

ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ (на примере подземного перехода ул. Ленина – проспект Ф.Скорины в г. Минске)

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СООРУЖЕНИИ

1.1. Тип искусственного сооружения - пешеходный подземный переход П-образной формы в плане с шестью лестничными сходами, соединяющий между собой все четыре угла перекрестка, имеются подсобные технические помещения, а также помещения для объектов попутного обслуживания пешеходов.

1.2. Место расположения сооружения - на прямом перекрестке ул. Ленина и проспекта Ф. Скорины в г. Минске.

1.3. Эксплуатирующая организация - УП Горремавтодор. Проектная организация - Минскпроект; проектная документация отсутствует.

1.4. Цели обследования - определение технического состояния подземного пешеходного перехода, выработка рекомендаций по устранению дефектов и по режиму дальнейшей эксплуатации сооружения.

1.5. Ограничительные знаки на временную нагрузку от транспортных средств не установлены.

2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

При обмерах были выявлены отклонения облицовок стен от вертикали; места расположения водоотводных устройств; размеры конструкций перекрытий на тоннельных участках, сопряжения тоннельной части с лестничными сходами; размеры и устройство лестничных сходов.

2.1. Инженерно-геологические условия в зоне пешеходного перехода

На пересечении пр. Ф. Скорины и ул. Ленина грунтовый массив представлен следующими отложениями:

- с поверхности на глубину до 2,9-3,4 м залегают насыпные грунты слежавшиеся;
- под насыпными грунтами на глубину до 4-4,5 м залегает слой песка средней крупности, средней плотности;
- ниже песка средней крупности на глубину до 11-16 м залегает грунт гравийный плотного сложения;
- грунт гравийный подстилается супесью моренной твердой консистенции.

Анализ приведенных данных показывает, что в основании фундаментов и лотка пешеходных тоннелей на пересечении пр. Ф.Скорины и ул. Ленина глубиной заложения 3,5-4,5 м залегает песок средней крупности и гравийный грунт.

Перегонные тоннели линии метрополитена щитовой проходки проходят под пешеходными тоннелями на глубине 5-5,5 м. от лотка.

Пешеходный переход пересекает трасса центрального отопления, проходящая вдоль ул. Ленина.

2.2. Объемно-планировочное решение

Пешеходный подземный переход П-образной формы в плане состоит из трех пешеходных тоннелей: П.Т. 2-5 (пешеходный тоннель под пр. Ф.Скорины);

П.Т. 1-3 (тоннель под ул. Ленина со стороны ГУМа);

П.Т. 4-6 (тоннель под ул. Ленина с противоположной стороны); двух коротких тоннельных подходов Т.2-М вдоль ул. Ленина от стороны ГУМа); Т.5-8 (вдоль ул. Ленина противоположной); и шести лестничных сходов. Лестничные сходы имеют пандусы для передвижения с совпадающими с осями тоннельной части, или под углом 90° к ней.

2. 3. Конструкции тоннельной части перехода

Тоннели пешеходного перехода выполнены по типовому проекту 3.507-1 в виде трех типов конструкций: тоннель ПТ 1-3 – однопролетный шириной 6 м; тоннели ПТ 4-6, Т2-М и Т5-В – однопролетные шириной 4 м; тоннель ПТ2-5 – двухпролетный общей шириной 8+4 м.

Однопролетные тоннели по своей конструкции представляют собой короб с распоркой в виде перекрытия, шарнирно сопряженного со стенами с центральным опиранием. Элементы конструкции сборные и приняты по типовому проекту 3.507-1, выпуск 2. Стеновые блоки марки ПТ-С1 и ПТ-С4 шириной соответственно 3 и 1 м, высотой 2.75 м; в местах расположения водоприемных приемков стеновые блоки марки ПТ-С2 высотой 3.7 м; в зоне пересечения сети центрального отопления стеновые блоки ПТ-С3 высотой 4.7 м. Лотковые плиты марки ПТ-Д2 шириной 2.4 м (при пролете 4 м) и марки ПТ-Д3 шириной 4.4 м (при пролете 6 м). Толщина стеновых и лотковых блоков 0.2 м. Стеновые блоки снабжены в нижней части консольной опорной пятой.

Плиты перекрытия ребристые и приняты для пролета 6 м марки ПТ-П3 длиной 6.4 м, высотой 0.45 м, для пролета 4 м – ПТ-П6 длиной 4.4 м, высотой 0.30 м. Ширина плит – 1.5 м. Плиты перекрытия в торцах имеют вырезы между ребрами с выпусками арматуры.

Стеновые блоки с помощью петлевых выпусков арматуры в опорной пяте и лотковых плитах, дополнительного армирования и омоноличивания бетоном жестко соединяются с лотковыми плитами, уложенными на бетонную подготовку.

