

N1, 1999

## Усиление грунтов основания и фундаментов спасского собора заиконоспасского монастыря в г.Москве

**А.И.Егоров, И.Я.Харченко**

В центре Москвы, на Никольской ул., вот уже 400 лет стоит Спасский собор Заиконоспасского монастыря. Первое упоминание о Спасской церкви на Никольском крестце относятся к XIV веку. Первый этап строительства собора относится к 1600-1626 гг., когда было возведено каменное здание собора на месте существовавшей до этого деревянной церкви. На втором этапе – в 1661 г. вместо ранее существовавшей возведена двухэтажная каменная церковь, а в 1701 г. к ней пристроена трапезная и часть келийного предела. В 1974 г. после уничтожения пожаром 1737 г. Верхнего храма, выстроен новый, дошедший до настоящего времени. Это высокий четверик с двумя восьмериками-барабанами, совмещенный в плане с трапезной 1701 г. и частью храма 1600-1661 гг. Тогда же были устроены лестницы и галереи на второй ярус. В 1806 г. изменяется форма нижней апсиды на трехчастную и к южной галерее пристраивается одноэтажное каменное здание. К этому времени, по-видимому, относится и устройство сдвоенных противоаварийных пилонов в нижней храме под несущем аркой, что было связано с деформациями несущих стен, вызванных распором и осадками фундаментов стен здания.

Сложная конструктивная схема собора, состоящего из нескольких блоков разновременной постройки, различные по глубине заложения и ширине подошвы фундаменты под отдельными частями здания, основанные частично на насыпных грунтах, весьма неблагоприятные геологические и гидрогеологические условия места размещения собора, техногенные факторы, связанные с наличием большого количества инженерных сетей и строительной деятельностью вблизи собора на протяжении многих лет, особенно неблагоприятно отразившейся на сохранности собора в последние 80 лет, привели, в конечном счете, несущие конструкции здания собора в последние 80 лет, привели, в конечном счете, несущие конструкции здания собора к аварийному состоянию.

В стенах и кирпичных сводах собора имеется большое количество осадочных трещин с раскрытием до 50 мм и более. Наблюдается общее обветшание кирпичной кладки, разрушение выветриванием, местами обрушение кладки на глубину до 30 см и более, механические разрушения. В северной части собора произошло частичное обрушение сводов над подвалами. Здание собора в целом имеет наклон в юго-восточном направлении на 140 мм. Глубина заложения бутовых фундаментов собора изменяется от 3,35 м до 6,11 м (0,3...0,6 м от пола подвала), отдельно стоящих опор – от 3,15 м до 3,95 м. Кладка фундаментов находится в удовлетворительном состоянии. Большая часть фундаментов по плану собора основана на насыпных грунтах. Под частью фундаментов залегают грунты четвертичных отложений.

По данным инженерно-геологических изысканий обследованный участок располагается на засыпанном склоне древнеаллювиальной террасы р.Москвы, прорезанной древними засыпанными оврагами, а с северной части участка долиной реки Неглинной. С поверхности участка, до глубины 7,0 м, залегают слои насыпных грунтов, включающих песчано-глинистые грунты со строительным мусором и примесью органических веществ. Насыпные грунты подстилаются древнеаллювиальными разнозернистыми песками и супесями общей мощностью 0,7...4,5 м. Ниже по разрезу, местами линзами, залегают моренные суглинки тугопластичные и полутвердые мощностью до 3,4 м, подстилаемые флювиогляциальными суглинками тугопластичными и полутвердыми песками и супесями. Общая мощность подморенных отложений колеблется от 16,5 до 17,8 м. Четвертичные отложения общей

мощностью до 25,0 м подстилаются полутвердыми каменноугольными глинами.

Для уточнения влияния природных и техногенных факторов на площадке в районе собора были проведены дополнительно ТОО “ГЕОКОН” геофизические исследования грунтов основания и фундаментов здания, а также ЗАО НПП “Фундаментпроект” вибродинамическое обследование фундаментов собора.

В результате анализа данных выполненных на площадке исследований был сделан вывод о необходимости проведения срочного капитально-восстановительного ремонта здания собора и его реставрации.

