



ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА В РЕЗУЛЬТАТЕ МОДИФИКАЦИИ ВЫСОКОДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКОЙ

CHANGE OF SANDY SOIL PROPERTIES AS A RESULT OF MODIFICATION BY A FINELY DISPERSED ADDITIVE

МАЛАХОВА Е.В.

Магистрант Института строительства и архитектуры (ИСИА) Северного арктического федерального университета им. М.В. Ломоносова (САФУ), г. Архангельск, malakhova.ev@yandex.ru

АЙЗЕНШТАДТ А.М.

Профессор кафедры композиционных материалов и строительной экологии ИСИА САФУ, д.х.н., г. Архангельск, aizenstadt@agtu.ru

ТУТЫГИН А.С.

Заведующий лабораторией кафедры композиционных материалов и строительной экологии ИСИА САФУ им. Ломоносова, г. Архангельск, tutygin@narfu.ru

КОРШУНОВ А.А.

Доцент кафедры инженерной геологии оснований и фундаментов ИСИА САФУ им. Ломоносова, к.т.н., г. Архангельск, korshunov.astu@gmail.com

MALAKHOVA E.V.

Candidate for a master's degree of the Construction and Architecture Institute of the Lomonosov Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, malakhova.ev@yandex.ru

AYZENSHTADT A.M.

Professor of the composite materials and environment engineering department of the Construction and Architecture Institute of the Lomonosov Northern Arctic Federal University, PhD (doctor of science in Chemistry), Arkhangelsk, aizenstadt@agtu.ru

TUTYGIN A.S.

Head of the Laboratory of the Composite Materials and Environment Engineering Department of the Construction and Architecture Institute of the Lomonosov Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, tutygin@narfu.ru

KORSHUNOV A.A.

Associate professor of the engineering geology and foundation engineering department of the Construction and Architecture Institute of the Lomonosov Northern Arctic Federal University, PhD (candidate of science in Technics), Arkhangelsk, korshunov.astu@gmail.com

Ключевые слова:

песчаный грунт; сапонит-содержащий материал; высокодисперсная добавка; прочностные характеристики.

Key words:

sandy soil; saponite-containing material; finely dispersed additive; strength characteristics.

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию высокодисперсной добавки, состоящей из песка и сапонит-содержащего материала, на физико-механические свойства мелкопесчаного грунта.

Введение

Архангельская область богата месторождениями кварцевого песка. В основном это песок мелкий, который обладает достаточно низкими физико-механическими характеристиками, поэтому его применение в промышленном, гражданском и дорожном строительстве ограничено. В целях масштабного использования мелкого песка для строительных работ, в частности в основаниях дорожных насыпей и при обратной засыпке пазух котлованов, возникает проблема его укрепления, которая является актуальной на сегодняшний день.

Одним из возможных путей решения этой задачи является укрепление песчаных грунтов методами, основанными на нанотехнологическом подходе, в частности введение в грунты специальных добавок в высокодисперсном состоянии. Например, в работе [6] был определен оптимальный состав композиционной смеси (мелкого песка и сапонит-содержащего материала), которая может служить добавкой для укрепления песчаных грунтов. Авторами этих исследований было установлено, что при введении 5% (по массе) добавки, состоящей из смеси высокодисперсного сапонит-содержащего материала (4%) и мелкого песка (96%), удельное сцепление песчаного материала увеличивается с 7,4 до 19,1 кПа. Для приготовления этой смеси использовался мелкий песок, механически диспергированный до среднего размера частиц 102 ± 34 нм, и са-

Abstract

The article presents experimental research results on influence of a finely dispersed additive consisting of sand and saponite-containing material on the physical-mechanical properties of fine sandy soil.

