

УДК 621.88+624.078

В.Л. Кубецкий, Д.И. Калеев

ГУП «НИИМосстрой»

ВЛИЯНИЕ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ БОРТОВ КОТЛОВАНА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Анкерное крепление котлованов позволяет существенно повысить технологичность и значительно снизить стоимость устройства подземной части зданий.

При проектировании глубоких котлованов с использованием анкерного крепления встает вопрос о влиянии их устройства на дополнительные деформации зданий окружающей застройки. В ряде случаев корни анкеров могут быть заведены непосредственно под существующие здания.

На конкретном примере устройства крепления котлована с использованием активных анкеров — РИТ [1] представлена расчетная оценка дополнительных деформаций зданий, расположенных в непосредственной близости от котлована. Рассмотрено влияние устройства анкерного крепления на два здания, попадающих в зону влияния работ, под фундаменты которых заведены корни анкеров.

Ключевые слова: анкерное крепление, борта котлована, деформации, фундаменты, анкеры-РИТ.

Рассматриваемый котлован запроектирован под 8-ми этажное административное здание с 3-х уровневой подземной автостоянкой. Здание расположено в Западном округе г. Москвы. Размеры котлована в плане 37,6×31,3, глубина — 11,45 м.

Ограждение котлована запроектировано в виде «стены в грунте» совершенного типа толщиной 600 мм. Предусмотрено заглубление «стены в грунте» ниже дна котлована на 6,25 м в пылевато-глинистые грунты твердой консистенции. В связи с высоким уровнем грунтовых вод, превышающим отметку дна котлована на 8 м, ограждение котлована является одновременно и противодиффузионной завесой. Крепление ограждения котлована запроектировано комбинированным способом — грунтовыми анкерами-РИТ и распорными конструкциями.

Активные грунтовые анкеры-РИТ запроектированы с установкой в 2-х уровнях. На двух участках анкеры-РИТ расположены под существующими зданиями. Длина анкеров 1-го яруса — 22 м (в т.ч. корень анкера 6,0 м), шаг расстановки анкеров составляет 2 м. Анкеры устанавливаются под углом от 20 до 30° к горизонту, натяжение — 330 кН. Длина анкеров 2-го яруса 18 м (в т.ч. корень анкера 8 м), шаг расстановки анкеров составляет 2,4 м. Анкеры устанавливаются под углом от 25 до 35° к горизонту, натяжение — 550 кН.

Участок проектируемого строительства в геоморфологическом отношении расположен на пологоволнистой поверхности второй надпойменной террасы р. Москвы. Абсолютные высотные отметки поверхности земли составляют 137,0...138,5 м.

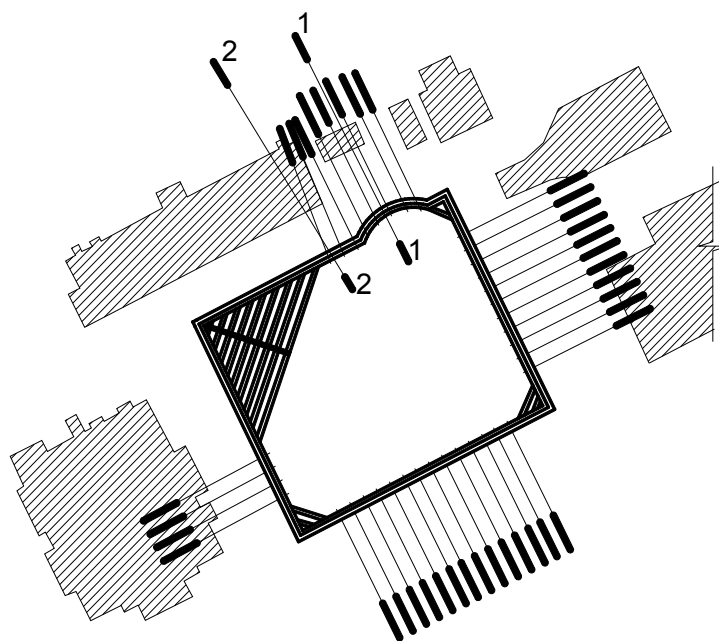
В геологическом строении площадки до разведанной глубины 30 м имеются следующие отложения: современные техногенные; верхнечетвертичные аллювиальные; верхнего и среднего отделов юрской системы; ратмировской подсветы верхнего отдела каменноугольной системы.

