

Использование микросвай при ремонте набережных

Технический директор В.Ю. Смоленков,
ООО «Геоизол»*

В мае 2003 года Санкт-Петербургу исполнилось 300 лет. Практически все строительные и проектные организации города принимали участие в программе подготовки города к торжественным мероприятиям. ООО «Геоизол», Санкт-Петербургская строительная компания, специализирующаяся на решении геотехнических проблем, участвовала в работах по реконструкции зданий и сооружений на 10 объектах.

Одним из объектов, имеющих особое значение для подготовки города к празднику, был участок Дворцовой набережной, капитальный ремонт которого проводило ООО «Геоизол».

Дворцовая набережная является памятником истории и культуры XVIII века федерального значения.

Начало строительства Дворцовой набережной относится к Петровскому времени. Первое распоряжение о регулировании берегов Невы и создании «набережной улицы» от Адмиралтейства до Почтового двора, находившегося на месте Мраморного дворца, датировано 24 января 1715 г. Первоначально берега Невы укреплялись деревянными сваями и стенками. Деревянные набережные быстро разрушались и требовали постоянного ремонта. Начиная с 1720 г. стенки набережных стали возводить из камня. Строительство Дворцовой набережной с облицовкой из гранита началось в 1763 году под руководством архитектора Ю.М. Фельтена. В 1763 г. развернулось грандиозное по тому времени строительство набережных, одетых тесаным «диким морским камнем» – гранитом. Гранит для набережных выламывался на островах в Финском заливе и доставлялся в Петербург водным путем.

Основание каменной стенки представляло собой 7 рядов свай. В первом ряду сваи забивались через 70 см одна от другой, за ними следовал в сторону берега второй сплошной ряд, и затем еще 5 рядов. На первый ряд укладывался брус, по следующим трем рядам к сваям железными болтами прикреплялся ростверк и возводилась стена набережной, еще три ряда выполняли функцию контрфорса.

Пустоты между сваями заполнялись диким камнем и щебнем, на которые опускались камни первого ряда кладки. По первому ряду на слой мха укладывался второй ряд камней. Выше возводилась стена из плит с облицовкой гранитными блоками. Каменная стена завершалась «кордонным камнем» – карнизом, отделяющим его от парапета. Гранитная Дворцовая набережная, построенная в XVIII веке, до нашего времени сохранила свой первоначальный вид, однако конструкция стены и основания с течением времени потребовали ремонта и усиления.

В 1929 г. был произведен капитальный ремонт наклонного участка Дворцовой набережной у дома № 6. Гранитную стенку разобрали, укрепили свайное основание и заново сложили. Причиной повреждения основания набережной явилось гниение оголовка свай и деревянных ростверков. Работы по реконструкции Дворцовой набережной проводились под руководством инженера Б.Д. Васильева.

По проекту, разработанному Б.Д. Васильевым, деревянный ростверк, состоящий из поперечных и продольных бревен, врубленных между собой, и посаженных на шипы свай, удалялся. Три ряда старых свай основания сохранялись, но их головы специально обрабатывались. Это свайное основание усиливалось добавлением в первый ряд новых забиваемых свай длиной в 4 сажени (8,5 м) диаметром 27 см.

На это свайное основание укладывалась массивная бетонная подушка толщиной 1 м. Выше на нее укладывалась облицовка с использованием старого гранита. Б.Д. Васильевым была реконструирована и кладка стенки набережной. Кладка верхней части стенки, где не сказывается одновременное действие мороза и воды, выполнялась из известняка. От бетонной подушки на высоту, превышающую на один метр уровень горизонта воды, велась кладка из рваного гранитного камня на цементно-песчаном растворе.

Следующий капитальный ремонт набережной производился в 1950 г. По проекту 1950 г. тело набережной разбиралось до основания, дополнительные ряды свай не возводились, бетонный ростверк укладывался на подготовку из щебня, подпорная стенка выполнялась из бетона М150 до отметки 1,2 м, а выше – из бута. Гранитная облицовка закреплялась с помощью анкеров из полосовой стали и скреплялась между собой скобами.

