

УДК 624.15.001

Шокарев Е.А., асп.; Шаповал А.В., к.т.н., доц.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Легенченко В.А., асп.; Антощенко Е.В., студ. гр. ПБ-14-1м,

Шаповал В.Г., д.т.н., проф.

Государственный ВУЗ "Национальный горный университет",

г. Днепропетровск, Украина

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНЫХ ОСАДОК АРМИРОВАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ЖЕСТКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ОСНОВАНИЙ

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Способ усиления грунтовых оснований с использованием вертикальных армирующих элементов получил широкое распространение в мировой практике строительства, как при статическом, так и при динамическом воздействии на грунтовый массив [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. При этом имеет место проблема расчета осадки, а следственно и проектирования армированного основания.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы. В настоящее время при расчете осадок армированных оснований используется подход, основанный на использовании осредненных характеристик армированного грунта [7]. При этом для того, чтобы была обеспечена работа армированного грунта в массиве, расстояние между армирующими элементами в свету не должна превышать $3...5 \cdot d$, где d - диаметр армирующего элемента с круглой формой поперечного сечения.

Выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. В литературе имеются противоречивые данные относительно соответствия расчетных и фактических осадок армированных жесткими вертикальными элементами оснований. Поэтому при написании настоящей статьи нами преследовалась цель экспериментальным путем выявить, насколько отличаются расчетные и фактические осадки неармированных и армированных вертикальными жесткими элементами оснований фундаментов.

Изложение основного материала исследования. Испытания проводились в грунтовом лотке.

Лоток имеет наружные размеры 600x1300 мм и высоту 310 мм. В качестве модели основания был предложен материал пенистый полиуретан (поролон), марки EL 2540 изготовленного по ТУ У 24593200.003 - 2000.

Из цельных листов поролона размером 2000x1000x20мм, вырезались пластины размером $(580\pm 3)\times(1280\pm 3)$ мм, которые были уложены послойно в лоток на всю его высоту.

Схема лотка и сечения по нему представлены на рисунке 1.

При проведении испытаний во всех случаях, в качестве модели фундамента была принята пластина из оргстекла размером 100x100 мм при толщине 5 мм. Площадь модели фундамента составляла 100 см².

Вертикальная нагрузка к моделям фундамента прикладывалась с использованием специально подготовленного загрузочного устройства. Собственный вес загрузочного устройства составил 15 Н.

В ходе проведения эксперимента измерялась осадка центра фундамента при различных условиях армирования основания ступенях действующих на фундамент нагрузки. Для измерения осадки фундамента использовался индикатор часового типа, со шкалой деления 0,01мм.

Индикатор крепился к специальной реперной установке.

Испытания проводились по следующей методике:

1. Из листов полиуретана толщиной 20 мм вырезались пластины размером $(580\pm 3)\times(1280\pm 3)$ мм, которые были уложены в лоток послойно на всю его высоту. Всего было уложено 16 слоев. Общая толщина основания во всех случаях составляла $16\times 20=320$ мм.

2. После этого сверху по центру основания была выставлена модель фундамента, которая во всех случаях была одинакова – пластина из оргстекла размером 100x100 мм при толщине 5 мм. Площадь модели фундамента составляла 100 см².

3. Далее к центру фундамента с использованием загрузочного устройства, была приложена первая ступень нагрузки (вес загрузочного устройства 15 Н+25 Н нагрузки). Тем самым среднее давление под подошвой фундамента составило 4 кПа.

4. Во всех случаях каждая ступень нагрузки выдерживалась до условной стабилизации. При этом отсчеты снимались через 1 минуту, 15 минут, 30 минут, 45 минут, 60 минут, 90 минут и 120 минут.

5. После этого к фундаменту прикладывалась следующая ступень нагрузки, равная 4 кПа. Всего к каждому испытываемому образцу было приложено 4 ступени нагрузки по 4 кПа каждая, пока среднее давление под подошвой фундамента не составило 16 кПа.

Всего было проведено четыре серии испытаний, в которых были испытаны: основание без армирования (серия 1); основание с армированием при относительной длине армирующих элементов $\eta = \frac{L}{b} = 0,5$ (серия 2); $\eta = \frac{L}{b} = 1,0$ (серия 3) и $\eta = \frac{L}{b} = 1,5$ (серия 4). Здесь b - ширина фундамента, а L - длина армирующего элемента.

