

ПРИМЕРЫ ИНЪЕКЦИОННОГО УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Игнатов С.В.

ГИП Государственное предприятие "Институт "Белжелдорпроект"
г. Минск, Республика Беларусь

АНОТАЦІЯ: В статті описано процеси, що відбуваються в ґрунті, наведено загальні відомості та приклади використання буроін'єкційної технології для підсилення основ плитних підвалів пам'ятників архітектури.

АННОТАЦИЯ: В статье описаны процессы, происходящие в грунте, приведены общие сведения и примеры применения буроинъекционной технологии для усиления оснований плитных фундаментов памятников архитектуры.

ABSTRACT: The soil processes, general data and examples of CFA technology application for strengthening of the bases of architecture memorial panel-wall foundations are described in paper.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: буроинъекционная технология, скважина, основание фундамента.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время строительная отрасль Республики Беларусь решает важную задачу обеспечения надежной и безопасной эксплуатации оснований и фундаментов реконструируемых и модернизируемых зданий и сооружений. Особенно актуально эта задача стоит при проведении ремонтно-восстановительных работ зданий, являющихся памятниками архитектуры. Причинами проведения реконструкции таких сооружений чаще всего является наличие дефектов в строительных конструкциях, а также изменение функционального назначения с увеличением нагрузок на основания и фундаменты.

Началом внедрения буроинъекционной технологии в Республике Беларусь можно считать 1980 год, когда были впервые применены буроинъекционные анкеры для крепления подпорных стен на ул. Харьковская в г. Минске. Авторами проектов и научного сопровождения первых работ явились Ю.А. Соболевский и М.И. Никитенко.

Так как большинство исторических памятников находится в плотной городской застройке, то проведение большого объема земляных работ для усиления оснований и фундаментов не предоставляется возможным. С развитием бурового и инъекционного оборудования буроинъекционная технология начала приобретать все большее распространение не только для устройства свай, но и для вышеназванных задач по цементационному закреплению оснований при реконструкции и модернизации существующих зданий и сооружений в целях повешения несущей способности оснований, а также предотвращения таких опасных геологических процессов, как осадки, просадки и т. д.

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ГРУНТЕ

Первоначально считалось, что при закачке цементного раствора в грунт происходит его пропитка, в результате чего образуется новый материал «грунто-цемент». Это предположение стало причиной того, что в начальный период своего существования инъекционная цементация применялась для заполнения крупных пустот в скальных массивах и для снижения фильтрации под плотинами.

Предположение о пропитке было опровергнуто Камбефором, который на основании анализа результатов опытных раскопок заинъецированных тел показал, что инъекционные растворы только спрессовывают грунт, а не пропитывают все поры.

За счет нагнетания в скважину или в пустоты грунта цементного или цементно-песчаного раствора под давлением происходит опрессовка окружающего массива с вытеснением его в стороны, увеличение поперечного сечения полости, и как следствие, изменение физико-механических свойств грунта, окружающего полость, возрастает доля контактной сопротивляемости грунта сдвигу вдоль боковой поверхности заинъецированных тел, возрастает лобовое сопротивление для пят свай и анкеров.

Выявленные значительные отличительные особенности инъекции в песчаных и глинистых грунтах заключаются в том, что в связных грунтах возникают разрывы, в которые происходит утечка растворов, а в несвязном однородном грунте, обладающим низким коэффициентом фильтрации, расширение скважины в радиальном направлении происходит достаточно равномерно вдоль буровой скважины. Величина опрессовки зависит от начального состояния грунта, его физических, механических и деформа-

ционных характеристик, и «чем ниже качество грунта, тем эффективнее использование инъекции» [Камбефор].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В связи с тем, что в Беларуси для решения геотехнических задач по упрочнению оснований эта технология применяется только исходя из практического опыта проектировщика, нами был выполнен ряд полевых исследований по изучению изменчивости свойств грунтов, за счет инъекции цементного раствора в скважины. При контролируемой инъекции под давлением 150 кПа в однородных грунтах было установлено, что сопротивление грунтов динамическому зондированию возрастало с увеличением времени от момента инъектирования и уменьшалось в радиальном направлении от оси заинъектированного тела. Известно, что при увеличении сопротивления зондированию происходит и увеличение прочностных характеристик грунта (угла внутреннего трения и сцепления). Так, условное динамическое сопротивление супеси в радиальном направлении в уровне центра заинъектированного тела изменяется с 9 МПа (на границе инъекционного тела) до 6,0 МПа на удалении от него. Данному изменению соответствует уменьшение угла внутреннего трения с 29 ° до 28 °, удельного сцепления – с 40 кПа до 36 кПа. Для песков средних прочностей на границе инъекционного тела в радиальном направлении происходит существенное снижение сопротивления динамическому зондированию: с 6 МПа (на границе инъекционного тела) до 3,0 МПа на удалении от него. При этом происходит уменьшение угла внутреннего трения с 35,5 ° до 33°, а сцепления с 1,2 кПа до 0,0 кПа.