Участок Дворцовой набережной, подлежащий капитальному ремонту, расположен в районе дома № 6 (напротив Мраморного дворца) и имеет протяженность около 80 м. Стенка набережной делится на участок переменной высоты, длиной 51,8 м, с понижением уровня от Троицкого моста вниз по течению, и горизонтальный участок. В августе-сентябре 2001 г. специалистами ООО «Геоизол» было выполнено обследование участка набережной. По результатам обследования, в зоне перехода от горизонтального участка к наклонному произошли значительные деформации гранитной облицовки со смещением нижних камней по вертикали до 15 см, за грань стенки – до 9 см. На данном участке наблюдается просадка гранитной мостовой и брусчатки. Участок со значительными деформациями признан аварийным. На остальных участках Смоленков В.Ю. Использование микросвай при ремонте набережных

подпорная стенка получила незначительные деформации, однако наметилась тенденция выпадения облицовочных гранитных камней нижнего ряда, гранитное и брусчатое мощение деформированы, состояние швов камней облицовки неудовлетворительное.



Основные конструктивные решения

Традиционное решение вышеописанных проблем при капитальном ремонте набережных таково: разборка стенки набережной, устройство свай диаметром не менее 350 мм, устройство ростверков и подпорной стенки под прикрытием шпунтового ограждения в русле реки. Выполнение традиционно применяемых технологий требует размещения тяжелого оборудования на площадке с закрытием движения транспорта по набережной на длительный срок. В феврале 2003 г. времени и средств на традиционные методы ремонта участка набережной у города не было.

ООО «Геоизол» разработал проект по капитальному ремонту участка Дворцовой набережной с использованием «щадящих» технологий, позволяющих произвести работы в кратчайшие сроки, с минимальными затратами и без остановки движения транспорта по набережной. К производству работ ООО «Геоизол» приступил в феврале 2003 г и закончил в мае 2003 года.

Были разработаны и выполнены следующие мероприятия.

1. Устройство инъекционных скважин

Тело подпорной стенки за исключением аварийного участка усиливалось инъекционными скважинами. Задачей данных работ является восстановление сплошности, прочности и водонепроницаемости подпорной стенки щадящими методами. Сущность метода заключается в том, что в кладку через пробуренные скважины нагнетается раствор, который после твердения превращается в плотный материал, заполняющий трещины и пустоты.

Во избежание выпадения гранитных камней облицовки при нагнетании раствора были предложены и выполнены инъекционные работы в два этапа. На первом этапе устраиваются инъекционные скважины первой очереди (ЦС-1), на втором - скважины второй очереди (ЦС-2). Предложенный метод впервые был применен для усиления стенок набережных в Санкт-Петербурге.

Перед инъектированием проводилось гидроопробование для определения сплошности тела кладки опытным нагнетанием воды в пробуренные скважины. Гидравлическое опробование проводилось с целью определения водопроницаемости и сплошности тела подпорной стенки опытным нагнетанием воды в пробуренные скважины.

Гидравлическое опробование проводилось при наибольших допустимых величинах давления и расхода (при этом достигался наибольший радиус влияния нагнетания и, следовательно, объем изучаемого участка стены). За наибольшее допустимое давление нагнетания воды $P_{доп}$, не вызывающее гидравлического разрыва кладки стены, приняты величины $P_{доп}=0,3$ МПа для I-го этапа работ и $P_{доп}=0,5$ МПа для II-го этапа работ. За наибольший допустимый расход воды $Q_{доп}$ принята величина $Q_{доп}=20$ л/мин.

Продолжительность нагнетания в один интервал принималась 10 минут независимо от того, устанавливался или не устанавливался расход воды. Все измерения давления и расхода воды записывались в «Журнал наблюдений».

Буроинъекционные работы велись по захваткам по результатам гидроопробования. Весь участок работ был разбит на 6 захваток. Захватка, на которой велись работы, освобождалась от гранитных плит тротуара – 2 ряда. Кардонные и парпетные плиты не снимались и оставались на месте. Снятые плиты нумеровались согласно чертежу и отдельно складировались.