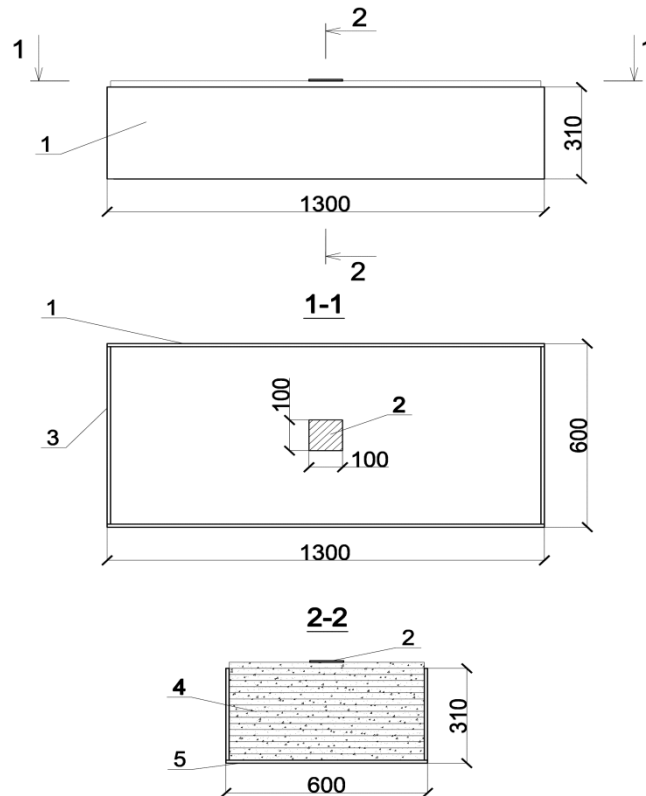


Рис. 1. Схема лотка, в котором проводились испытания:
 1 – боковая стенка лотка; 2 – модель фундамента;
 3 – торцевая стенка лотка; 4 – поролон; 5 – днище.

Во всех сериях испытаний армирование выполнялось стальной вязальной оцинкованной проволокой $\varnothing 2$ мм с шагом $5d$ в осях (рис. 2).

Результаты лабораторных экспериментов представлены в таблице 1.

Далее были выполнены аналитические расчеты осадок моделей фундаментов, которые проводились для максимального среднего давления под подошвой фундаментов, равное 16 кПа.

Давление под подошвой фундамента принималось равномерно-распределенным по всей площади основания.

Для расчета осадки армированных оснований по методике ДБН значение приведенного модуля деформаций грунтов в пределах массива армирования определялось в зависимости от процента армирования как средневзвешенные по формуле:

$$E = \chi \cdot E_a + (1 - \chi) E_2, \quad (1)$$

где:

- E приведенный модуль деформации основания;
- E_a - модуль деформации жестких армирующих элементов;

Таблица 1.

Фактические осадки неармированного и армированного оснований

№ п.п.	Давление Р, кПа	Осадки основания S (мм) при $\eta = L/b$, равном			
		0	0,5	1,0	1,5
1	4	4,65	3,82	0,02	0,02
2	8	16,48	9,67	7,92	6,16
3	12	31,11	15,72	13,16	10,59
4	16	39,47	19,65	17,12	14,58

- E_2 - модуль деформации основания природного сложения;

$$\chi = \frac{V_{арм}}{V_{гр}} - \text{коэффициент, характеризующий долю армирующих элементов в объеме усиливаемого грунта;}$$

элементов в объеме усиливаемого грунта;

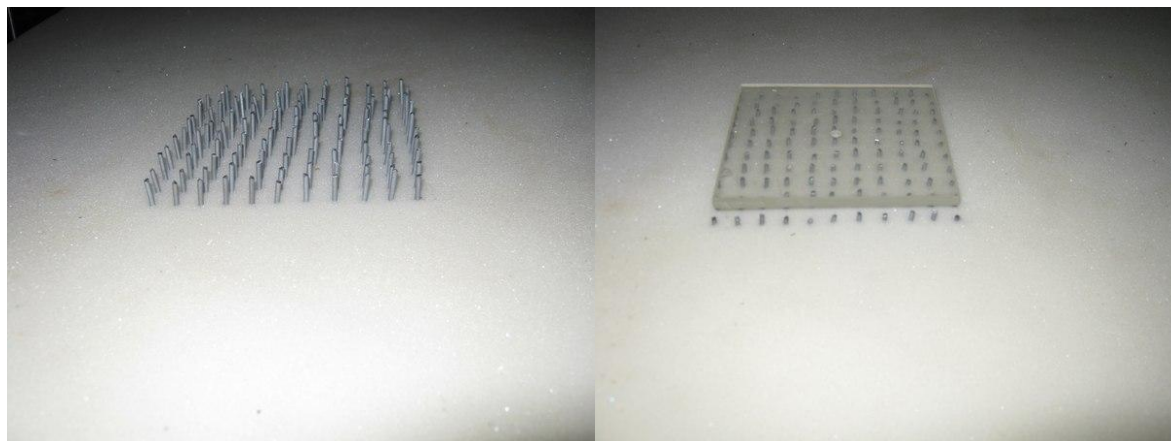


Рис. 2. Армированное основание (общий вид)

- $V_{арм}$ - объем армирующих элементов в пределах заармированной толщи;

- $V_{гр}$ - объем грунта в пределах заармированной толщи.