ПРИМЕРЫ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ

1. Нарушение технологии производства работ по усилению ленточных фундаментов на объекте «Реконструкция здания Государственного архива, расположенного по адресу: г. Минск, ул. Кирилла и Мефодия, д. 4» привело к замачиванию грунта под подошвой фундаментов, что стало причиной возникновения критических осадок фундаментов, возникновению в кирпичных сводах трещин с шириной раскрытия до 85 мм (рис. 1).

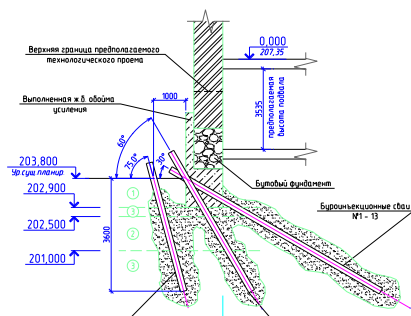
Здание государственного архива является памятником архитектуры и датируется серединой второй половины XVII века. За все время существования оно эксплуатировалось, как костел, казарма, комендатура и архив. Здание сложной формы в плане и представляет собой одноапсидный трехнефный базиликальный храм с максимальными размерами по наружным габаритам – 47,66 х 26,60 м. Его несущие продольные

наружные и внутренние стены и столбы выполнены кирпичными. Толщина кладки у наружных стен более 1,05 м, а у внутренних поперечных стен и ограждения лестничной клетки составляет 250, 380, 510 мм.

В результате инженерно-геологических изысканий определено, что в основании ленточных фундаментов под наружными сильно деформированными стенами здания залегает песок гравелистый средней прочности с характеристиками: $\gamma_{II} = 17,1 \text{ кН/м}^3$; $c_{II} = 1 \text{ кПа}$; $\varphi_{II} = 38^\circ$; $E = 42 \text{ МПа}$. Мощность этого несущего слоя составляет 0,4 м, который подстилает слой супеси моренной пластичной консистенции.



б



а – дефекты кирпичного свода; б - проектное решение усиления оснований
Рис. 1. Здание государственного архива

Наиболее быстрое и надежное упрочнение грунтов основания и стабилизацию осадок здания обеспечила буроинъекционная технология. Проектом была предусмотрена закачка цементного раствора под подошвы существующего ленточного фундамента через наклонные скважины, в которых была создана веерообразная система буроинъекционных свай (рис. 1).

2. Еще одним из примеров применения буроинъекционной технологии может стать объект «Реконструкция усадьбы Ваньковичей». Пятно застройки здания имеет уклон к берегу реки Слепянки, перепад высот вдоль здания составляет 2...2,5 м (рис. 2).

При наличии уклона земли в сторону реки Слепянки глубина заложения фундаментов от уровня планировки в восточной части составляет 400...500 мм, а с наружной стороны здания у западного фасада – 2500...3000 мм.

Фундаменты здания выполнены бутовыми, в основном без уширения подошвы. Под фундаментом залегает насыпной слой из песков

крупных и гравелистых с незначительной примесью строительного мусора с мощностью насыпного слоя 2,6...3,6 м. Грунтовые воды вскрыты на глубине 3,3...4,2 м.

Условное сопротивление погружению зонда не упроченного грунта составляет $R_d = 2,0 \text{ МПа}$, $\varphi_n = 34^\circ$; $E = 14,0 \text{ МПа}$; $\gamma_n = 16,1 \text{ кН/м}^3$. Насыпные песчаные грунты подстилаются супесью моренной прочной ($\gamma_n = 22,0 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_n = 27^\circ$; $c_n = 31 \text{ кПа}$; $E = 20,0 \text{ МПа}$).

При наличии неорганизованного отвода атмосферной воды от стен здания и технологических протечек произошло ухудшение свойств грунтов оснований и возникли суффозионные полости под подошвами ленточных фундаментов.



Рис. 2. Боковой фасад здания

Для сохранения существующего здания и обеспечения возможности его надстройки было выполнено цементационное упрочнение грунтов оснований. Наклонные скважины для инъекции бурились шнеком $\text{Ø}150 \text{ мм}$ и в них погружались иньектора $\text{Ø} 32 \text{ мм}$. Раствор закачивали с максимальным давлением 500 кПа до отказа. Контрольное динамическое зондирование на данном объекте выполнялось через 2 года после инъекционного упрочнения грунтов оснований с целью определения изменения физико-механических свойств грунта за счет опрессовки и сохранения достигнутого эффекта во времени.

