УДК 624.159.4

О.А. Маковецкий, С.С. Зуев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

ОАО «НЬЮ ГРАУНД», Пермь, Россия

УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ СТРОЯЩЕГОСЯ ЗДАНИЯ СВАЯМИ, ВЫПОЛНЯЕМЫМИ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТА

В геотехническом строительстве достаточно часто встречаются ситуации, когда в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений изменяются (повышаются) нагрузки на существующие фундаменты. В этом случае требуется грамотный прогноз развития геотехнической ситуации и принятие мер по усилению фундаментов. Опыт действий в такой ситуации приведен в данной статье.

Ключевые слова: механическая безопасность, геотехнический прогноз, высоконагруженные сваи, струйная цементация грунта.

O.A. Makovetskii, S.S. Zuev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation
“NEW GROUND”, Perm, Russian Federation

REINFORCING THE FOUNDATION OF A BUILDING UNDER CONSTRUCTION WITH PILES, EXECUTED USING THE 'JET GROUTING' TECHNOLOGY

In geotechnical construction quite commonly appear situations, where during construction and operation of buildings and facilities the loads on the existing foundations change and increase. In this case, it is required to perform a competent analysis of the geotechnical situation and take the measures for strengthening the foundation. The experience of actions in aforementioned situation is described in this publication.

Keywords: mechanical safety, geotechnical analysis and forecast, highly loaded piles, jet grouting.

Характеристика объекта. Неоконченное строительством здание многофункционального делового комплекса расположено по адресу: г. Москва, Рязанский пр., 20. Габаритные размеры здания 128×96 м. Основные несущие конструкции здания – монолитные железобетонные. Колонны выполнены по сетке 8,0×8,0 м. В качестве фундамента

здания выполнена монолитная железобетонная фундаментная плита толщиной от 500 до 1000 мм. В настоящее время выполнен подземный этаж здания и часть надземного этажа.

В геологическом строении площадки строительства принимают участия четвертичные техногенные и аллювиальные отложения. Литологическое строение площадки: насыпные грунты, мощность 2,8–3,5 м; пески мелкой и средней крупности, вскрытая мощность 15,2–18,3 м. Грунтовые воды встречаются в слое песков средней крупности на глубине 7,7–7,8 м от поверхности.

Геотехническая ситуация. В связи с изменением назначения здания и его этажности увеличился комплекс нагрузок на фундаментную конструкцию. Существующие фундаментные плиты не обеспечивают требуемый характер распределения напряжений на грунтовое основание и нормативную величину разности осадок. Было принято решение усилить существующие фундаменты сваями, выполняемыми по технологии струйной цементации грунта [1]. На рис. 1 представлен фрагмент свайного поля усиления, на рис. 2 – характерное сечение с конструкцией усиления. Общее количество свай усиления – 1070 шт. Нагрузка на одну сваю 200–220 тс. Проектная длина свай – 10,0 м.

Рис. 1. Фрагмент плана свайного поля

Рис. 2. Характерное сечение со сваей

Сваи выполняются буровой установкой Veretta Т-43 по схеме Jet-1, с расходом цемента 350–450 кг на 1 м погонной длины. Расчетный диаметр сваи – 600 мм. Для восприятия осевой вдавливающей нагрузки сваи армируются центральным сердечником – труба 159×6 мм, нижнее сечение трубы заглушено, после погружения сердечника он заполняется пескобетоном М300. Пространство между сердечником и фундаментной плитой чеканится бетоном на мелком заполнителе. После набора прочности оголовков сваи опрессовывается цементно-

песчаным раствором НЦ-500 под давлением 2 атм для обеспечения совместной работы конструкции усиления с существующим фундаментом.

Техническое решение. В местах устройства свай усиления в существующей фундаментной плите устраиваются сквозные технологические отверстия диаметром 240 мм. Бурение выполняется алмазными коронками станком HILTI DD-200. Общий объем бурения – 898 м погонной длины.

