УДК 624.138:691.327

АРМОДРЕНИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СУХОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Верховцова М. С., Гавриленко А. А.
Научный руководитель – Тронда Т. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация. В данной статье описаны результаты лабораторного определения изменения влажности и консистенции глинистого грунта при устройстве армодренирующих элементов, приведены расчеты по определению коэффициентов армирования и дренирования для определения армодренирующего эффекта на основе нормативных значений сопротивления пылевато-глинистых грунтов.

Введение

Прочностные характеристики грунтов зависят от их состава, влажности и плотности. Увеличение влажности глинистых грунтов снижает его несущую способность в несколько раз.

Одним из эффективных способов улучшения свойств слабых глинистых грунтов является применение армодренирующих элементов из сухой бетонной смеси, которые позволяют одновременно уплотнять и дренировать водонасыщенные глинистые грунты [1, 2].

Ранее студентами БНТУ Жерносеком В. Л., Новиком С. А. и Хурсом И. Д. под руководством Тронда Т. В. были проведены исследования по изменению влажности водонасыщенной супеси при устройстве элементов и набору прочности сухой бетонной смесью в глинистом грунте [3, 4].

Цель работы

Определить армодренирующий эффект элементов из сухой бетонной смеси для пылевато-глинистых грунтов различной консистенции на основе лабораторного определения изменения влажности и нормативного значения расчетного сопротивления.

Исходные данные и ход исследований

Исследования проводились в несколько этапов:

1) лабораторные исследования по изучению изменения влажности глинистого грунта при устройстве армодренирующих элементов с целью определения возможного изменения консистенции, т.е. показателя текучести ΔI_L с доверительной вероятностью α=0,95, и определения коэффициента дренирования;

2) теоретический расчет изменения коэффициента пористости *e* на основе практического применения армодренирующих элементов в строительстве с целью определения коэффициента армирования;

3) теоретический расчет изменения расчетного сопротивления пылевато-глинистых грунтов при устройстве армодренирующих элементов на основе нормативных значений расчетного сопротивления и полученных значений изменения консистенции грунта ΔI_L и коэффициента пористости *e* с целью определения коэффициентов армирования, дренирования и общего коэффициента упрочнения.

1. Этап №1

Лабораторные исследования по изучению изменения влажности пылевато-глинистых грунтов при устройстве армодренирующих элементов проводились на базе кафедры «Геотехника и экология в строительстве» и Научно-исследовательской и испытательной лаборатории бетонов и строительных материалов БНТУ.

В качестве исследуемого грунта для исследований была выбрана супесь со следующими первоначальными характеристиками:

- влажность на границе раскатывания W_P=9,1%;
- влажность на границе текучести W_L=15,7%;
- число пластичности I_P=6,6;
- влажность *W*, % (табл. 1).
- показатель текучести I_L (табл. 1).

В качестве армодренирующих элементов в грунте были изготовлены шесть цилиндров диаметром Ø80 мм и высотой h=100 мм (рис. 1) из сухой бетонной смеси на портландцементе марки ПЦ 500 в следующих пропорциях по массе: Ц : П : Щ – 1 : 4,5 : 6,6. Соотношение компонентов сухой бетонной смеси бралось из расчёта получения бетона класса С8/10 в стандартных условиях.

Рисунок 1. – Опытные фрагменты грунта с армодренирующими элементами внутри

Сначала в подготовленные пластиковые ёмкости был уложен грунт различной консистенции с послойным уплотнением. В центре ёмкостей были устроены армодренирующие элементы путем заполнения подготовленной сухой бетонной смесью скважины, выполненной на высоту 100 мм с помощью вдавливания цилиндра диаметром Ø80 мм. Для предотвращения испарения влаги и высыхания грунта ёмкости герметично закрывались пленкой.

По истечению 28 суток армодренирующие элементы были извлечены из грунта. После извлечения образцов были повторно взяты пробы грунта для определения изменения влажности ΔW, % и показателя текучести ΔI_L (табл. 1).

Таблица 1. – Изменение влажности W, % и показателя текучести ΔI_L

Показатель текучести	Образец					
	1	2	3	4	5	6
W, % (до опыта)	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
W, % (после опыта)	10,16	10,16	10,16	10,16	10,16	10,16
ΔW, %	1,14	2,16	1,33	2,58	2,39	1,99
I_L (до опыта)	0,33	0,40	0,53	0,59	0,65	0,82
I_L (после опыта)	0,16	0,07	0,33	0,20	0,29	0,51
ΔI_L	0,17	0,33	0,20	0,39	0,36	0,31

С помощью методов статистической обработки результатов согласно [5] было получено, что ΔI_L=0,21 с доверительной вероятностью α=0,95, что также подтверждается ранее проведенными исследованиями [3].

2. Этап №2

Затем на основе практического применения армодренирующих элементов [2] был произведен теоретический расчет изменения коэффициента пористости *e*.

Был рассмотрен 1 м^3 пылевато-глинистого грунта, в котором на всю длину устраивались путем выштамповывания армодренирующие элементы диаметром 325 мм. Для супеси с начальным коэффициентом пористости e=0,75 объем пор в данном объеме равен $V_п$=0,43 м^3, тогда после помещения элементов в грунт коэффициент пористости составит:

$$V_{образца} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot 0{,}325^2}{4} \cdot 1 = 0{,}083 м^3$$

$$V_п^{'} = V_п - V_{образца} = 0{,}43 - 0{,}083 = 0{,}347 м^3$$

$$e = \frac{V_п^{'}}{V_{тв.гр.}} = \frac{0{,}347}{1 - 0{,}347} = 0{,}53$$

3. Этап №3

По результатам, полученным в ходе этапов №1 и №2, было определено изменение расчетного сопротивления пылевато-глинистых грунтов (по табл. 2 из [6]) в связи с устройством армодренирующих элементов и на его основе определены коэффициенты упрочнения грунта (табл. 3):

- $K_{упр}^{арм}$ – коэффициент армирования грунта, учитывающий только изменение коэффициента пористости грунта с e=0,75 до e=0,53;
- $K_{упр}^{дрен}$ – коэффициент дренирования грунта, учитывающий только изменение показателя текучести грунта ΔI_L=0,21;
- $K_{упр}$ – общий коэффициент упрочнения грунта, учитывающий и изменение коэффициента пористости и изменение показателя текучести грунта.