Плиты перекрытия ребрами опираются на стеновые блоки и шарнирно объединяются с блоками с помощью арматурных выпусков и бетонного заполнения вырезов в плитах.

В примыкании однопролетных тоннелей к двухпролетному плиты перекрытия однопролетных тоннелей опираются на стальные сварные балки двутаврового профиля.

2.4. Конструктивные решения лестничных сходов

Входы в тоннели пешеходного перехода выполнены в виде двухмаршевых лестниц с верхней, промежуточной и нижней площадками (в виде лестничных сходов). В уровне нижних площадок устроены поперечные водоприемные приемки. Тоннельная часть перехода соединяется с лестничными сходами с помощью порталной конструкции, состоящей из лобового парапета и наклонной плиты.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ НИВЕЛИРОВОЧНЫХ РАБОТ

Вычисленные поперечные и продольные уклоны проезжей части улиц над подземным переходом и в одиннадцатиметровой примыкающей зоне показывают, что пр. Ф. Скорины имеет односторонний поперечный уклон ($i = 2,5 \div 12\%$) в сторону пл. 8-го Марта и двускатный вогнутый продольный профиль ($i = 10 \div 12\%$) с пониженным местом над переходом. Продольный уклон ул. Ленина имеет односторонний уклон ($i = 2,5 \div 13\%$) в сторону пл. 8-го Марта.

Проезжая часть улиц характеризуется наличием неровностей: значение уклонов на пересечении колеблется в пределах от 1 до 20 ‰. Алгебраическая разность уклонов смежных участков одного направления составляет $3 \div 17\%$ противоположного сходящего направления - $2,5 \div 39\%$.

Такие неровности проезжей части приводят к возникновению значительных дополнительных динамических воздействий от наземных транспортных средств на подземное сооружение, особенно в случае отсутствия подстилающего песчаного слоя под основанием покрытия при общей толщине дорожной одежды 30-45 см.

Вычисленные величины уклонов пола тоннелей перехода показывает, что поперечные уклоны ($i = 0-6\text{‰}$) имеют случайный характер и не могут способствовать отводу воды от мотья тоннеля, а также воды, занесенной пешеходами.

Продольный уклон тоннелей имеет общую тенденцию понижения. Однако на некоторых участках он направлен в противоположную сторону, что в сочетании с несистемным поперечным уклоном приводит к образованию на поверхности пола застойных мест воды. Пристенных продольных лотков в тоннелях не имеется, поэтому сток воды с пола тоннелей не происходит.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА

При обследовании конструкций пешеходного перехода использовались следующие методы испытания прочности бетона:

- 1) отрыв со скалыванием;
- 2) упругого отскока;
- 3) выемка и испытание кернов.

Наибольшую точность среди неразрушающих механических методов обеспечивает метод отрыва со скалыванием. Несомненным достоинством метода отрыва со скалыванием является экспериментальное определение критического коэффициента интенсивности напряжений K_{1c} . Такой подход позволяет удачно использовать теоретические основы механики разрушения для расчетной оценки ресурса эксплуатируемых железобетонных элементов.

Очевидно, что по мере воздействия транспортной нагрузки в сочетании с неблагоприятным воздействием переменной влажности и температуры, агрессии солей и др. в структуре бетона образуются микротрещины.

Критическая сила F_{cr} , при которой происходит вырыв бетона, уменьшается, соответственно падает и коэффициент K_{1c} .

При обследовании широко использовался метод упругого отскока. Для исследовании бетона несущих конструкций применялся склерометр Шмидта, применение которого предусмотрено ГОСТ 10180-67.

Результаты определения прочности бетона методом упругого отскока осложняются тем, что в условиях возможного выщелачивания идет процесс карбонизации поверхностного слоя бетона. При карбонизации образуется труднорастворимый карбонат кальция, который одновременно уплотняет поверхностный слой бетона за счет увеличения объема на 11% при переходе Ca(OH)_2 в CaCO_3 . Это затрудняет определение прочности бетона неразрушающими методами упругого отскока.

Для лабораторных испытаний бетона были вырезаны керны в стене, колонне и ребре плиты.

Прочность бетона при сжатии для элементов, подверженных фильтрации воды, насыщенной солями, оказались существенно ниже прочности бетона для аналогичных элементов, расположенных на других участках пешеходного перехода, которые защищены от воздействия воды.

5. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

5.1. Классификация дефектов и их оценка

Анализ дефектов подземного пешеходного перехода пр. Ф. Скорины - ул. Ленина с учетом причин, вызвавших их, позволяет систематизировать их и объединить в следующие группы:

1. Отсутствие деформационных швов, выполненных в соответствии с техническими условиями в конструкциях и облицовке в местах сопряжения сходов с тоннелями, в местах изменения высоты стеновых блоков и, следовательно, в местах отсутствия жесткой связи омоноличивания лотковой части тоннеля, а также ненадежно выполненное объединение стеновых блоков монолитной железобетонной обвязкой, при воздействии различных факторов (различия интенсивности давлений на основание, интенсивной фильтрации воды в основание, динамических воздействий и др.) вызвали неравномерные осадки основания и конструкции, проявившиеся в вертикальных трещинах в облицовке стен тоннелей и сходов, а также трещин в заполнении швов между плитами перекрытия и в сопряжениях между монолитной и сборной конструкциями перекрытия тоннелей.

2. Заполнение швов между парапетными гранитными плитами некачественным (неморозостойким) раствором, отсутствие швов между этими плитами, незаполнение горизонтальных швов между парапетными плитами и облицовкой стен, отсутствие свесов парапетных плит (часто ширина парапетных плит меньше толщины парапетной стенки в облицовке) приводят к тому, что заполнение швов с течением времени разрушается, атмосферная вода, особенно соленасыщенная вода с проезжей части, разбрызгивается автомашинами в период оттепелей, проникая через пустые швы парапетных плит в выравнивающий и крепящий слой облицовки стен, увлажняет эти слои, скапливается в имеющихся в них «карманах» и, замерзая при отрицательных температурах, вызывает разрушение облицовки в виде горизонтальных трещин, в виде линзообразных выколов, а также в случае некачественных растворов крепления приводит к отслоению самих парапетных гранитных плит, наружной гравийной облицовки парапетов и внутренней облицовки стен сходов.

3. Отсутствие «слезника» в облицовке лобовой порталной стенки (во многих случаях скалывается свес из-за глубокого пропила в мраморной плите для фиксирующего уголка) приводит к попаданию дождевой воды, стекающей с порталной стенки, на наклонную лобовую плиту тамбура. В результате воздействия отрицательной температуры на увлажненную плиту сначала разрушился штукатурный слой, затем бетон плиты. Арматура подвергается коррозии, отслаивает защитный слой бетона.

4. Применение некачественных материалов (низкомарочных цементных растворов, неморозостойкого бетона), небрежное ведение строительных работ привели к отслаиванию внутренней облицовки стен и сходов, наружной облицовки парапетов, провалу опорных рамок чугунных решеток прямков. Отслаиванию облицовки в тоннелях способствует динамическое воздействие на перекрытие от движения транспортных средств по проезжей части улиц, общая толщина засыпки и дорожной одежды которых составляет 30-35 см.

5. Выход из строя системы обогрева лестниц при отсутствии павильонов над сходами приводит к образованию наледей на площадках, ступенях лестниц, у прямков. При освобождении лестниц от наледи механическим (ударным) способом разрушаются гранитные проступи, во многих случаях и облицовка площадок отслаивается. В результате создаются опасные условия для пешеходов.

6. Нарушение сплошности гидроизоляции перекрытий тоннельной части перехода или ее разрушения в местах проявившихся осадочных швов вызывает фильтрацию воды, которая разрушает железобетонные конструкции сооружения.

Все повреждения, оказывающие влияние на такие важные эксплуатационные характеристики сооружения как долговечность и безопасность движения транспорта и пешеходов относятся к определенной категории в зависимости от способа их устранения (по ВСН 44 - 81 (90)).

При отнесении каждого имеющегося повреждения к той или иной категории требуется всесторонний анализ элемента, содержащего данный дефект, т.е. необходимо проклассифицировать каждый дефект по многочисленному ряду параметров.

Оценку технического состояния несущих и ограждающих элементов пешеходного перехода целесообразно давать по пятибалльной шкале.

5.2. Оценка состояния конструктивных элементов на неповрежденных участках

Выборочные вскрытия арматуры в плитах перекрытия, выполненных во всех трех участках тоннельных переходов показали, что поверхность арматуры находится в хорошем состоянии без признаков коррозионного процесса). Определение реальной несущей способности конструкций подземного пешеходного перехода и проверки соответствия ее современным нормам СНиП 2.05.03-84* показали, что конструкции, находящиеся в неповрежденном состоянии могут эксплуатироваться под современными нагрузками без ограничений.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В результате обследования подземного пешеходного перехода через проспект Ф. Скорины по ул. Ленина в г. Минске, изучения проектных материалов, составления рабочих чертежей и выполнения расчетов установлено, что лестничные сходы и тоннельная часть перехода имеют ряд дефектов, приведших к снижению несущей способности отдельных конструктивных элементов, отслаиванию облицовки на сходах, выводу из строя отопительной системы сходов и появлению других дефектов.

