

Пастушков Валерий Геннадьевич
Белорусский национальный технический университет
Доцент кафедры «Мосты и тоннели»
Кандидат технических наук
Pastushkov Valery Gennadevich
Belarusian national technical university,
Associate professor "Bridges and tunnels "
E-Mail: valpast@inbox.ru

Янковский Леонид Вацлавович
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Доцент кафедры «Автомобили и технологические машины»
Кандидат технических наук
Yankovsky Leonid Vatslavovich
FGBOU VPO "Perm National Research Polytechnical University"
Associate professor "Cars and technological cars"
E-Mail: yanekperm@yandex.ru

Строительные материалы и изделия

Проектирование дорожной одежды над подземным сооружением торгового центра

Design of road clothes over the underground construction of shopping center

Аннотация: Долговечность железобетонных конструкций подземного сооружения во многом зависит от эффективности принятого конструктивного решения дорожной одежды над сооружением, а также гидроизоляции сооружения – наиболее уязвимой части сооружения. В статье рассмотрено решение этого вопроса с помощью гидроизоляционного покрытия над подземным торговым центром в г. Минске.

Abstract: The durability ferroconcrete designs an underground construction in many respects depends on efficiency of the made constructive decision road clothes over a construction, and also construction waterproofings – the most vulnerable part of a construction. In article the solution this question by means of a waterproofing covering over underground shopping center in Minsk is considered.

Ключевые слова: Подземные сооружения; дорожная одежда; монолитные железобетонные конструкции; защита бетона от коррозии.

Keywords: Underground construction; road clothes; monolithic ferroconcrete designs; protection of concrete against corrosion.

Строительство подземных сооружений в крупных городах ведётся всё возрастающими темпами в большинстве промышленно развитых стран. Застройка подземных пространств городов позволяет решить проблему рационального использования наземных территорий, что приводит к улучшению транспортных потоков и повышению безопасности дорожного движения. Строительство подземного комплекса с паркингом на площади Независимости в г.

Минске является примером рационального использования подземного пространства в крупном городе.

Многолетняя отечественная и зарубежная практика эксплуатации подземных сооружений доказала нежелательность допущения фильтрации грунтовых вод через стыки между панелями и узлы сопряжения сборных элементов [1]. Такая фильтрация сопровождается коррозией бетона несущих конструкций [2]. Кроме того, был необходим отказ от многочисленных продольных и поперечных швов между сборными балками и плитами, так как обеспечить надежную работу гидроизоляции со сборным покрытием и стенами практически невозможно [3]. Поэтому для уникального объекта для г. Минска было принято решение выполнить монолитные железобетонные конструкции вместо сборных. Как показал опыт экспериментального строительства подземного объекта, принятое решение следует признать правильным.

Конструкция паркинга подземного торгово-общественного центра на площади Независимости в г. Минске (блок №1) представляет пространственное четырехъярусное сооружение с безбалочными перекрытиями и покрытием в монолитном исполнении (рис. 1).



Рис. 1. Строительство паркинга подземного торгово-общественного центра

Подземный паркинг представляет собой сооружение прямоугольной формы в плане, с размерами в плане 91,3 x 78 м, с высотами ярусов: верхнего –4 м, всех последующих –3,0 м. Сетка колонн в местах установки автомобилей 5,5 x 6,0 м, в проездах – 7,5 x 6,0 м. (рис.2).

Безбалочное монолитное покрытие представляет собой сплошную плиту толщиной 400 мм из бетона класса $C^{35}/_{45}$ (B45), опертую непосредственно на колонны со скрытыми капителями. По контуру сооружения безбалочная плита жестко сопряжена с несущими наружными стенами. Расчет конструкций паркинга и рабочие чертежи колонн и перекрытий и покрытий выполнены проектным институтом «Минскметропроект».



Рис. 2. Внутренний вид паркинга подземного центра «Столица»

Для устройства монолитных конструкций использован бетон класса по прочности на сжатие $B45$ ($C^{35}/45$), марки по морозостойкости $F100$, марки по водонепроницаемости $W6$.

Обследованиями подземных сооружений с оклеечной и обмазочной изоляцией выявлено, что изоляция на битумной основе не обеспечивает требуемой долговечности, соответствующей долговечности самой конструкции. Срок службы такой изоляции составляет 7–10 лет, что в десятки раз меньше расчетного срока службы сооружения [4]. Опыт использования типового решения гидрозащиты для тоннелей метрополитенов с применением традиционных отечественных материалов на Минском метрополитене показал их недолговечность. Необходимы были альтернативные варианты устройства дорожной одежды и гидроизоляции уникального подземного сооружения в г. Минске. Поэтому для экспериментального объекта было выбрано конструктивное решение гидроизоляции с применением геосинтетиков. Внедрение новых технологий при экспериментальном проектировании и строительстве уникального объекта позволило накопить необходимый опыт.

