

Мероприятия по укреплению купола свода вестибюля станции метро «Бауманская»

Картузов Д.В., канд. техн. наук, гл. инж. проекта: Шилин А.А., д-р техн. наук, проф., ген. дир.: Гапонов В.В., канд. техн. наук, гл. инж.: Каркешкин М.Л., нач. участка, ЗАО «Триада-Холдинг», Москва

Аннотация

Эффективным способом ремонта купола свода вестибюля станции «Бауманская» стали мероприятия по его усилению активной сеткой* на основе углеродного волокна в полимерцементной матрице. Приведены конструктивные особенности купола, результаты обследования его конструкции. Дано описание мероприятий по его восстановлению и усилению.

Ключевые слова

Полимерцементная матрица, сетка на основе углеродных волокон, усиление конструкций

Abstract

The reinforcement with active meshwork based on carbon fiber in polymer-cement matrix was an effective way to repair the dome in the entrance hall of the Baumanskaya metro station. The article provides the design features of the dome, the results of its examination and the scheme for its reconstruction and reinforcement.

Keywords

Meshwork based on carbon fiber, polymer-cement matrix, reinforcement of construction

В конструктивном отношении купол предэскалаторного зала, внутренняя поверхность которого имеет сферическую форму, состоит из монолитного железобетона и штукатурного слоя.

Пролет купола на уровне пяты опирания равен 10 м, стрела свода составляет 3 м, кривизна внутренней (лицевой) поверхности свода имеет радиус 6,24 м.

Толщина купола в шельге свода по монолитному железобетону составляет 90 мм, на уровне пят — 130 мм. Толщина штукатурного слоя переменная — 60–80 мм.

Верхняя часть купола выступает в пространство чердака, образованного конструкциями перекрытия вестибюля и деревянной крышей. Со стороны чердачного помещения купол имеет гидроизоляционное покрытие из рулонного материала на битумной основе.



Рис. 1. Общий вид купола вестибюля

Купол испытывает постоянные статические нагрузки от собственного веса и веса конструкций деревянной стропильной крыши, покрытой кровельным железом, а также временные нагрузки — снеговые и ветровые, передаваемые через конструкции крыши. Во время ремонтных работ произошло воздействие на купол ударной нагрузки, которое привело к возникновению дефектов. Общий вид вестибюля ст. метро «Бауманская» приведен на рис. 1. При осмотре на внутренней поверхности штукатурного слоя купола были обнаружены многочисленные трещины. По данным замеров их раскрытие составляло не более 0,5 мм. Почти по всей площади между штукатурным слоем и монолитным железобетоном образовалась полость как результат потери сцепления между ними. Раскрытие полости в своде доходило до 8 мм. Первоначально рассматривалось два варианта восстановления целостности купола.

По первому варианту предусматривалось удаление существующего штукатурного слоя,

* Активная сетка — сетка на основе углеродных волокон, которая перед укладкой в полимерцементную матрицу пропитывается в связующем составе из полимеров и модифицирующих компонентов.



Рис. 2. Участок купола с выполненными работами по противоаварийному укреплению свода купола

масса которого составляет около 19 т, а затем устройство нового. По второму варианту предлагалось восстановление купола посредством инъектирования в трещины эпоксидного состава и усиления конструкции с помощью активной сетки на основе углеродных волокон, пропитанной в связующем составе из полимеров и модифицирующих компонентов. В связи со сжатыми сроками выполнения работ по реконструкции станции было принято решение о реализации восстановления купола по второму варианту, поскольку удаление существующего штукатурного слоя и устройство нового более трудоемко и требует больших затрат времени.

С целью обеспечения безопасности производства работ по инъектированию была выполнена установка защитных кружал под купол свода.

Для восстановления целостности купола предполагалось применение полимерных составов на основе эпоксидных смол с вязкостью в диапазоне от 90 до 400 мПа·с. С учетом ширины раскрытия и длины трещин, а также характера их распространения был выбран эпоксидный состав с вязкостью 320 мПа·с, имеющий прочность на растяжение более 35 МПа и высокую адгезию как к штукатурному слою, так и к бетону купола. При выборе оборудования были рассмотрены различные виды пакеров и инъекционных приспособлений.

