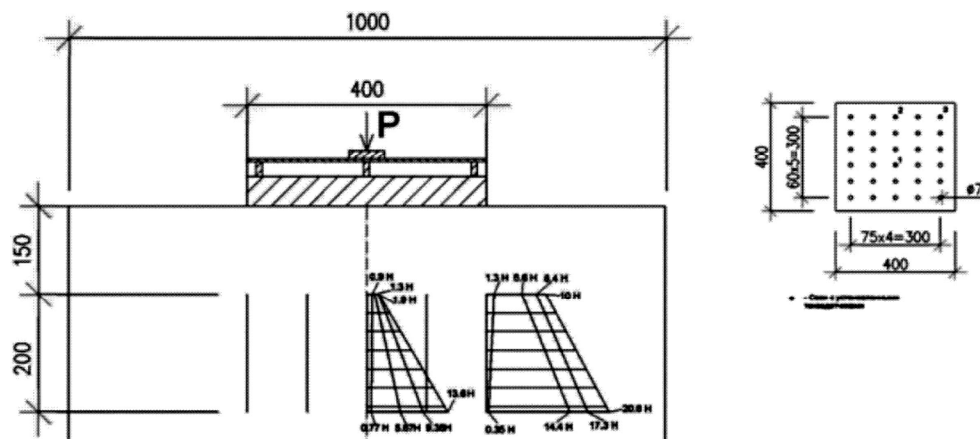


Рис. 6. Напряжения в армирующих элементах испытание № 5

На рис. 6. представлены значения усилий в вертикально армирующих элементах, (при нагрузках 31, 62, 93, 125 кПа), расположенных по середине и в угловой зоне армированного основания которые имеют следующий характер распределения: наименьшее значение в верхней зоне, наибольшее в нижней. Подобный характер распределения усилий в грунтовом массиве связан с тем, что усилие на армирующие элементы передаются через песчаную прослойку, вследствие чего происходит трение грунта по боковой поверхности и по обрезу вертикально армирующих элементов и поэтому усилия увеличиваются по глубине.

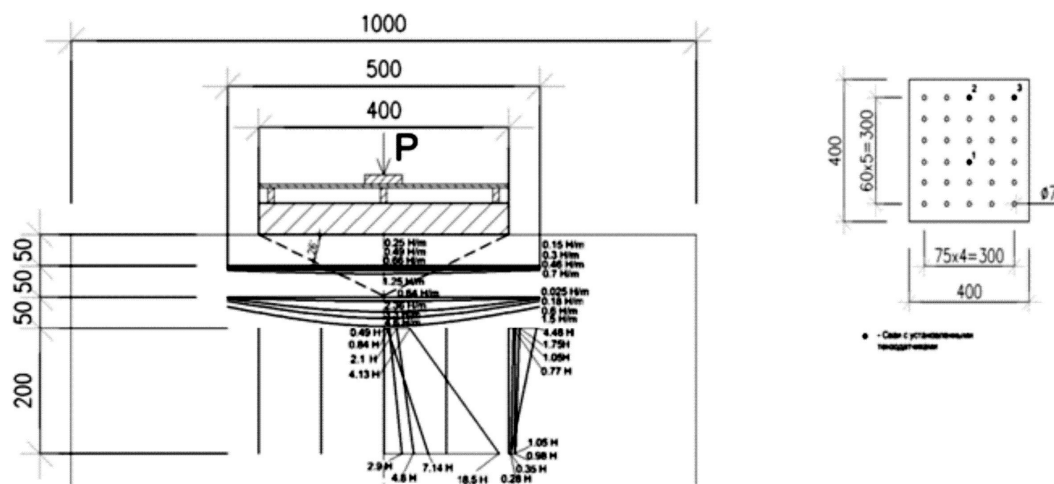


Рис. 7. Напряжения в армирующих элементах испытание № 3

Картина работы грунтового основания, армированного 2-мя геосетками и вертикальным армированием от воздействия внешней нагрузки такова, что увеличивая нагрузку на поверхность грунта до определенной величины, песчаная прослойка под ж.б. штампом уплотняется, и в работу включаются геосетки, которые воспринимают на себя большие усилия, передают на нижние слои (нижняя сетка получает большие усилия, чем верхняя, как в эксперименте, только с горизонтально армирующими элементами). Далее центральный вертикальный армирующий элемент, в силу своего расположения, воспринимает усилия сжатия (усилия возрастают по глубине), а крайние и угловые изгибаются, так как оказываются в зоне среза (большие усилия на оголовке).