При определении конечных осадок моделей фундаментов на армированном основании применялся инженерный метод послойного суммирования.

Расчет выполнялся с использованием приложения к программе «Ли́ра» 3.2 «Инженерный калькулятор». При этом использовался пакет программ «Фундаментные конструкции и основания».

Результаты вычислений и их сопоставление с результатами лабораторных исследований для среднего давления под подошвой фундаментов, равное 16 кПа, приведены в таблице 2.

На рисунке 3 представлены зависимости натуральных и расчетных осадок моделей фундаментов от длины армирующих элементов при среднем давлении под их подошвой, равном 16 кПа.

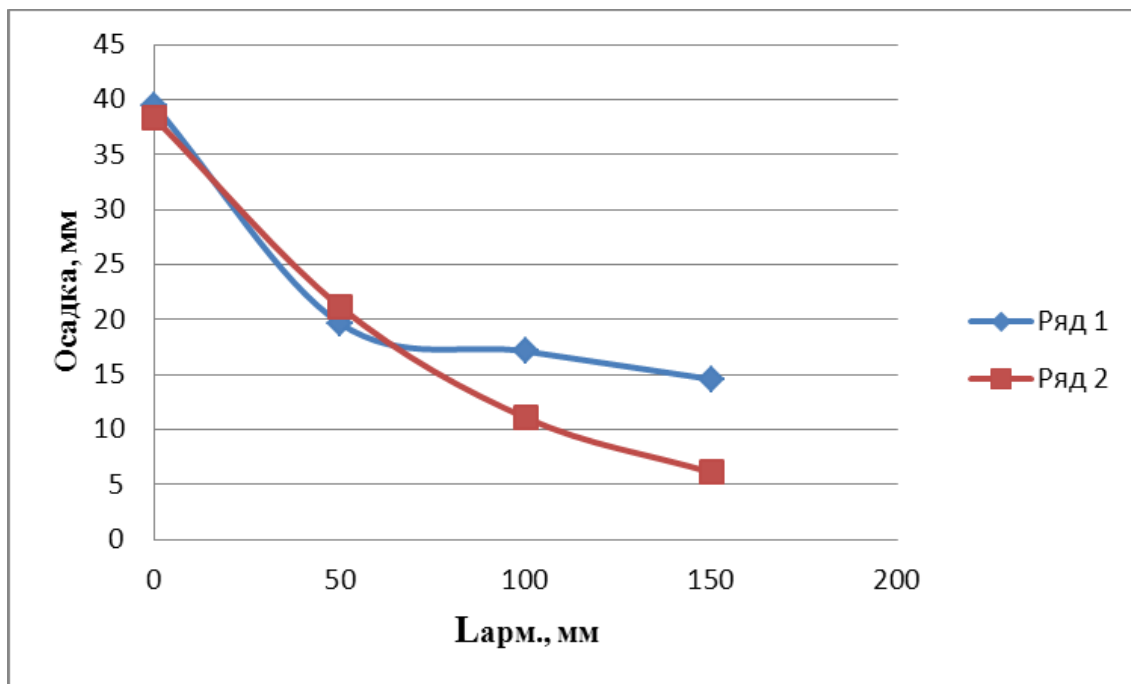


Рис. 3. Экспериментальные и теоретические зависимости "осадка – длина армирующих элементов". Среднее давление под подошвой фундаментов равно 16 кПа. Ряд 1 – натурные осадки; ряд 2 – расчет