Применение геосинтетиков при устройстве гидроизоляции подземных сооружений является весьма эффективным и хорошо апробированным решением иногда их называют геоимплантными конструкциями [5, 6].

Прототипом принятого «Минскметропроектом» конструктивного решения гидроизоляции послужило решение, принятое при проектировании и строительстве многофункционального комплекса «Царев сад» с подземной автостоянкой на Софийской набережной в Москве [7]. В соответствии с зарубежным опытом конструкция гидроизоляции, например, фундаментной плиты состоит из подкладочного слоя гидротекстиля, укладываемого по бетонной подготовке, гидроизолирующей $HDPE$ – геомембраны и последовательно укладываемых над ней защитных слоев из геотекстиля, полиэтиленовой пленки и армированного бетона. Однако российские строители, учитывая сложившуюся у нас культуру производства строительных работ, предложили новое конструктивное решение гидроизоляции с внутренним страховочным слоем. Именно оно послужило основой для

проектирования схемы и конструкции гидроизоляции одного из сложнейших (в техническом плане) объектов, не имеющего аналогов в практике белорусского подземного строительства.

На основании результатов проведенных немногочисленных испытаний гидроизоляции с применением геосинтетиков и положительного опыта экспериментального проектирования и строительства подземного комплекса «Царев сад» в г. Москве [7] проектным институтом ОАО «Минскметрострой» были предложены конструктивные решения и требования к гидроизоляционным материалам.

Проектом предусмотрено устройство гидроизоляции покрытия с применением следующих материалов: синтетическое нетканое иглопробивное полотно (геотекстиль); пленка высокой плотности *HDPE* (геомембрана); профиль *WATER-STOP*; инъекционные штуцера; дренажное покрытие. Конструктивное решение гидроизоляционной системы покрытия представлено на рис.3.

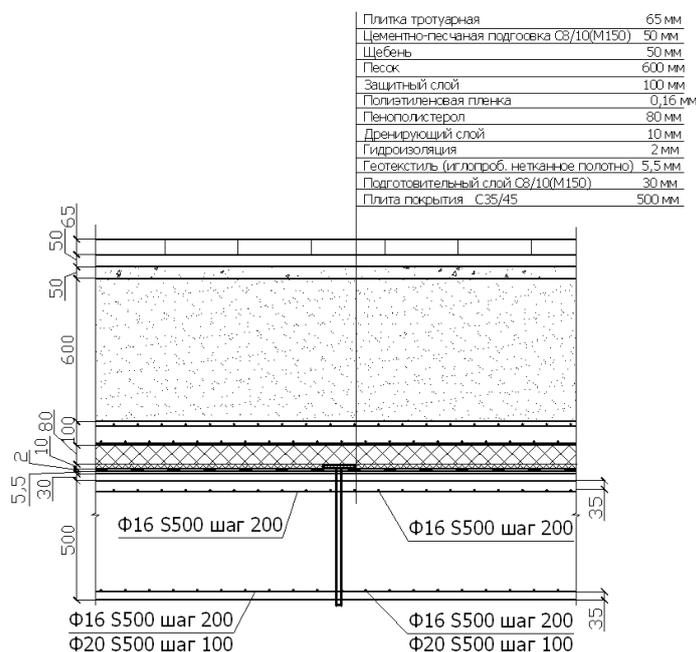


Рис. 3. Конструктивная схема гидроизоляции по покрытию

Для устройства подкладочного и защитного слоев использовалось синтетическое нетканое иглопробивное полотно (геотекстиль) с плотностью 500 г/м², марки ПИГТС-ППВ-ГУ-530, соответствует СТБ 1104-98 [8]. Для защиты геотекстиля от кальматации цементным молоком применялась полиэтиленовая пленка толщиной 0,16 мм. Полиэтиленовая пленка, выпускаемая ОАО «Полимер», соответствует ГОСТ 10354.

В качестве основного материала при устройстве гидроизоляции применялась гидроизоляционная полиэтиленовая пленка высокой плотности *HDPE* гладкая (геомембрана), соответствует ГОСТ 30547, толщиной 2 мм. Геомембрана обладает химической стойкостью к воздействию сульфатов и хлоридов, микроорганизмов и бактерий. Геомембрана обладает прочностью на растяжение не менее 16 МПа, удлинением при разрыве не менее 700 %, водопоглощением менее 0,1 %.

