

УДК 624.131

С. Г. АЙРОЯН, А. К. АТТАПУРИ

### ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СУГЛИНИСТОГО ГРУНТА Г. ЭЙБАКАБАДА (ИРАН) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ

Исследована пригодность суглинистых грунтов г. Эйбакабада для получения цементогрунтов.

Установлено, что наибольшая прочность на сжатие получена при содержании 7% цемента при влажности  $W_{\text{орт}} = 2\%$ . Прочность этих цементогрунтовых смесей после 28 суток (стандартная прочность) составляет 5,07 МПа (лишь часть общей прочности цементогрунта), а после 60 суток – 6,07 МПа.

**Введение.** Увеличение объема промышленного гражданского, транспортного и сельскохозяйственного строительства требует значительного расхода дорогостоящих материалов, в частности цемента.

На территории г. Эйбакабада (Иран) для дорожного строительства широкое применение имеет укрепление разнообразных грунтов цементом. В настоящее время в результате эксплуатации дорог и лабораторных исследований установлено благоприятное воздействие цемента на механические свойства грунтов самого разнообразного генезиса и гранулометрического состава.

Цементогрунт является трудной для исследований дисперсной системой, которая включает сложные цементные и природные минералы, взаимодействующие между собой [1]. Свойства укрепленных грунтов и эффект закрепления обуславливается, с одной стороны, составом и свойствами цемента, с другой – особенностями грунтов. Известно, что наиболее пригодны для получения материалов на основе системы грунт–цемент песчано-гравийные смеси. Глинистые грунты, особенно монтмориллонитового состава, малоприспособлены для получения цементогрунтов [2].

**Экспериментальная часть.** Перед получением цементогрунтовых смесей для определения пригодности суглинистого грунта г. Эйбакабада проводились его комплексные геотехнические исследования. В частности определялись гранулометрический состав, плотность минеральных частиц, максимальные гигроскопическая влажность и молекулярная влагоемкость, пределы пластичности, оптимальная влажность, максимальная плотность скелета, солевой и минералогический составы.

Результаты усредненных геотехнических показателей суглинистых грунтов приведены в табл. 1, 2. На рис. 1 приведена усредненная интеграль-

ная кривая гранулометрического состава. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности скелета суглинистого грунта и цементно-грунтовой смеси осуществлялось по стандартной методике с использованием прибора для уплотнения грунта.

Таблица 1

Процентное содержание минеральных частиц

Ø, мм	20–10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
%	8,0	2,6	2,5	1,7	0,9	1,8	1,2	15,3	20,0	18,2	27,8

Таблица 2

Прир. влажность $W$ , %	Макс. молек. влагоемкость, $W_{\text{МВ}}$	Макс. гитр. влажность, $W_{\text{МГ}}$	Плотн. твердых частиц, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Пределы пластичности			Оптим. влажность, %	Макс. плотн. скелета, $\rho_{\text{д}}^{\text{max}}$ , г/см <sup>3</sup>	Коллоидн. активность	Содерж. легко-раств. солей, %
				верхний предел, $W_L$	нижний предел, $W_P$	число пласт., $I_P$				
8,0	0,53	0,06	2,68	0,333	0,219	0,114	0,210	1,68	0,411	0,398

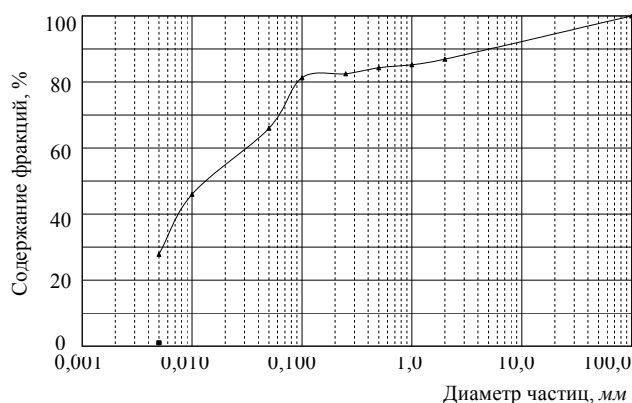


Рис. 1. Усредненная интегральная кривая гранулометрического состава.

результатами анализа минерального состава (табл. 3).

По усредненным данным гранулометрического состава и числу пластичности грунта классифицируются как суглинки. По показателю коллоидной активности  $K_P = I_P / M_c$ , где  $M_c$  – содержание глинистых частиц ( $K_P = 0,411$ ), глинистые фракции представлены минералами с низкой коллоидной активностью – каолинитами, что подтверждается ре-

Таблица 3

Процентное содержание минералов

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	S
71,4	11,8	1,33	3,69	0,64	2,34	0,50	0,16	0,02	0,02	7,6	0,5

Основная цель дальнейших исследований – получение цементно-грунтовых смесей оптимального состава, имеющих наибольшую прочность на сжатие. Для этого изготавливались цементно-грунтовые смеси с содержанием 3, 5, 7 и 9% портландцемента М400. Для каждой смеси стандартным методом

определялись оптимальная влажность и максимальная плотность скелета. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4

Содержание цемента в смеси, %	Оптимальная влажность, $W_{\text{опт}}$ , %	Максимальн. плотность скелета, $g/cm^3$
3	20,0	1,63
5	18,4	1,65
7	19,3	1,65
9	20,6	1,61

В цементогрунтовых смесях гидратация и гидролиз портландцемента приводят к взаимному проникновению и срастанию продуктов гидролиза и формированию конденсационно-кристаллизационных типов структур.