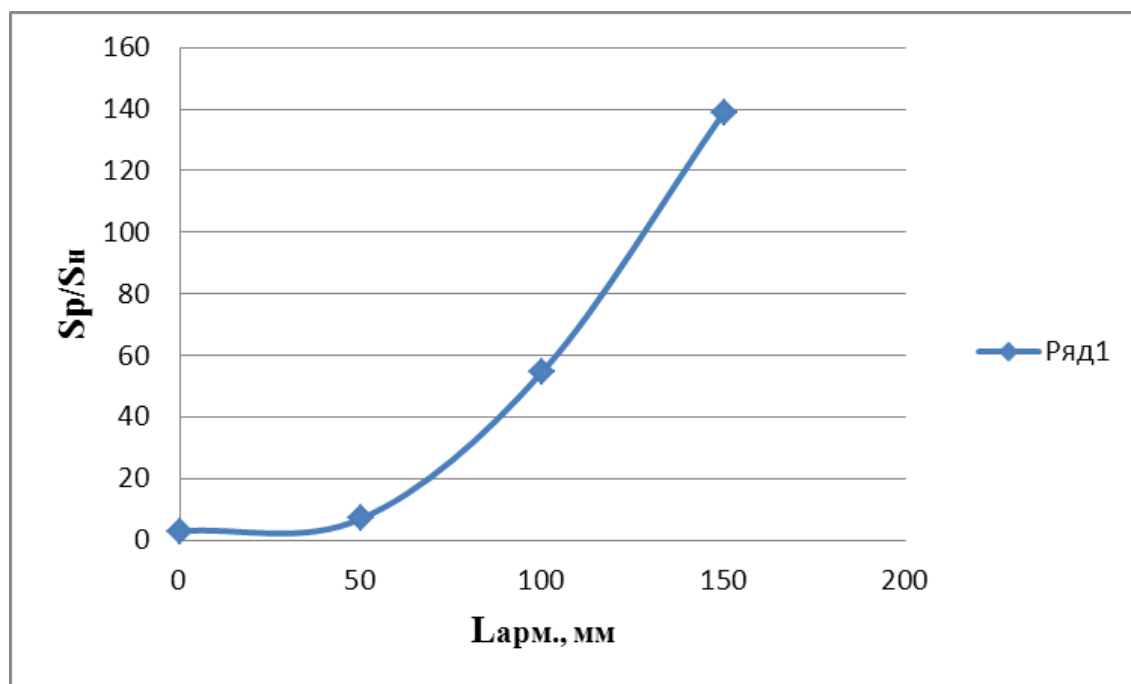


Рис. 4. Отношение расчетных (S_p) осадок к их фактическим значениям (S_n).

Таблица 2.

Расчетные и фактические осадки фундаментов

№ п.п.	Осадки моделей фундаментов	Осадки основания S (мм) при $\eta = L/b$, равном			
		0	0,5	1,0	1,5
1	Фактические	39,47	19,65	17,12	14,58
2	Расчетные	38,3	21,14	11,06	6,10
3	$K=S_{\text{расч}}/S_{\text{факт}}$	0,97 или (3%)	1,08 или (8%)	0,65 или (55%)	0,42 или (139%)

На рис. 4 представлено отношение расчетных (S_p) осадок к их натурным значениям (S_n).

Полученные результаты исследований позволили нам сделать такие выводы:

1. Осадки неармированного основания всегда выше, чем армированного.
2. Фактические осадки армированного и неармированных оснований до некоторого значения относительной длины армирующих элементов ($\eta = \frac{L}{b} \leq 0,5$) практически не отличаются друг от друга.

3. При $\eta = \frac{L}{b} > 0,5$ различие расчетных и фактических осадок тем больше, чем больше относительная длина армирующих элементов.

В целом, нами сделан вывод о том, что принятый в настоящее время в нормативных документах для расчета конечных средних осадок оснований (в том числе армированных), метод послойного суммирования ориентирован на неармированные грунтовые толщи.

В этой связи имеет место проблема его адаптации применительно к расчету осадок оснований, армированных жесткими вертикальными элементами, следовательно, принятая в настоящее время методика расчета осадки армированных оснований нуждается в уточнении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мирсяпов И.Т. Экспериментально-теоретические исследования работы армированных грунтовых массивов / Мирсяпов И.Т., Попов А.О. //Известия Казанского ГАСУ. – 2008. - №2. – С. 75-80.
2. Нуждин Л.В. Исследование динамического напряженно-деформированного состояния жестких вертикальных армоэлементов /Л.В. Нуждин, Е.П. Скворцов // Научное издание / Вестник ТГАСУ. – Томск: ТГАСУ, 2003. – №1. – С. 225-230.
3. Скворцов Е.П. Колебания фундаментов мелкого заложения с контурным армированием грунтового основания // Сейсмостойкое строительство. – М: ВНИИТПИ, 2005. – № 1. – С. 53-56.

4. Мустакимов В.Р. Прочность и деформативность просадочных грунтов оснований, армированных вертикальными армоэлементами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: МГСУ, 2004. – 24 с.

5. Зоценко М.Л. Досвід і перспективи підсилення основ вертикальними ґрунтоцементними елементами у міському будівництві/ М.Л. Зоценко, Ж.М. Бовкун, В.І. Маляренко // Бетон и железобетон в Украине. – 2006. – №6. – С. 24 – 28.

6. Армирование лессовых грунтов оснований зданий и сооружений /И.В. Степура, В.С. Шокарев, А.С. Трегуб, А.В. Павлов, В.П. Павленко //Международная конференция по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. – Пермь: ПГТУ, 2004. – С. 213–221.

7. Проектирование и устройство оснований и сооружений из армированного грунта. Строительные нормы республики Беларусь. Приложение П10-01 к СНБ 5.01.01-99.