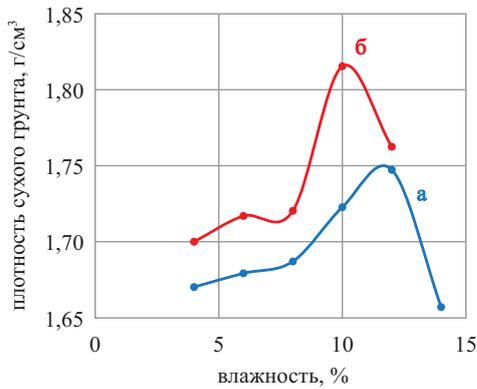


Рис. 1. Кривые стандартного уплотнения грунта: а — без высокодисперсной добавки; б — с высокодисперсной добавкой в количестве 5% по массе

понит-содержащий материал, подвергшийся такой же обработке, со средним размером частиц 361 ± 96 нм.

Целью исследований, представленных в данной работе, является изучение влияния высокодисперсной добавки на физико-механические свойства песчаного грунта (сопротивление сдвигу, способность к уплотнению, водопроницаемость, угол естественного откоса, набухание, плотность, плотность частиц) при оптимальной влажности.

Методика исследований

В качестве исследуемого материала был выбран мелкий песок с размером частиц 0,10–0,25 мм с месторождения «Краснофлотский-Запад». Для получения высокодисперсной добавки использовался сапонит-содержащий материал, выделенный из пульпы хвостохранилища промышленного обогащения руд месторождения алмазов, и мелкий полиминеральный песок с месторождения «Краснофлотский-Запад», предварительно отмытый от глинистых включений. Высокодисперсные компоненты получались методом диспергирования на планетарной шаровой мельнице Retsch PM100 (режимные параметры процесса размолта приведены в статье [6]). Средний размер частиц мелкого песка составил 102 ± 34 нм, сапонит-содержащего материала — 361 ± 96 нм. Введение высокодисперсной добавки (5% по массе) в песчаный грунт происходило в два этапа. Сначала измельченный песок тщательно перемешивали с грунтом, а затем в полученную смесь добавляли сапонит-содержащий материал и также тщательно перемешивали.

Физические, механические и водные свойства грунта определялись в соответствии с методиками, принятыми для грунтовых материалов [1–5, 7]. Определение прочностных характеристик грунта проводилось с помощью автоматизированной испытательной системы SherarTrac-II.

Результаты исследований и их обсуждение

На первоначальной стадии была определена максимальная плотность сухого грунта с высокодисперсной добавкой (ρ_d^{max}) при оптимальной влажности (W_{opt}). На рисунке 1 представлены полученные кривые стандартного уплотнения грунтов, которые показывают что для песчаного грунта $\rho_d^{max} = 1,75$ г/см³, $W_{opt} = 12\%$, а для

Таблица

Физико-механические свойства исходного и модифицированного высокодисперсной добавкой песчаного грунта

Характеристика*	Исходный песок	Модифицир. песок
ρ , г/см ³	1,96	2,00
ρ_{ss} , г/см ³	2,68	2,67
k_f , м/сут	1,79	0,53
ΔV , %	0,00	0,07
α_c , град.	29	26
α_b , град.	35	25
e	0,53	0,47
W_{sat} , %	0,20	0,18
S_r	0,60	0,57
γ , кН/м ³	19,2	19,6
γ_{sb} , кН/м ³	19,8	19,4
γ_{sat} , кН/м ³	20,6	21,0

* Расшифровка обозначений приведена в тексте.

грунта, модифицированного высокодисперсной добавкой, $\rho_d^{max} = 1,82$ г/см³, $W_{opt} = 10\%$.

Для исследуемых образцов исходного и модифицированного высокодисперсной добавкой песчаного грунта были определены: плотность (ρ), плотность частиц