Первый от поверхности водоносный горизонт вскрыт на глубине 3,2...3,5 м (абсолютные отметки 134,3...134,6 м). Водовмещающими породами являются аллювиальные пески, нижним водоупором — глины титонского яруса.

Оценка влияния устройства анкеров проводилась на два одноэтажных нежилых здания, попадающих в зону влияния разработки котлована. Здания построены в середине XX в.

По данным обследования первое здание имеет размеры в плане — $7,5 \times 7,0$ м. Фундаменты здания ленточные, выполнены из каменных блоков и бутовой кладки. Глубина заложения фундаментов от поверхности земли 2,1 м. Основанием служит песок средней крупности и плотности, малой степени водонасыщения. Здание отнесено к III категории технического состояния. Второе здание имеет размеры в плане — $39,6 \times 11,7$ м. Фундаменты здания ленточные, выполнены из кирпичной и бутовой кладки. Глубина заложения фундаментов от поверхности земли 1,25...2,05 м. Основанием служат пески средней крупности и плотности, малой и средней степени водонасыщения, а также суглинок полутвердый. Здание отнесено к IV категории технического состояния.

План участка с размещением котлована и зданий окружающей застройки представлен на рис. 1.



- 1 — расчетное сечение 1-1
2 — расчетное сечение 2-2

Рис. 1. План участка строительства

Оценка влияния строительных работ на изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива выполнена с помощью математического моделирования на ЭВМ методом конечных элементов с использованием нелинейной геомеханической модели грунта по программе PLAXIS V8 [2].

Целью расчетов являлось прогнозирование деформаций конструкций зданий, попадающих в зону влияния нового строительства только от устройства анкерного крепления.

Расчет по геотехнической программе PLAXIS V8 производился в плоской постановке.

Математическое моделирование выполнялось следующими этапами:

загрузка расчетной области собственным весом грунта и определение начального напряженно-деформированного состояния грунтового массива;

моделирование напряженно-деформированного состояния массива грунта при введении в расчетную область элементов инженерных сооружений;

моделирование напряженно-деформированного состояния массива грунта при введении в расчетную область ограждения котлована в виде «стены в грунте»;
 раскрытие котлована до проектной отметки устройства 1-го уровня анкерного;
 моделирование устройства и натяжения 1-го уровня анкерного крепления;
 раскрытие котлована до проектной отметки устройства 2-го уровня анкерного крепления;
 моделирование устройства и натяжения 2-го уровня анкерного крепления.

Деформации существующих зданий и изменение напряженно-деформированного состояния грунтового массива на этапах устройства анкеров крепления бортов котлована представлены на рис. 2 и 3. В табл. 1 и 2 представлены результаты расчетов.

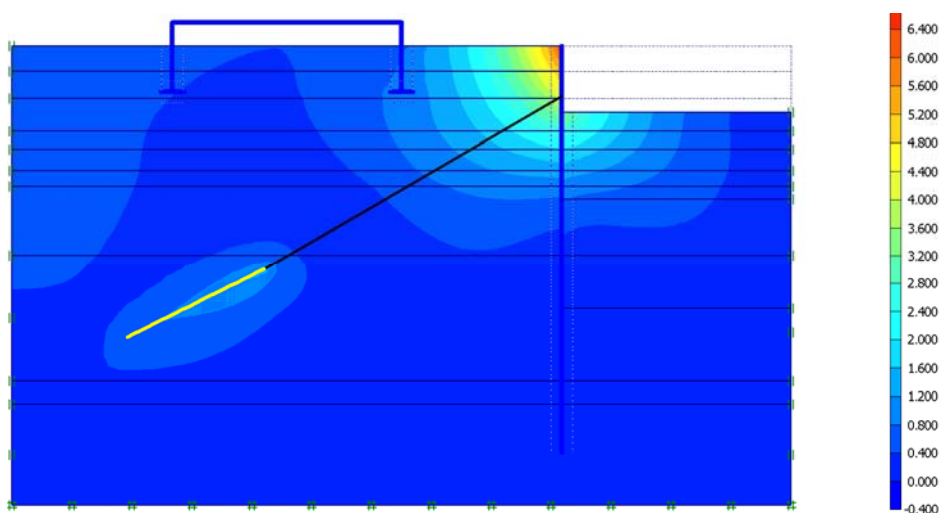


Рис. 2. Сечение 1—1. Установка 1-го яруса анкеров. Изменение деформационного поля за этап