По полученным результатам был построен график зависимости коэффициента упрочнения грунта от показателя текучести грунта $K_{упр}=f(I_L)$ (рис. 2).

Таблица 2. – Значения расчетных сопротивлений грунтовых оснований буронабивных свай при расчетной глубине расположения нижнего конца (пяты) сваи 1,5 м [6]

Коэффициент пористости (e)	Сопротивление (R), МПа, для пылевато-глинистых грунтов (кроме моренных) с показателем текучести (I_L)				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75
≤0,55	0,70	0,60	0,50	0,45	0,30
0,65	0,60	0,50	0,40	0,35	0,25
0,75	0,45	0,40	0,30	0,25	0,20

Таблица 3. – Коэффициенты упрочнения грунта при начальном показателе текучести I_L и коэффициенте пористости e=0,75

I_L	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75
$K_{упр}^{арм}$	1,75	1,71	1,67	1,80	1,5
$K_{упр}^{дрен}$	1,46	1,44	1,43	1,36	1,60
$K_{упр}$	2,55	2,47	2,38	2,44	2,40

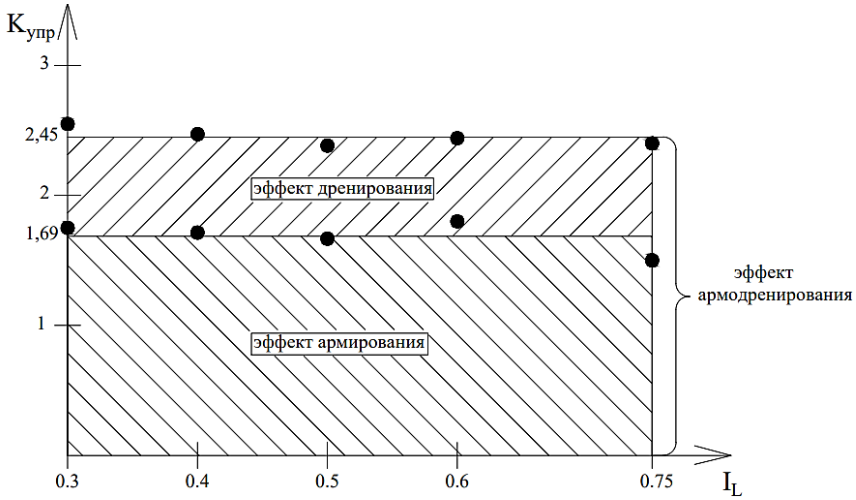

Рисунок 2. – График зависимости коэффициента упрочнения грунта от показателя текучести $K_{упр}=f(I_L)$

Заключение

В ходе лабораторных исследований был установлен армодренирующий эффект элементов из сухой бетонной смеси для глинистых грунтов, который в среднем составил 2,45.

Установлено, что армодренирующие элементы способны повысить расчетное сопротивление (прочность) основания за счет уплотнения грунта (уменьшения пористости) и уменьшения показателя текучести I_L вследствие гидратации цемента за счет поровой воды.

Литература

1. Тронда Т. В. Изменение физико-механических характеристик слабого водонасыщенного суглинка при устройстве вертикальных армодренирующих элементов / Т. В. Тронда // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений : тр. V междунар. конф., Екатеринбург, 7-8 окт. 2016 г. / Урал. гос. горный ун-т ; редкол.: М. В. Корнилков (ответств. за вып.) [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2016. – С. 127-130.
2. Тронда, Т. В. Опыт применения геомассивов при строительстве многоэтажных зданий на слабых водонасыщенных грунтах / Т. В. Тронда // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях : материалы 67-й студ. науч.-техн. конф., секция «Геотехника и экология в строительстве», Минск, 6 мая 2011 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: М. И. Никитенко [и др.]. – Минск, 2011. – С. 68-73.
3. Жерносек, В.Л. Изменение влажности слабой водонасыщенной супеси при устройстве армодренирующих элементов из сухой бетонной смеси / В. Л. Жерносек, С. А. Новик, И. Д. Хурс // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях : материалы 73-й студ. науч.-техн. конф., секция «Геотехника и экология в строительстве», Минск, 28 апреля 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: В. А. Сернов, Т. В. Тронда. – Минск, 2017. – С. 33-36.
4. Жерносек, В.Л. Набор прочности армодренирующими элементами из сухой бетонной смеси в слабой водонасыщенной супеси / В. Л. Жерносек, С. А. Новик, И. Д. Хурс // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях : материалы 73-й студ. науч.-техн. конф., секция «Геотехника и экология в строительстве», Минск, 28 апреля 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: В. А. Сернов, Т. В. Тронда. – Минск, 2017. – С. 37-40.
5. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний : ГОСТ 20522-2012. –Введ. 01.07.2013. - М. : Стандартинформ, 2013. –19 с.
6. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам Республики Беларусь. Проектирование и устройство буронабивных свай: П13-01 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 22.02.2001. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2001. – 46 с.