По заданию Управления капитального ремонта и строительства Правительства г.Москвы фирмой НПФ “Реставратор G3R”, предложено техническое решение и разработана проектно-сметная документация на усиление грунтов основания и фундаментов собора, позволяющее стабилизировать неравномерные осадки собора и оставить деформации несущих конструкций и восстановить в дальнейшем их несущую способность.

Суть предложенного технического решения заключается в передаче нагрузок от сооружения с помощью буроинъекционных свай на более плотные нижележащие грунты основания с использованием существующих фундаментов в качестве ростверков. При этом предварительно инъекцией (укрепительной цементацией) усиливается кладка существующих фундаментов и грунты на контакте “фундамент-грунт”. Расчеты, однако, показали, что при действующих нагрузках от сооружения, равных в различных частях здания и изменяющихся от 3 т на п.м. в районе крыльца и 10...16 т от галереи до 50...90 т от столбов и наружных стен, длина буроинъекционных свай должна составлять не менее 16...18 м от поверхности земли при расчетном диаметре 151 мм, что недопустимо по ряду обстоятельств и, прежде всего, из-за наличия в пределах этих глубин сооружений метрополитена. В связи с этим была рассмотрена возможность увеличения несущей способности слоя подморенных флювиогляциальных песчаных грунтов средней крупности и крупных на глубине 8...10 м от поверхности, поскольку расположенные под фундаментами грунты до рассматриваемого слоя либо не подлежат закреплению, либо их закрепление не эффективно. Закрепление было решено производить с использованием специальных инъекционных материалов с последующим опиранием буроинъекционных свай на закрепленный слой. В процессе проектирования было принято решение производить закрепление указанного слоя под всей площадью собора, что позволяет передать нагрузки на несущий слой более равномерно, а также исключить влияние на конструкции собора вибрационных воздействий от поездов метрополитена и машин эскалаторов наклонного хода. В качестве материала для улучшения строительных свойств грунтов основания было выбрано особо тонкодисперсное минеральное вяжущее “Microdur”, разработанное фирмой “Dyckerhoff” ФРГ, весьма положительно зарекомендовавшее себя при проведении работ по закреплению грунтов оснований в Германии, в частности, при реставрации Брандербургских ворот в Берлине.

“Microdur” представляет собой минеральный порошок с развитой удельной поверхностью (до 20.000-22.000 кв.см) и строго воспроизводимым гранулометрическим составом.

Применение цементных суспензий на основе “Microdur” позволяет полностью восстанавливать первоначальную несущую способность и непроницаемость строительных конструкций независимо от влажностного состояния, а также быстро и эффективно выполнять геотехнические мероприятия по укреплению и уплотнению грунтов основания зданий и сооружений. Кроме того, при полном заполнении рыхлой структуры грунта инъекционным раствором создается надежная гидроизоляционная защита при строительстве подземных сооружений, туннелей и шахт, консервации промышленных и бытовых отходов в условиях интенсивного воздействия грунтовых вод.

Специально подобранный гранулометрический и вещественный состав порошков “Microdur” обеспечивает высокую водоудерживающую и проникающую способность цементных суспензий при их значительном водосодержании ( $V/C=3\dots6$ ). Поскольку проникающая способность и реологические характеристики суспензии на основе “Microdur” и воды соизмеримы, удастся обеспечить при инъектировании (давление до 3 Бар) заполнение объема открытых пор и пустот без нарушения естественной структуры грунта. После затвердевания цементной суспензии обеспечивается стабилизация, упрочнение или уплотнение грунта. При этом прочность при сжатии, в зависимости от требований проекта, может быть достигнута в пределах 0,3...20 МПа.

В настоящее время на рынке строительных материалов Европы представлены около 30 сортов минеральных порошков, объединенных названием “Microdur”.

