



Проектные решения по усилению грунтов основания жилого дома

М.В. Кузнецов, Д.В. Бердичевский

Академия архитектуры и строительства ДГТУ, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье изложено проектное решение по укреплению основания жилого дома армированием грунтов через направленные разрывы, устраиваемые при нагнетании цементогрунтовых растворов. Также описываются опытные работы на площадке строительства, которые позволили скорректировать проект и уменьшить стоимость работ по закреплению.

Ключевые слова: Армирование, грунт, цементогрунт, цементация, направленные гидроразрывы, бурение, скважина, опытные работы.

В связи со сложными инженерно-геологическими условиями участка строительства жилого дома предусмотрено конструктивное решение по укреплению грунтов основания методом цементации через направленные разрывы.

Здание 13-ти этажное, нормальной ответственности, с полным железобетонным каркасом. Фундамент монолитный плитный $h=0,9$ м.

На основании лабораторных исследований грунтов в соответствии с ГОСТ 25100-2011 выделено 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ).

ИГЭ-1. Техногенный насыпной грунт; щебнистый с глинистым заполнителем, неоднородный по составу, мощности и площади распространения, в разной степени слежавшийся.

ИГЭ-2. Глина тяжелая, полутвердой консистенции, с примесью органических веществ, ненабухающая, незасоленная.

ИГЭ-3 Глина легкая, тугопластичная, пылеватая ненабухающая, незасоленная.

Подземные воды имеют повсеместное распространение. Установившийся уровень подземных вод 0,30-2,50м. Среди опасных геологических процессов отмечены подтопление территории подземными водами (категория опасная) и затопление поверхностными при катастрофических паводках.



Проектом предусмотрено выполнить армирование грунтов на глубину 6 м ниже подошвы фундамента с опиранием на слой ИГЭ-3. Армирование выполняется через направленные разрывы, устраиваемые при нагнетании цементогрунтовых растворов согласно [1-4]. Армоэлементы размещены с шагом 1,0 м по всей площади фундамента здания с выносом армированной подушки за габариты фундамента на 1,0 м. Цементацию предусмотрено производить через трубки диаметром 90-120мм, устанавливаемые в теле плитного фундамента. Объем армирующих элементов составляет 5% от общего объема закрепляемого грунта.

Характеристики армированного основания приняты следующие: $R_{ар}=31,7 \text{ т/м}^2$; $E=28,7/29,75 \text{ МПа}$. По результатам расчета осадка фундамента $S=7,82 \text{ см}$., что не превышает предельно допустимых значений, регламентируемых приложением Д СП 22.133302011 для данного типа сооружений.

Согласно требованиям СП 22.133302011, в связи с необходимостью уточнения параметров армированного основания была разработана программа полевых контрольных испытаний статической вдавливающей нагрузкой на площадке строительства с использованием штампа площадью 5000 см^2 [5,6].

Опытные площадки представляют собой 2 фрагмента армированного основания размером 1,5x1,5 м в плане и 6-7 м по глубине. Объем армирующих элементов принят 5 % от объема закрепляемого грунта.

Фрагменты устраивались рядом с фундаментной плитой и, после выдержки и набора прочности в течении 28 суток, нагружались до проектных нагрузок ступенями согласно ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости».

Технологический цикл работ по устройству опытных фрагментов армированного основания включал:



– выемку насыпного слоя до проектных отметок в пределах фрагментов армированного основания;

– бурение скважин диаметром 70 мм на проектную глубину установкой УКБ 12/25 и заполнение их с уплотнением раствором цементогрунта с проектными параметрами.

Работы по испытаниям выполнялись в следующем порядке:

- устанавливался штамп площадью 5000 см², домкрат и грузовая платформа с грузом весом 28 т.

- монтировалась система измерения осадок штампа с установкой прогибомеров системы «Аистова»;

- фиксировался нулевой отсчет и отсчет осадки после стабилизации согласно требованиям ГОСТ;

- производилось нагружение штампа ступенями. На каждой ступени нагрузки производилась фиксация по прогибомерам величины деформации (осадок) штампа с выдержкой во времени до условной стабилизации осадки. Результаты испытаний приведены в таблице №1. Фактическая максимальная нагрузка по подошве опытного фундамента составила 0,3 МПа при величине проектной расчетной/нормативной нагрузки по подошве плитного фундамента 0,27/0,23 МПа.

После проведения испытаний из армированных фрагментов отбирались монолиты грунта и пробы цементогрунтового камня. По монолитам грунта выполнялись компрессионные испытания, пробы цементогрунтового камня испытывались на сопротивление одноосному сжатию.

Результаты расчета модуля общей деформации армированного основания по данным испытания статической вдавливающей нагрузкой приведены в таблице №2.