Для выявления влияния влажности на прочность цементогрунтов их испытания на сжатие проводились при следующих влажностях:  $W_{\text{опт}}$ ,  $W_{\text{опт}}+2\%$ ,  $W_{\text{опт}}-2\%$ .

Изготавливались серии цилиндрических образцов с высотой 12 см и диаметром 5 см, уплотненных на гидравлическом прессе. После 7, 14, 21, 28, 60-и суток хранения проводились испытания образцов на одноосное сжатие на гидравлическом прессе при скорости нагрузки 3 мм/мин [3]. Повторность опытов трехкратная. Зависимости изменения прочности на сжатие ( $\sigma$ ) цементогрунтовых смесей от времени, количества цемента и начальной влажности приведены на рис. 2, 3.

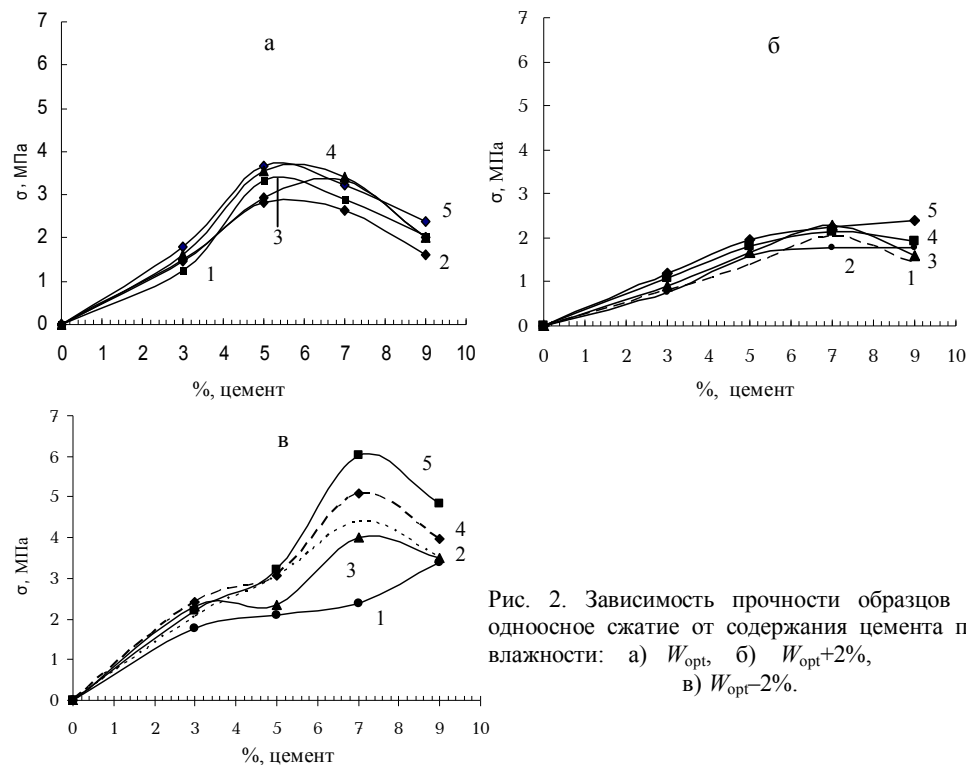


Рис. 2. Зависимость прочности образцов на одноосное сжатие от содержания цемента при влажности: а)  $W_{\text{опт}}$ , б)  $W_{\text{опт}}+2\%$ , в)  $W_{\text{опт}}-2\%$ .

Криволинейный характер графиков определяется интегральным эффектом от сложных физико-химических процессов, протекающих в цементогрунтовых смесях. Для всех образцов цементогрунтов наиболее интенсивный рост прочности наблюдается в первые 7 суток, что определяется преобладанием в составе цемента трехкальциевых силикатов и беллита (C2S), которые способствуют быстрому протеканию процессов гидратации и гидролиза. Для более поздних сроков твердения (до 28 суток) в отдельных случаях наблюдается небольшое снижение прочности на одноосное сжатие. Аналогичные результаты получены и другими исследователями [4].

Экспериментальными исследованиями установлено, что наибольшая прочность на одноосное сжатие получена для смеси, которая содержит 7% цемента при влажности  $W_{\text{opt}}-2\%$  (см. рис. 2, 3).