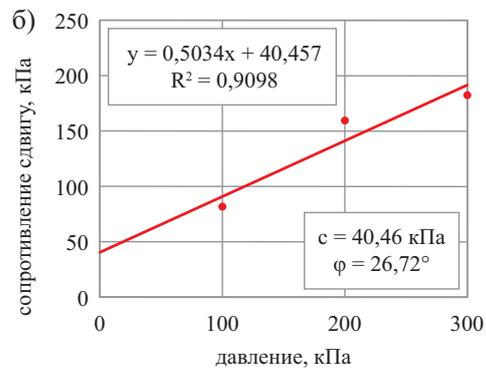
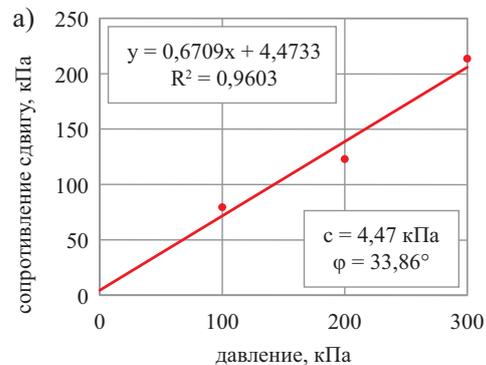


Рис. 2. Предельное сопротивление сдвигу образца песка с размером частиц 0,10–0,25 мм: а — без добавки модификатора; б — с добавкой модификатора в количестве 5% по массе (с — удельное сцепление, φ — угол внутреннего трения)



(ρ_s), коэффициент фильтрации (k_f), величина набухания (ΔV), угол естественного откоса в сухом и водонасыщенном состоянии (α_e , α_n соответственно), коэффициент пористости (e), влажность при полном насыщении (W_{sat}), степень влажности (S_r), удельный вес (γ), удельный вес с учетом взвешивающего действия воды (γ_{sb}), удельный вес при полном водонасыщении (γ_{sat}). Полученные физико-механические характеристики представлены в таблице, прочностные характеристики при оптимальной влажности — на рис. 2.

Эксперименты, результаты которых представлены на рис. 2, показывают, что после введения в песчаный грунт высокодисперсной добавки его удельное сцепление увеличивается в 9 раз. Кроме того, значительные различия наблюдаются в значениях коэффициента фильтрации: его величина у песка с высокодисперсной

добавкой в 3,8 раза ниже, чем при отсутствии добавки. Величина угла естественного откоса песчаного грунта в сухом состоянии при отсутствии добавки на 20% ниже, чем при ее наличии. Значения остальных характеристик для исходной и модифицированной проб грунта практически не различаются между собой.

Выводы

Модификация песчаного грунта высокодисперсной добавкой, состоящей из смеси песка и сапонит-содержащего материала, в количестве 5% по массе значительно изменяет следующие его физико-механические свойства: удельное сцепление, коэффициент фильтрации, максимальную плотность сухого грунта при оптимальной влажности и угол естественного откоса. ❄

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: Стандартинформ, 2010. 78 с.
2. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2008. 17 с.
3. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод определения максимальной плотности. М.: Госстрой России, 2003.
4. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. М.: Стандартинформ, 2008. 17 с.
5. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2005. 18 с.
6. Тутыгин А.С., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Фролова М.А., Боброва М.П. Проектирование состава строительных композитов с учетом термодинамической совместимости высокодисперсных систем горных пород // Строительные материалы. 2013. № 3. С. 74–76.
7. Чановский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.: Недра, 1975. 304 с.



С 2013 года журналы «Инженерные изыскания», «Инженерная геология», «Геориск», «Геотехника» стали доступны в электронном варианте.

Ваша компания может получить индивидуальный доступ к номерам за текущий год, а также ко всем выпускам за предыдущие годы.

Журналы представлены во flash-версиях на официальном сайте Издательского центра «Геомаркетинг»:
<http://www.geomark.ru>

Некоторые номера размещены бесплатно в режиме тестового доступа, для того чтобы визуально оценить удобство электронных версий.



Стоимость годовой электронной подписки

(два логина для доступа с двух устройств одновременно):

Инженерные изыскания: **19 320 руб.** Инженерная геология: **7 200 руб.** Геориск: **4 800 руб.**
Геотехника: **7 800 руб.** Стоимость онлайн-доступа ко всем журналам, включая архив: **39 120 руб.**

Татьяна ФЕДОТОВА
Тел./факс: +7 (495) 366-26-84
Email: pr@geomark.ru

Ольга ИСАЙКИНА
Тел./факс: +7 (495) 366-08-85
Email: pr@geomark.ru