Для тонкослойных конструкций толщиной около 60–80 мм целесообразно применить пластиковые пакеры диаметром 8–10 мм, а в качестве инъекторов использовать ручные устройства типа шприцов, не развивающие



Рис. 3. Керн № 1, выбуренный из купола на укрепленном участке

значительного давления, которое может приводить к возникновению аварийной ситуации. Для обеспечения надлежащего качества закрепления инъекторы устанавливались по сетке с максимальным шагом 25х25 см. Общий вид установленных в куполе инъекторов представлен на рис. 2.

Нагнетание раствора производилось снизу вверх. В последнюю очередь инъектировали верхнюю часть купола. Контроль заполнения трещин и полостей осуществлялся непосредственно в процессе производства работ и определялся степенью изменения расхода состава в каждом инъекторе, а также по появлению раствора в верхнем ряду инъекторов.

В процессе инъектирования состояние контакта «конструкция купола–штукатурный слой» контролировали неразрушающим методом с использованием сейсмоакустического оборудования. По результатам контроля при выявлении незаполненных трещин и полостей осуществлялось дополнительное нагнетание инъекционного раствора. Кроме того, контроль качества результатов работ по инъекционному укреплению был произведен путем отбора образцов-кернов из конструкции купола (рис. 3).

Осмотр кернов показал, что все дефекты в куполе в результате работ целиком заполнены инъекционным составом, который имеет прочную однородную консистенцию и обладает хорошей адгезией к бетону и штукатурному слою.

Перед проведением работ было выполнено моделирование работы конструкции свода купола совместно с сеткой из углеродных волокон

методом конечных элементов с помощью программного комплекса «Ли́ра-САПР 2012 PRO». Расчетная схема конструкции представлена на рис. 4.

Результаты моделирования показали, что после установки армирующей сетки плотностью 600 г/м^2 в нижней зоне значения напряжений и деформаций снизились примерно в 3 раза.

Следует отметить, что подобные результаты были получены при испытании плит перекрытий тоннелей инженерных коммуникаций и кольцевых бетонных обделок, усиленных ранее по данной технологии: степень усиления достигала до 3 раз и более [1]. Это подтверждает эффективность усиления железобетонных конструкций активными углеродными сетками в полимерцементной матрице. Технологические системы усиления с использованием обычных углепластиковых сеток производства Германии, Италии и России при испытаниях в конструкциях не реализуют полностью свои высокие прочностные характеристики по причине продергивания волокна в ремонтных составах. Разработанная система с активной сеткой многократно испытана в лабораторных условиях и использовалась на практике для усиления изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов, в том числе при усилении тонкостенных сводов в здании Московской государственной консерватории им. П. И. Чайковского, а также обделок различных подземных сооружений [1].

Технология усиления свода включала подготовку его поверхности и установку углепластиковой активной сетки в полимерцементную матрицу.

Вначале бетонная поверхность купола обеспыливалась промышленным пылесосом. Для обеспечения сцепления полимерцементной матрицы и обеспыленной поверхности купола последняя была покрыта увлажняющим составом на основе акриловых полимеров и модифицирующих компонентов. На свежее увлажненную

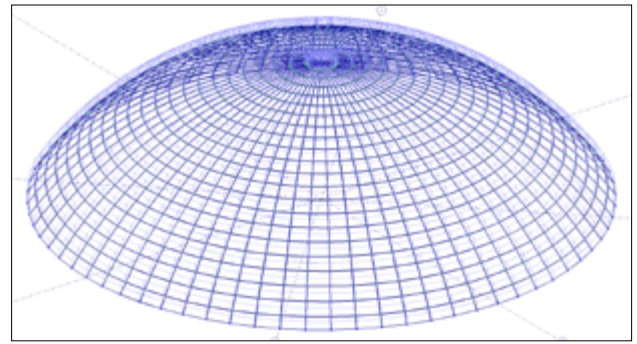


Рис. 4. Расчетная схема конструкции свода купола, усиленного сеткой на основе углеродных волокон