Выводы

1. Использование армирующих элементов изменяет напряженно-деформируемое состояние грунтового основания.
2. Горизонтально и вертикально армирующие элементы препятствуют сдвиговым усилиям, возникающим в грунтовом основании непосредственно под штампом, перераспределяют напряжения и передают их на глубину, что позволяет исключить выпоры на поверхности грунта.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И. Т., Шарафутдинов Р. А. Несущая способность и осадки грунтового основания армированного вертикальными и горизонтальными элементами // Известия КГАСУ, 2016, № 1 (36). С. 111–116.
2. Мирсаяпов И. Т., Шарафутдинов Р. А. Расчетная модель несущей способности и осадок грунтового основания, армированного вертикальными и горизонтальными элементами // Известия КГАСУ, 2016, № 1 (37). С. 179–187.
3. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Расчетная модель несущей способности армированного основания при циклическом нагружении // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2014, № 4. С. 12–17.
4. Мирсаяпов И. Т., Попов А. О. Оценка прочности и деформативности армированных грунтовых оснований // Геотехника, 2010, № 4. С. 58–67.
5. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : АСВ, 2014. С. 338–371.
6. Бартоломей А. А. Механика грунтов. М. : АСВ, 2003. С. 138–143.
7. Баданин А. Н., Колосов Е. С. Определение несущей способности армированного георешеткой грунтового основания // Инженерно-строительный журнал, 2012, № 4. – С. 25–32.
8. Джоунс К. Д. Сооружения из армированного грунта. Под ред. д-ра техн. Наук В.Г. Мельника. М. : Стройиздат, 1989. 268 с.

9. Panda S., Ray N.H.S. A study on behaviour of centrally loaded shallow foundation on sand bed reinforced with geogrid, failure and improvement: a literature review // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), 2014. C. 1896–1903.
10. Panda S., Ray N.H.S. An Investigation on Behavior of Centrally Loaded Shallow Foundation on Sand Bed Reinforced with Geogrid // International Journal of Engineering Research and General Science, 2014. C. 128–146.

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

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Sharafutdinov R.A. – post-graduate student

E-mail: rushan.1992@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Stress-strain state of soil foundation reinforced with vertical and horizontal elements

Abstract

Problem statement. The article presents the results of experimental tests through the sandy soil with different reinforcement options. On the basis of experimental studies the authors analyzed the effect of reinforcing elements in the stressed state of the sandy soil.

Results. Research results have shown that the reinforcement subgrade vertical and horizontal elements and reduces sediment increases the bearing capacity.

Conclusions. Horizontal and vertical reinforcing elements prevent shear forces occurring on ferro-concrete stamped, redistribute stress and transfer them to a depth that eliminates the air holes on the surface of the soil.

Keywords: the stress-strain state, carrying capacity, precipitation, laboratory tests, stress, sandy soil reinforcing elements.

References

1. Mirsayapov I. T., Sharafutdinov R. A. Bearing capacity and strains of the foundation soil reinforced with vertical and horizontal elements // Izvestiya KGASU, 2016, № 1 (36). P. 111–116.
2. Mirsayapov I. T., Sharafutdinov R. A. The analysis model of the bearing capacity and strains soil foundation reinforced with vertical and horizontal elements // Izvestiya KGASU, 2016, № 1 (37). P. 179–187.
3. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. The analysis model of the bearing capacity reinforced foundation under cyclic loading // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov. 2014. № 4. P. 12–17.
4. Mirsayapov I. T., Popov O. V. Evaluation of the strength and deformability of reinforced soil bases // Geotekhnika. 2010. № 4. P. 58–67.
5. Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures. M. : ASV, 2014. P. 338–371.
6. Bartolomey A. A. Soil mechanics. M. : ACB, 2003. P. 138–143.
7. Badanin A. N., Kolosov E. S. Determination of the bearing capacity of geogrid reinforced soil foundation // Ingenerno-stroitelny gurnal, 2012, № 4. P. 25–32.
8. Jones K. D. Structures of reinforced soil. M. : Strojizdat, 1983. 268 p.
9. Panda S., Ray N.H.S. A study on behaviour of centrally loaded shallow foundation on sand bed reinforced with geogrid, failure and improvement: a literature review // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR). 2014. P. 1896–1903.
10. Panda S., Ray N.H.S. An Investigation on Behavior of Centrally Loaded Shallow Foundation on Sand Bed Reinforced with Geogrid // International Journal of Engineering Research and General Science. 2014. P. 128–146.