2. Особенно уязвимыми к повреждениям оказались участки примыкания лестничных сходов к порталам. Причиной этого является несовершенство конструкции гидроизоляции и водоотвода на данных участках.

В результате агрессии воды с солями на перекрытие тоннеля, особенно в осенне-весеннее время бетон плит перекрытия деградирует, цементный раствор выщелачивается, срок службы плиты резко сокращается.

3. Из-за фильтрации через тело бетона при постоянном притоке воды в отдельных плитах и монолитных участках произошла значительная коррозия арматурной стали, сопровождающаяся почти полным разрушением защитного слоя.

Эксплуатация конструкций в таком состоянии представляет опасность, а ремонтнопригодность стремится к нулю. Толщина прокорродированного слоя нижних полок стальных балок по осям «Л» и «М» достигает 3 мм, что указывает на высокую скорость коррозии и существенное снижение несущей способности балок. Требуется немедленное усиление поврежденных стальных балок.

4. Отсутствие деформационных швов в конструкции и облицовке, в местах сопряжения лестничных сходов с тоннелями, в местах изменения высоты стеновых блоков и, следовательно, в местах отсутствия жесткой связи омоноличивания лотковой части тоннеля, а также ненадежное выполнение объединения стеновых блоков монолитной железобетонной обвязкой вызвали неравномерные осадки основания и конструкции, проявившиеся в вертикальных трещинах в облицовке стен тоннелей и сходов, а также трещин между плитами перекрытий и в сопряжениях между монолитной и сборной конструкциями перекрытия тоннелей.

Повреждения в виде трещин в стыках сборных элементов перекрытия, образовавшихся также в результате воздействия нагрузок от транспортных средств и «клавишной» работы сборных элементов при неравномерно-распределенных вертикальных нагрузках, свидетельствуют о недостаточной горизонтальной жесткости таких конструкций. Причиной недостаточной жесткости сборных перекрытий является так-

же низкая клеящая способность цементного вяжущего, примененного при замоноличивании стыков.

6. Некачественное выполнение работ привело к отслоению парапетных гранитных плит, наружной гранитной облицовки парапетов и внутренней облицовки стен сходов.

7. Отсутствие «слезника» в облицовке лобовой порталной стенки приводит к попаданию дождевой воды, стекающей с порталной стенки, на наклонную лобовую плиту тамбура.

В результате воздействия отрицательной температуры на увлажненную плиту сначала разрушается штукатурный слой, затем бетон плиты, а арматура и в настоящее время подвергается коррозии и отслаивается защитный слой бетона.

8. Применение некачественных материалов и ведения строительных работ привели к отслаиванию внутренней облицовки стен и сходов, наружной облицовки парапетов, провалу опорных рамок чугунных решеток прямков. Отслаиванию облицовки в тоннелях способствует динамическое воздействие на перекрытие от движения транспортных средств по проезжей части улиц, общая толщина засыпки и дорожной одежды которых составляет 30...35 см.

9. Выход из строя системы обогрева лестниц при отсутствии павильонов над сходами приводит к образованию наледи на площадках, ступенях лестниц, у прямков. При освобождении лестниц от наледи механическими способами разрушаются гранитные проступи, во многих случаях проступи и облицовка площадок отслаиваются. В результате созданы опасные условия для движения пешеходов.

10. На основании всестороннего анализа дефектов подземного пешеходного перехода с учетом причин, вызвавших их, произведена классификация дефектов и объединение их на группы.

Все повреждения, оказывающие влияние на такие важные эксплуатационные характеристики сооружения как долговечность и безопасность движения транспорта и пешеходов, отнесены к определенной категории (по пятибалльной шкале) в зависимости от способа их устранения.

11. Проверка конструктивных элементов, находящихся на неповрежденных участках пешеходного перехода с ненарушенной гидроизоляцией и в которых отсутствуют дефекты, показывает, что они могут эксплуатироваться под современными нагрузками в соответствии со СНиП 2.05.03-84* без ограничений и для поддержания таких конструкций в исправном состоянии требуются только работы текущего содержания.

Пирадов К.А., Мамаев Т.Л., Кожобеков Т.А.

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Морозостойкость — свойство бетона длительно сохранять плотность при многоцикловых термовлажностных воздействиях, в том числе при изменениях фазовых состояний воды, заполняющей дефекты в структуре бетона. Иными словами, морозостойкость определяется структурой бетона, интегральными характеристиками которой являются силовые и энергетические параметры механики разрушения — критические коэффициенты интенсивности напряжений (КИН) при нормальном отрыве