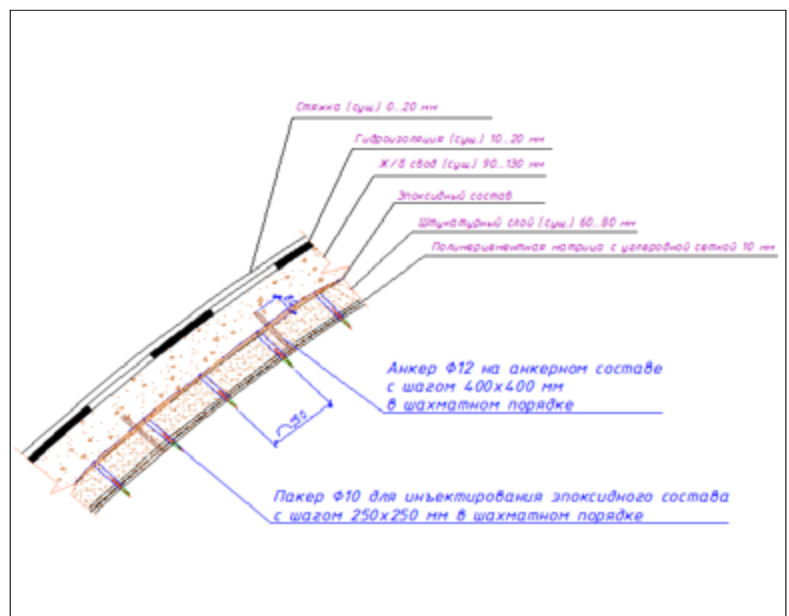


Рис. 5. Схема укрепления свода купола

бетонную поверхность наносился слой полимерцементной матрицы.

Следующий этап работ — установка предварительно пропитанной в растворе полимеров с модифицирующими компонентами углепластиковой активной сетки в предварительно уложенную полимерцементную матрицу [1]. После этого наносили финишный слой полимерцементной матрицы, который выравнивали для последующих реставрационных работ.

Схема укрепления свода купола приведена на рис. 5.

Выводы

1. Успешно реализована технология восстановления и усиления тонкостенных бетонных

конструкций углепластиковой активной сеткой в полимерцементной матрице.

2. Применение углепластиковой активной сетки в полимерцементной матрице позволяет обеспечивать усиление различных конструкций, таких как балки, плиты, колонны, стены, перекрытия, своды сооружений различного назначения, в том числе влажных и подверженных воздействию солей. Выполненные работы по усилению с использованием указанной технологии изгибаемых и внецентренно-сжатых конструкций различного назначения, а также обделок тоннелей позволили увеличить их несущую способность в 2–6 раз. В сравнении с зарубежными аналогами данная технологическая система имеет прочность в 2 раза выше за счет совместной работы волокон сетки и утка с полимерцементной матрицей.

3. Предварительно смоделированное и реализованное решение по включению в совместную работу свода купола с углепластиковой активной сеткой в полимерцементной матрице позволило снизить напряжения и деформации конструкции примерно в 3 раза.

4. Контроль качества работ показал, что при вязкости инъекционного состава 320 мПа с заполняемостью расслоений, трещин, пустот бетона купола близка к 100%. Разработана многоуровневая система контроля распространения состава, включающая технологический контроль нагнетания, отбор кернов, неразрушающий контроль.

5. Проведенные работы по усилению купола вестибюля позволили в требуемые сроки завершить реконструкцию станции метро «Баманская», пропускная способность которой в настоящее время достигает 60 тыс. пассажиров в сутки.

Литература

Способ усиления железобетонных конструкций: пат. 2451144 Рос. Федерация/А. А. Шилин, В. В. Гапонов. — опубл. 13.02.2010

Для связи с автором:

Дмитрий Валерьевич Картузов, 8-916-933-0103, kartuzov@triadaholding.ru

Поставка высококачественных материалов для гидроизоляции, ремонта и защиты бетона



123308, Россия, Москва, проспект Маршала Жукова, дом 2, корпус 2, офис 706

Телефоны: +7(495) 647-14-79; +7(495) 740-12-09

E-mail: office@td-reks.ru; Сайт: www.reks.pro