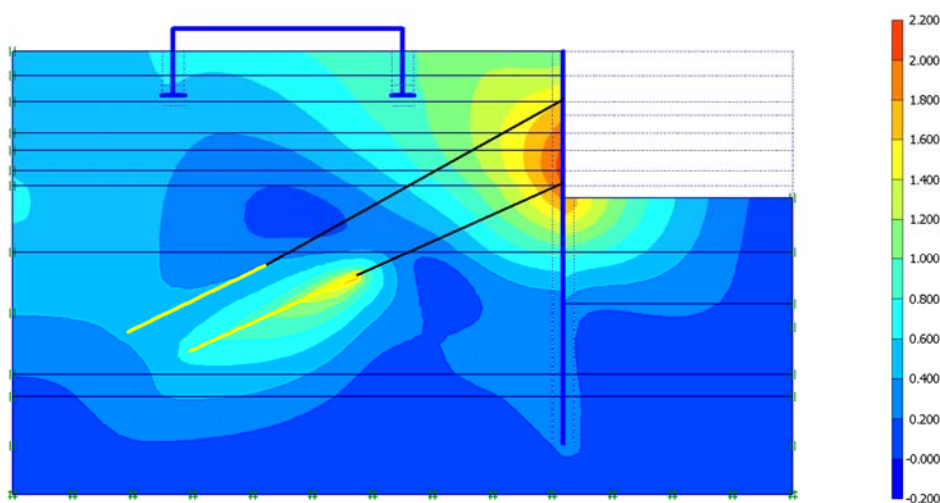


Рис. 3. Сечение 1—1. Установка 2-го яруса анкеров. Изменение деформационного поля за этап

Табл. 1. Результаты расчета для 1-го здания

Этап расчета	Наименование показателей	Результаты расчета в PLAXIS V8
Установка 1-го яруса анкеров	Перемещение корня анкера 1-го яруса, см	0,12
	Расчетная осадка (подъем) фундамента здания, ближайшего к котловану*, см	-0,049
	Расчетная осадка (подъем) фундамента здания, наиболее удаленного от котлована*, см	-0,036
Установка 2-го яруса анкеров	Перемещение корня анкера 1-го яруса, см	0,05
	Перемещение корня анкера 2-го яруса, см	0,17
	Расчетная осадка (подъем) фундамента здания, ближайшего к котловану*, см	+0,034
	Расчетная осадка (подъем) фундамента здания, наиболее удаленного от котлована*, см	-0,044

Примечание. * — осадка фундамента здания — значение со знаком «-»; подъем фундамента со знаком — значение со знаком «+».

Анализ данных расчетного исследования для 1-го здания показывает, что на этапе установки и натяжения 1-го яруса анкеров происходят небольшие, в пределах 0,04...0,05 см дополнительные осадки фундаментов существующего здания, а при устройстве 2-го яруса анкеров — небольшой 0,034 см подъем фундамента, расположенного со стороны котлована.

Табл. 2. Результаты расчета для 2-го здания

Этап расчета	Наименование показателей	Результаты расчета в PLAXIS V8
Установка 1-го яруса анкеров	Перемещение корня анкера 1-го яруса, см	0,18
	Расчетная осадка фундамента существующего здания ближайшего к котловану*, см	-0,058
	Расчетная осадка наиболее удаленного от котлована фундамента существующего здания*, см	-0,043
Установка 2-го яруса анкеров	Перемещение корня анкера 1-го яруса, см	0,05
	Перемещение корня анкера 2-го яруса, см	0,17
	Расчетный подъем фундамента существующего здания ближайшего к котловану*, см	+0,039
	Расчетная осадка наиболее удаленного от котлована фундамента существующего здания*, см	-0,050

Примечание. * — осадка фундамента здания — значение со знаком «-»; подъем фундамента со знаком — значение со знаком «+».