Рис. 3. Опресовка оголовка сваи

Рис. 4. Проходка технологического отверстия

Рис. 5. Выполнение грунтобетонной сваи

Геотехнический мониторинг. В научно-технической литературе по вопросам геотехнического строительства сложилось достаточно скептическое мнение о возможности использования грунтобетонных элементов в качестве высоконагруженных свай. В связи с этим для

подтверждения обоснованности принятого технического решения проведены статические испытания свай вдавливающей нагрузкой. Была выполнена серия испытаний свай длиной 8,0; 10,0; 12,0 м. Схема проведения испытаний показана на рис. 6, 7; ход испытаний – на рис. 8, 9.

Рис. 6. Схема проведения испытаний

Рис. 7. Схема нагружающей системы

Рис. 8. Монтаж нагружающей системы

Рис. 9. Проведение статических испытаний

В качестве силовой конструкции использовалась сборная 12-метровая стальная балка индивидуального изготовления. В качестве анкерной системы выполнены шесть грунтобетонных свай длиной 10 м с сердечником из металлической трубы. Балка соединялась с анкерными сваями через опорные узлы, выполненные на сварке.

Вдавливающая нагрузка на сваю передавалась через опорную плиту с помощью двух гидравлических домкратов ДГ-200. Величина усилия контролировалась по давлению в гидравлической системе согласно тарировочной зависимости. Вертикальные перемещения фиксировались с помощью прогибомеров 6ПАО.

Рис. 10. Графики статических испытаний сваи длиной 8,0 м:
 а – зависимость осадки от нагрузки ($S = f(P)$);
 б – зависимость осадки во времени от нагрузки ($S = f(t)$);

Рис. 11. Графики статических испытаний сваи длиной 10,0 м:
 а – зависимость осадки от нагрузки ($S = f(P)$);
 б – зависимость осадки во времени от нагрузки ($S = f(t)$);

Предельная нагрузка для испытаний была принята 300 тс, ступень нагружения – 30 тс. За критерий условной стабилизации деформаций принята скорость развития деформаций – 0,1 мм за 2 ч. За критерий достижения несущей способности сваи – развитие абсолютной осадки, превышающей 40 мм. Требуемую по проекту несущую способность показали сваи длиной 10 и 12 м. Графики испытания сваи длиной 8 и 10 м приведены на рис. 10, 11 соответственно.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность использования грунтобетонных элементов в качестве высоконагруженных свай, работающих на вдавливающую нагрузку. Требуемая несущая способность сваи обеспечена как по грунту, так и по прочности конструктивного элемента.

Заключение. Методы полевого контроля получаемых характеристик грунтобетонных элементов разработаны и опробованы на ряде аналогичных объектов [2]. Но наиболее показательным методом контроля являются натурные испытания, подтверждающие правильность принятых инженерных решений и качество выполненных работ по усилению существующих фундаментных конструкций.

Рассмотренный метод обеспечения геотехнической безопасности зданий и сооружений при помощи устройства дополнительных грунтобетонных свай, положения проектирования, производства работ и контроля их качества являются одной из основных составляющих разрабатываемого в настоящее время технического регламента на применение технологии струйной цементации грунта.

Библиографический список

1. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В.А. Ильичева, Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014.
2. Маковецкий О.А, Зуев С.С., Хусаинов И.И. Применение струйной цементации для устройства подземных частей комплексов // Жилищное строительство. – 2013. – № 9. – С. 10–14.

References

1. Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya [Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures]. Moscow: Assotsiatsiya stroitel'nykh vyzov, 2014, 728 p.

2. Makovetskiy O.A., Zuev S.S., Khusainov I.I. *Primenenie struynoj tsementatsii dlya ustrojstva podzemnykh chastej kompleksov* [Application of jet grouting to build substructures of the housing estate]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 2013, no. 9, pp. 10-14.

Сведения об авторах

Маковецкий Олег Александрович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: oleg-mak@inbox.ru

Зуев Станислав Сергеевич (Пермь, Россия) – заместитель директора ООО «Нью-граунд».

About the authors

Makovetskii Oleg Aleksandrovich (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: oleg-mak@inbox.ru

Zuev Stanislav Sergeevich (Perm, Russian Federation) – Deputy Director, "New Ground".

Получено 10.04.2014