Таблица №1

Величины деформации штампа

№ опыта	Степень загрузки	Давление по подошве штампа, МПа	Средняя осадка штампа, см
1	1-я	0,05	0,027
	2-я	0,10	0,085
	3-я	0,15	0,156
	4-я	0,20	0,224
	5-я	0,25	0,304
	6-я	0,30	0,366
2	1-я	0,05	0,035
	2-я	0,10	0,095
	3-я	0,15	0,167
	4-я	0,20	0,234
	5-я	0,25	0,317
	6-я	0,30	0,378

Таблица № 2

Результаты расчета модуля деформации армированного основания

№ опыта	Удельное давление, принятое для расчета, σ_{zg} / p_n , МПа	Осадка $S_{\sigma_{zg}} / S_n$, принятая для расчета при σ_{zg} / p_n , см	Модуль общей деформации, рассчитанный по ГОСТ 20276-99, МПа	Среднее значение модуля по ГОСТ 20276-99, МПа	Модуль общей деформации, принятый в проекте при содержании цемента 10%, МПа
1	0,10 / 0,25	0,085 / 0,304	35,9	35,7	28,7
2	0,10 / 0,25	0,095 / 0,317	35,4		

В результате проведенных полевых контрольных испытаний фрагментов армированного основания статическими нагрузками установлено:

1. Параметры исходных компонентов раствора (цемент марки М500, грунт с числом пластичности 0,11), прочность цементогрунта на одноосное сжатие ($R_s = 0,9$ МПа) при 10 % содержании цемента в рабочем растворе соответствуют величинам, заложенным в проекте.



2. Фактическая осадка штампа при нагрузке 0,30 МПа составила 3,66-3,78 мм.

3. Среднее значение модуля общей деформации, полученное в ходе штамповых испытаний фрагментов армированного грунта, составило 35,7 МПа, что превышает значение модуля деформации, заложенного в проекте на 24%.

Проведенные опытные работы позволили принять оптимальное проектное решение по закреплению основания жилого дома, что позволило снизить стоимость работ [7-10].

Литература

1. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Цапкова Н.Н. «Способ подготовки основания». Патент на изобретение № 2122068. Бюллетень изобретений и открытий, № 32, 1998.

2. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Бадеев В.С., Кузнецов М.В. «Способ усиления грунтов и устройство для его осуществления». Патент на изобретение № 2260092. Бюллетень изобретений и открытий, № 25, 2005.

3. Исаев Б.Н., Белоключевский В.В., Бадеев С.Ю. «Способ закрепления лессовых просадочных грунтов и иньектор для его осуществления». Авт. свид. № 1444473. Бюллетень изобретений и открытий, № 46, 1988.

4. «Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из цементогрунта». НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова, Москва, 1986. 70 С.

5. Ибрагимов М.Н. Вопросы проектирования и производства уплотнения грунтов инъекцией растворов по гидроразрывной технологии // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 2. С. 22-27.

6. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Логутин В.В., Кузнецов М.В. Проектирование оснований, усиленных структурными армоэлементами из цемента-грунта //



Инженерный вестник Дона, 2011, №1 URL:
ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/336.

7. Дежина И.Ю. Выбор метода преобразования лессовых грунтов Ростовской области с учетом различных факторов // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.

8. Абрамова Т.Т., Валиева К.Э. Упрочнение грунтов цементными растворами с использованием методов высоконапорной инъекции // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи Юбилейная конференция, посвященная 25-летию образования ИГЭ РАН. 2016. С. 14-18.

9. M.N. Ibragimov, "Characteristics of soil grouting by hydro-jet technology, " SoilMechanics and Foundation Engineering, vol. 50, no. 5, pp. 200-205, 2013.

10. Kim B.J., Choi H. Estimation on the field application for in-site recycling of the wastes soil from preboring. Advances in materials science and engineering. Inst. 2016. 2048023 p.

References

1. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Tsapkova N.N. «Sposob podgotovki osnovaniya» [The method of preparing the base]. Patent na izobretenie № 2122068. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 32, 1998.

2. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Badeev V.S., Kuznetsov M.V. «Sposob usileniya gruntov i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya» [A method of enhancing the soil and device for its implementation]. Patent na izobretenie № 2260092. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 25, 2005.

3. Isaev B.N., Beloklyuchevskiy V.V., Badeev S.Yu. «Sposob zakrepleniya lessovykh prosadochnykh gruntov i in"ektor dlya ego osushchestvleniya» [The method of fastening the loess subsidence of soils and the injector for its implementation]. Avt. svid. № 1444473. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 46, 1988.



4. «Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu fundamentov iz tsementogrunta» [Recommendations for the design and construction of the foundations of cementsoil]. NII osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy im. N.M. Gersevanova, Moskva, 1986. 70p.

5. Ibragimov M.N. Voprosy proektirovaniya i proizvodstva uplotneniya gruntov in"ektsiey rastvorov po gidrorazryvnoy tekhnologii. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2015. № 2. p. 22-27.

6. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Logutin V.V., Kuznetsov M.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/336.

7. Dezhina I.Yu. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.

8. Abramova T.T., Valieva K.E. Sergeevskie chteniya. Inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi Yubileynaya konferentsiya, posvyashchennaya 25-letiyu obrazovaniya IGE RAN. 2016. p. 14-18.

9. M.N. Ibragimov, SoilMechanics and Foundation Engineering, vol. 50, no. 5, pp. 200-205, 2013.

10. Kim B.J., Choi H. Estimation on the field application for in-site recycling of the wastes soil from preboring. Advances in materials science and engineering. Inst. 2016. 2048023 p.