После всех подготовительных работ пробуривались инъекционные скважины первой очереди ЦС-1. Бурение скважин ЦС-1 проводилось пневмоперфораторами диаметром 42 мм, под углом наклона 15 градусов. Бурение и последующее инъектирование цементным раствором по скважинам первой очереди производилось в 2 яруса. Скважины первого яруса были глубиной 2 м, скважины второго яруса выполнялись после цементации первого яруса с повторным разбуриванием на глубину 3 м. Во время нагнетания раствора в зону инъекции величины давления и расхода нагнетаемого раствора не превышали предельно допустимых значений, установленных для опытного нагнетания воды.



Цементировочная установка была снабжена устройством для измерения расхода нагнетаемого раствора. Для фиксации давления нагнетания манометры устанавливались в двух точках цементационной системы.

В процессе нагнетания раствора его расход и давление нагнетания наблюдались непрерывно. Начатое нагнетание раствора продолжалось непрерывно до наступления отказа или до вынужденного перерыва в нагнетании. За отказ принималось поглощение раствора менее 3 л/мин при проектном предельно допустимом давлении (1 атм.), выдержанном в течение 5 минут. Для инъекции тела подпорной стенки применялись цементные растворы на портландцементе марки 400 с добавкой хлористого кальция (2% от массы цемента).

Назначение добавки хлористого кальция – противоморозная и пластифицирующая добавка, ускорение сроков схватывания и твердения цемента, повышение адгезионной способности цементного камня к старому бетону, повышение водонепроницаемости цементного камня.

Начальный состав нагнетаемого раствора назначается по результатам гидравлического опробования зоны цементации (табл.1).

Таблица 1. Начальная концентрация раствора при удельном водопоглощении

Удельное водопоглощение q , л/(мин·м ²)	< 0,1	0,1...0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	2,0...4,0
Концентрация раствора (цемент : вода)	1:10	1:5	1:3	1:2	1:1

Цементационные скважины второй очереди ЦС-2 выполнялись аналогично ЦС-1 в два яруса пневмоперфораторами диаметром 42 мм перпендикулярно поверхности тротуара.

Состав работ по инъекционному телу подпорной стенки:

- бурение инъекционных скважин;
- оборудование скважин иньекторами;
- приготовление инъекционного раствора;
- нагнетание инъекционного раствора;
- ликвидация скважин.

2. Устройство буроинъекционных свай

В качестве свай использовались буроинъекционные сваи \varnothing 180 мм. Только на аварийном участке ($l=5,5$ м) производилась разборка стены набережной со снятием парапетных плит и массивной гранитной облицовки до основания. Разборка тела стенки ниже уровня воды в Неве велась под прикрытием шпунтового ограждения. После разборки стены было установлено: бетонный ростверк под аварийным участком стены отсутствует.

После определения фактического положения деревянных свай были выполнены буроинъекционные сваи \varnothing 180 мм $l=5,5$ м в количестве $n=11$ шт. в промежутках между деревянными сваями. Легкое буровое оборудование размещалось прямо на набережной. После устройства ростверка производилось послойное бетонирование подпорной стенки с одновременной установкой облицовочных плит гранитной облицовки.

3. Вертикальная планировка. Водоотведение с набережной

До проведения ремонтных работ на участке набережной отсутствовал сток дождевых и талых вод в систему ливневой канализации. В отдельных местах уклон тротуара был направлен к парапету. Все это приводило к постоянному размыву тела подпорной стенки набережной.

Для организации поверхностного стока с набережной выполнена вертикальная планировка, обеспечивающая сток дождевых вод с пешеходной зоны на проезжую часть и в дождеприемный колодец.

Продольные уклоны гранитного мощения повторяют существующие величины и направления уклонов верха парапета. Поперечные уклоны гранитного мощения выполнены с уклоном 15% в сторону проезжей части.

* Вячеслав Юрьевич Смоленков, Санкт-Петербург
Тел. раб.: +7(812)3375313; эл. почта: info@geoizol.ru