Все их можно разделить на две большие группы: “Р” и “R”, основой которых является соответственно или тонкоизмельченный портландцементный клинкер (группа “Р”), или тонкомолотый шлак. В качестве регулятора схватывания применяется тонкомолотый сульфат кальция. Каждой из 16 разновидностей “Microdur” принадлежит ряд таких специальных свойств, как например, повышенная сульфатостойкость, пониженная газо-или водопроницаемость и т.д., которые достигаются путем введения специальных добавок, что определяет соответственно, область его эффективного применения в строительстве. Например, для “Microdur” типа “R” характерно достаточно интенсивное затвердевание на начальном этапе гидратации, высокая конечная прочность. Отличительной характеристикой “Microdur” на шлаковой основе наряду с высокой конечной прочностью является повышенная сульфатостойкость, чем собственно и определяется эффективная область его применения. Для группы “Microdur” на портландцементной основе типичным является очень быстрое затвердевание уже в первые 24 часа твердения при сроках схватывания, характерных для обычных строительных цементов. Имеются модификации “Микродур-Золь” и “Микродур-Плюс”. В составе “Микродур-Золь” присутствуют водоудерживающие добавки, позволяющие получать минеральные суспензии с  $V/C=6\dots8$ , не способствующие какому-либо упрочнению грунтов и применяемые исключительно для обеспечения их водонепроницаемости. “Микродур-Плюс” помимо цементной клинкерной части содержит в своем составе минеральные наполнители, снижающие конечную прочность и стоимость в целом затвердевшего вяжущего по сравнению с базовым “Microdur”.

В отличие от инъекционных растворов на основе органических смол несущая способность или непроницаемость при инъектировании цементными суспензиями различных конструктивных элементов восстанавливается полностью, независимо от влажностного состояния.

Для оценки технической возможности и экономической целесообразности стабилизации и упрочнения грунтов основания Спасского собора путем инъектирования несущего слоя грунтов цементными суспензиями на основе особо тонкодисперсного минерально вяжущего “Microdur” исследовались образцы грунтов, отобранных из разведочных скважин при проведении инженерно-геологического обследования в различных точках площадки. Грунты представлены для испытаний с сохранением естественной структуры и влажности.

На основе проведенных экспериментов было установлено, что наибольший эффект достигается при закреплении слоя песков мелких и средней крупности, расположенных на глубине 10...12 м от поверхности земли (табл.1).

Нам представляется, что вяжущее “Microdur” для отечественной практики новый, перспективный материал, позволяющий решать многие практические задачи строительства в сложных геологических и гидрогеологических условиях.

Область применения «Microdur» - это устройство противofильтрационных завес, водонепроницаемость горизонтальных отсеков в грунте при строительстве заглубленных сооружений, например, подземных автостоянок, а также сооружениях могильников для захоронений бытовых и промышленных отходов, улучшение строительных свойств грунтов основания, превентивное закрепление грунтов и оперативная ликвидация последствий аварий, связанных с суффозией грунтов в зонах расположения подземных городских коммуникаций, усиление существующих фундаментов и несущих конструкций реконструируемых и реставрируемых зданий и сооружений.

Таблица 1.

Глубина профиля, м	Характеристика грунтов	Степень проницаемости грунтов по отн. к цем. суспензии										Условия инъектирования		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
0														
- 1.0	насыпь: песок со щебнем боем кирпича, строит. мусором													Хорошо, «Микродур» «U» при давл. 2 бар
- 2.0	насыпь: песок серый с гравием, кирпичным боем													Очень хорошо, «Микродур» «F» при давл. до 2 бар
- 3.0	смесь серого песка с гравием, кирпичным боем													То же
- 4.0	смесь серого песка с кирпичной крошкой, включениями гравия													То же
- 5.0	суглинок черный с гравием, песком, орган. остатками													Очень плохо, «Микродур» «X» при давл. более 10 бар, возможно нарушение структуры грунта
- 6.0	суглинок с песком, органическими остатками													
- 7.0	суглинок серокоричневый, тугопластичный													Не подлежит инъектированию суспензиями на основе вяжущих типа «Микродур»
- 8.0	суглинок темнокоричневый, тугопластичный													
- 9.0	песок серокоричневый, мелкий, глинистый													Плохо, «Микродур» «X», при давл. до 10 бар, возможно нарушение природной структуры грунта
- 10.0	песок коричневый, мелкий, глинистый													
- 11.0	песок желтый, средней крупности													Очень хорошо, «Микродур» «S» при давлении до 3б
- 12.0	песок желтый, мелкий без примесей													Очень хорошо, «Микродур» «F» при давлении до 3 бар
- 13.0	песок желтый, мелкий, без примесей													То же
- 14.0	песок серо-желтый, мелкий, без примесей													То же
- 15.0	песок серо-желтый, пылеватый													То же «Микродур» «L»