Изменение сопротивления зондированию представлено на рис. 3, где заштрихованная зона отражает величину повышения условного сопротивления динамическому зондированию между неуплотненным и уплотненным грунтом. В итоге проведенных исследований выявлено, что влияние инъекции сохраняется во времени, причем эффект упрочнения грунтов увеличивается по глубине скважин.

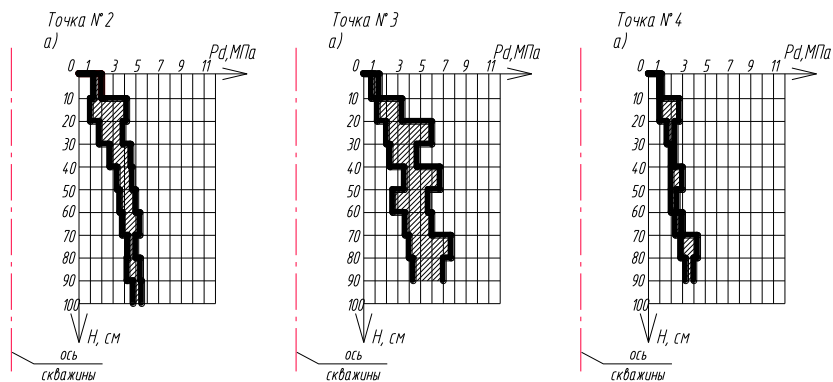


Рис. 3. Результаты зондирования грунтов

3. Примером инъекционного усиления оснований плитных фундаментов может стать объект «Капитальный ремонт штаб-квартиры НОК в г. Бобруйске», расположенный по адресу: г. Бобруйск, ул. Пушкина, 211.

Пятно застройки приурочено к флювиогляциальной равнине, поверхность ровная, разность высот по периметру составляет 0,15 м. В геологическом строении принимают участие современные техногенные отложения голоценового горизонта (пески разноразмерные с включением строительных отходов, мощностью 0,7...2,7 м); флювиогляциальные отложения сожского горизонта (пески мелкие, местами глинистые желтого цвета, максимальной мощностью слоев 0,9 метра); моренные отложения сожского горизонта (супеси бурого цвета с включением гравия и гальки до 15 % с тонкими прослойками песка).

Здание (памятник архитектуры XIX в.) – одноэтажное, "Г"-образной формы в плане, с подвалом под частью здания, с максимальными размерами в плане по наружным осям 28,835x19,985 м. Здание – бескаркасное, в котором несущими элементами являются: ленточные бутовые и кирпичные фундаменты; кирпичные стены; перекрытия из деревянных элементов; деревянная стропильная система. Основными дефектами стен и фундаментов являются отсутствие перевязки между фундаментами под наружные стены; различная глубина заложения фундаментов в углах здания; многочисленные вертикальные и наклонные трещины с шириной раскрытия до 20 мм длиной на всю высоту стены в наружных стенах здания и т.д. (рис. 4).

Было установлено, что основанием фундаментов служат насыпной грунт, песок мелкий средней прочности и супеси моренные различной прочности. В большинстве случаев в стабилизированном состоянии при отсутствии влияния внешних факторов эти грунты (являются достаточно

надежными основаниями. Однако при увеличении влажности в результате попадания и скопления в толще грунтов под подошвами фундаментов грунтовых вод консистенция грунтов увеличивается с одновременным ухудшением прочностных и деформативных характеристик, что и привело к развитию неравномерных деформаций самих фундаментов и, как следствие, возникновению многочисленных силовых трещин в стенах.



Рис. 4 (а и б) – дефекты наружных стен здания

Стабилизация неравномерных деформаций была выполнена за счет инъекционного усиления оснований фундаментов наружных стен здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камбефор А. Инъекция грунтов. Принципы и методы / А. Камбефор. – М.: Энергия, 1971. – 334 с.
2. Никитенко М.И. Буроинъекционные анкеры и сваи при возведении и реконструкции зданий и сооружений: монография / М.И. Никитенко. – Минск: БНТУ, 2007. – 580 с.
3. Грунты. Метод ускоренного определения степени уплотнения динамическим зондированием: СТБ 1377–2003. [Введ. 31.01.2003]. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2003. –14 с.
4. Игнатов С.В. Учет изменчивости деформативных характеристик грунта при инъекционной опрессовке / С.В. Игнатов // Строительство и восстановление искусственных сооружений. Материалы международной научно–технической конференции. Часть 1 / под. общ. ред. А.Г. Горюка: М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорус. Гос. Ун-т трансп.». – Гомель: БелГУТ, 2013. – С.177 – 180 с.

Статья поступила в редакцию 26.07.2016 г.