Анализ данных расчетного исследования для 2-го здания показывает, что на этапе установки и натяжения 1-го яруса анкеров происходят небольшие, в пределах 0,04...0,05 см дополнительные осадки фундаментов существующего здания, а при устройстве 2-го яруса анкеров отмечен небольшой подъем, в пределах 0,04 см, фундамента ближайшего к котловану.

В 2006—2007 гг. в Восточном административном округе г. Москвы возводился жилой дом с подземной автостоянкой переменной этажности. Основанием фундаментной плиты строящегося здания служат полутвердые моренные суглинки. Глубина котлована от 9 до 10 м.

Несущим элементом шпунтового ограждения котлована являлись трубы Ø325x8. Для крепления шпунтового ограждения были предусмотрены активные грунтовые анкеры-РИТ, устанавливаемые в 2 яруса. В зоне влияния котлована, вдоль одного из его бортов, на расстоянии 14,5 м расположен жилой 5-ти этажный дом. Корни анкеров длиной 16 м заканчиваются в плоскости фундамента под существующим зданием. Геотехническая экспертиза проектных решений устройства ограждения котлована строящегося жилого дома, выполненная ГУП «НИИМосстрой» в 2006 г. [3], показала, что прогнозируемая максимальная дополнительная осадка расположенного рядом с котлованом жилого дома не превышает 2,2 см, относительная разность осадок — 0,0008.

Лаборатория № 14 НИИОСП под руководством А.Б. Мещанского проводила на объекте деформационный мониторинг [4]. Было установлено, что после устройства и натяжения 2-х ярусов анкеров-РИТ усилием 28 и 36 т на анкер в период с 14.11.06 по 02.12.06 г. был отмечен небольшой подъем фундамента существующего здания на 0,4...0,6 мм. Данный пример подтверждает, что использование активных анкеров — РИТ для крепления ограждения котлована, при определенных условиях, не оказывает существенного влияния на дополнительные осадки зданий, расположенных в зоне влияния строительных работ.

Общий анализ результатов расчетного исследования и результатов натурных наблюдений на реальном объекте показывает, что при определенных геотехнических условиях использование анкерного крепления котлованов выполняемого с использованием разрядно-импульсной технологии (РИТ) обеспечивает сохранность зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния строительных работ.

При использовании анкеров-РИТ для обеспечения устойчивости бортов котлована следует проводить расчетные исследования для оценки дополнительных вертикальных перемещений расположенных рядом зданий с учетом инженерно-геологических условий строительной площадки.

Библиографический список

1. ТР 50-180—06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (свай-РИТ). М., 2006.
2. Plaxis версия 8. Справочное руководство. М., 2006.
3. ГУП «НИИМосстрой». Заключение по результатам геотехнической экспертизы проектных решений по устройству ограждения котлована строящегося жилого дома с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, ВАО, Измайлово, квартал 26, 10-я Парковая ул., вл. 20. Москва, 2006.
4. НИИОСП им. Н.М. Герсевича. Филиал ФГУП НИЦ «Строительство». Научно-технический отчет. Дополнительное обследование технического состояния жилого дома № 44 по ул. Верхняя Первомайская в г. Москве, попадающего в зону влияния строительства жилого дома с подземной автостоянкой по адресу: 10-я Парковая ул., вл. 20. М., 2007.

Поступила в редакцию в апреле 2012 г.

Об авторах: **Кубецкий Валерий Леонидович** — доктор технических наук, профессор, руководитель центра мониторинга строительства зданий и сооружений, оснований и фундаментов, **Научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП «НИИМосстрой»)**, г. Москва, 119192, Винницкая, д. 8, 499 739-30-43, fundament2009@yandex.ru;

Калеев Денис Иванович — инженер, **Научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП «НИИМосстрой»)**, г. Москва, 119192, Винницкая, д. 8, fundament2009@yandex.ru.