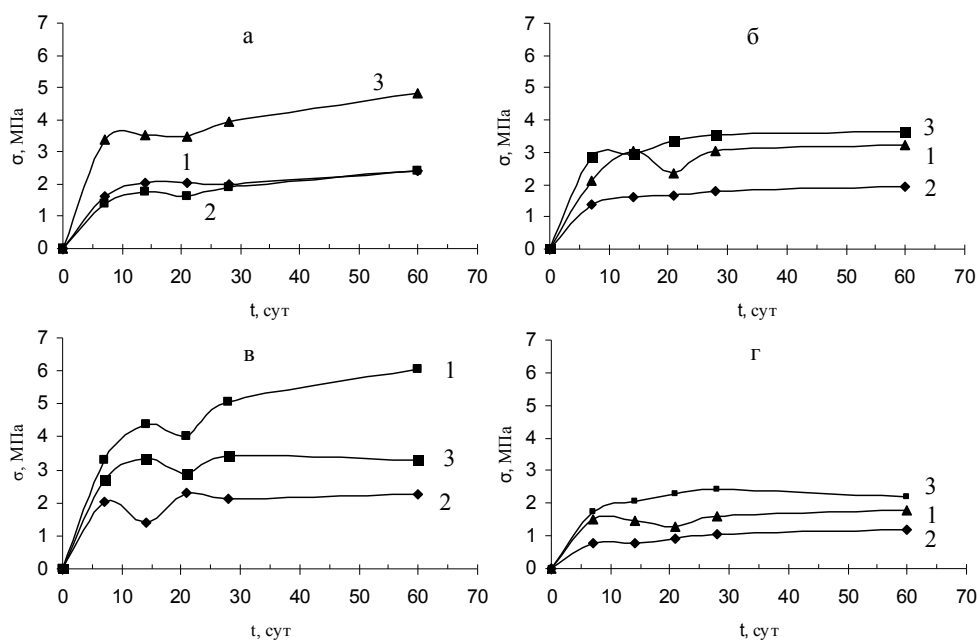


Рис. 3. Зависимость прочности цементогрунтовых образцов от времени при влажности  $W_{\text{opt}}$  (1),  $W_{\text{opt}}+2\%$  (2) и  $W_{\text{opt}}-2\%$  (3); а) 9% цемента, б) 7%, в) 5% и г) 3% цемента.

**Основные выводы.** Суглинки, распространенные на территории г. Эйбабада, пригодны для получения цементогрунтов. Наибольшая прочность на сжатие получена для цементогрунта, содержавшего 7% цемента, его стандартная прочность составляет 5,07 МПа. При уплотнении цементогрунтовой смеси необходимо взять начальную влажность на 2% ниже оптимальной.

Стандартная прочность (28 суток) оптимального состава цементогрунта составляет лишь часть общей прочности. После 60-и суток твердения прочность на сжатие составляет 6,07 МПа.

1. **Сергеев Е.М.** Теоретические основы инженерной геологии – социально-экономические основы. М.: Недра, 1982.
2. **Вороневич С.Д.** Техническая мелиорация пород. М.: МГУ, 1981, с. 340.
3. **Winterkorn H.F.** – Soil stabilization, 2000, v. 1, p. 312–336.
4. **Рединдер П.А.** Физико-химические основы современных методов закрепления грунтов. Пленарные докл. и речи, VI Всесоюзное совещание по закреплению и уплотнению грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 13.

Ս. Հ. ՀԱՅՐՈՅԱՆ, Ա. Բ. ԱԹԹԱՓՈՒՐԻ

ԷՅԲԱԲԱԲԱԿ (ԻՐԱՆ) ԶԱՂԱՔԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ԱՎԱԶԱԿԱՎԱՅԻՆ  
ԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻՑ ՑԵՄԵՆՏԱԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻ ՍՏԱՑՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Աշխատանքում հետազոտված է Էյբաբաբադ քաղաքի ավազակավային գետնահողերից ցեմենտագետնահողերի ստացման հնարավորությունը:

Իրականացված փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ սեղմման առավելագույն ժամանակավոր դիմադրությունը ստացվում է օպտիմալ խոնավությունից 2%-ով ցածր խոնավությամբ և ցեմենտի 7% պարունակությամբ ցեմենտագետնահողի խտացման դեպքում:

Տվյալ օպտիմալ խառնուրդով ցեմենտագետնահողի ստանդարտ ամրությունը 28 օրվա համար կազմում է 5,07 ՄՊա, որը նրա ամրության միայն մի մասն է կազմում: Մասնավորապես 60 օրվա համար այն կազմել է 6,07 ՄՊա:

S. H. HAYROYAN, A. K. ATTAPOURI

GENERATION OF CEMENT-SOIL OUT OF LOAMY CLAY OCCURRING  
IN THE TERRITORY OF ABAQABAD CITY (IRAN)

Summary

The article is devoted to the problem of generation of cement-soil out of loamy clay occurring in the territory of Abaqabad City (Iran).

As a result of implemented laboratory tests, it turned out that temporary resistance of maximum pressure is obtained in the case of 7% cement, when humidity is 2% lower than optimum humidity of sample soil. The standard stability of cement-soil with this optimum mixture and humidity is determined after 28 days and it makes up 5,07 MPa, which is only a part of its stability. Particularly, the stability of test soil increases up to 6,07 MPa at 60 days of drying.