Для цитирования: *Кубецкий В.Л., Калеев Д.И.* Влияние анкерного крепления бортов котлована на дополнительные деформации существующих зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 246—251.

V.L. Kubetskiy, D.I. Kaleev

INFLUENCE OF PIT WALL ANCHORAGE ONTO ADDITIONAL DEFORMATIONS OF EXISTING BUILDINGS

Anchored pit walls contribute to substantial improvement of the technological effectiveness of subterranean sections of buildings and to considerable reduction of their cost.

The issue of influence of anchorages onto supplementary deformations of adjacent buildings is to be resolved in the course of designing of deep anchored pits. In some cases, anchors can be installed immediately underneath the existing buildings.

Assessment of additional projected deformations of buildings located in close proximity to pits is exemplified by the specific structure of the pit support system that has active PIT [1] anchors. The authors also consider the influence produced by the structure of anchors onto the two buildings located within the area of influence of the excavation works and protected by the anchors installed underneath the foundations of the two adjacent buildings.

Key words: anchorage, pit walls, deformations, foundations, PIT anchors.

References

1. TR 50-180—06. *Tekhnicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu svaynykh fundamentov, vypolnyaemykh s ispol'zovaniem razryadno-impul'snoy tekhnologii dlya zdaniy povyshennoy etazhnosti (svai-RIT)* [TR 50-18-06. Technical Recommendations Regarding Design Development and Construction of Pile Foundations Made through the Application of the Electric Discharge Technology to High-Rise Buildings (RIT Piles)]. Moscow, VEK Publ., 2006, 68 p.
2. Plaxis Software Version 8. *Spravochnoe rukovodstvo* [Reference Manual]. Moscow, 2006.
3. GUP «NIIMosstroy». *Zaklyuchenie po rezul'tatam geotekhnicheskoy ekspertizy pro-ektnykh resheniy po ustroystvu ograzhdeniya kotlovana stroyashchegosya zhilogo doma s podzemnoy avtostoyankoy po adresu: g. Moskva, VAO, Izmaylovo, kvartal 26, 10-ya Parkovaya ul., vl. 20*. [State Unitary Enterprise Scientific Research Institute of Moscow Construction "Opinion Based on Geotechnical Examination of Design Solutions for the Shoring of the Pit of the Future Residential House and the Subterranean Parking Lot at: Block 26, Izmaylovo, 20 10th Parkovaya St., Moscow, Eastern Administrative District". Moscow, 2006.
4. NIIOSP im. N.M. Gersevanova. *Filial FGUP NITs «Stroitel'stvo». Nauchno-tekhnicheskii otchet. Dopolnitel'noe obsledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya zhilogo doma № 44 po ul. Verkhnyaya Pervomayskaya v g. Moskve, popadayushchego v zonu vliyaniya stroitel'stva zhilogo doma s podzemnoy avtostoyankoy po adresu: 10-ya Parkovaya ul., vl. 20* [Scientific and Research Institute of Beddings and Subterranean Structures named after N.M. Gersevanov. Branch of Federal State Unitary Enterprise "Construction Research Center". Technological Research Report. Supplementary examination of the technical condition of Residential House № 4, Verkhnyaya Pervomayskaya st., Moscow, located within the area of influence of a new construction site of a residential house and a subterranean parking lot]. Moscow, 2007.

About the authors: **Kubetskiy Valeriy Leonidovich** — Professor, Doctor of Technical Sciences, **Scientific Research Institute of Moscow Construction (NII Mosstroj)**, 8 Vinnitskaya St., Moscow, 119192, Russian Federation; fundament2009@yandex.ru; +7 (499) 739-30-43;

Kaleev Denis Ivanovich — engineer, **Scientific Research Institute of Moscow Construction (NII Mosstroj)**, 8 Vinnitskaya St., Moscow, 119192, Russian Federation; fundament2009@yandex.ru.

For citation: Kubetskiy V.L., Kaleev D.I. *Vliyaniye ankernogo krepleniya bortov kotlovana na dopolnitel'nye deformatsii sushchestvuyushchikh zdaniy* [Influence of Pit Wall Anchorage onto Additional Deformations of Existing Buildings] *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 4, pp. 246—251.