Для оценки работы гидроизоляции в составе конструкции гидрозащиты плиты проезжей необходимо иметь данные о диаграмме деформирования материала.

Нами проведены испытания материала на растяжение до разрушения на прессе ИР 5057-50 с автоматической записью диаграммы «N-ε» (рис.4).

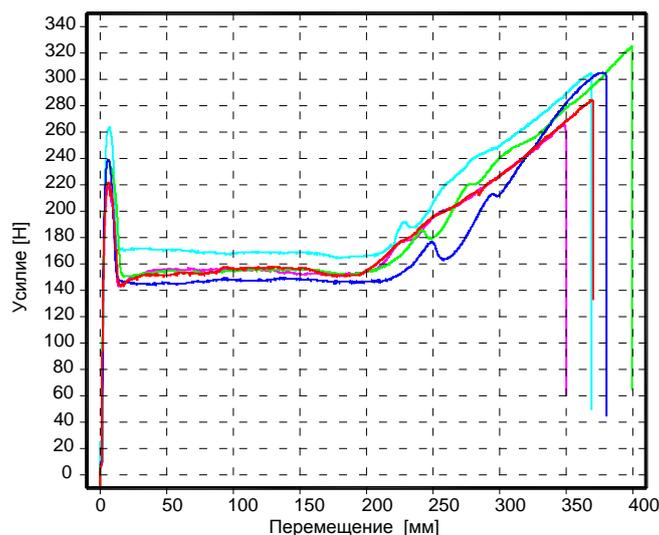


Рис. 4. Диаграммы деформирования гидроизоляционного материала и результаты испытаний опытных образцов

Геомембрана выпускается в рулонах (масса рулона - 1470 кг и 1050 кг; ширина - 7 м и 5 м; длина 100 м) и упаковывается в полиэтиленовую пленку. Рулоны геомембраны транспортируются автотранспортом.

Хранение рулонов геомембраны осуществляется в сухом, защищенном от механических воздействий месте, при температуре не ниже плюс 5 °С. Рулоны хранятся в горизонтальном положении, в перекрещивающемся положении хранение запрещается. Высота штабеля не более четырех рядов по высоте.

Следует отметить, что в зарубежной строительной практике уже используются материалы более высокого класса, чем примененная для экспериментального объекта геомембрана, например, геомембрана из высокопластичного полиэтилена, имеющая следующие основные характеристики: плотность 0,929 г/см³, прочность при разрыве 34 Н/мм², удлинение при разрыве 950 %, сопротивление раздиру 260 Н, сопротивление продавливанию 530 Н, ударную вязкость 1050 мДж/мм², критическую температуру хрупкости (при ударе) – 84°С.

Для нагнетания смолы на основе полиуретана на поверхность геомембраны в случае исправления дефектов гидроизоляционного покрытия в процессе эксплуатации сооружения предусмотрены инъекционные трубки.

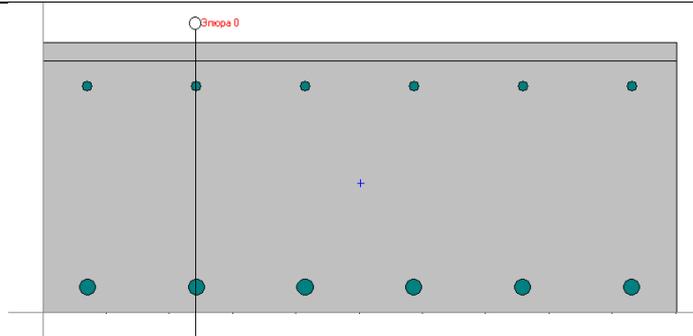
Напряженное состояние отдельных слоев в полученной многослойной конструкции покрытия от действия эксплуатационной нагрузки представлено в таблице.

Таблица 1

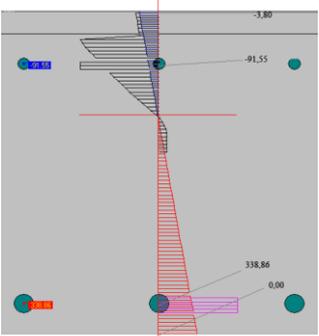
Расчет выравнивающего слоя

Исходные данные для расчета:

- Расчет выполнен по методу предельных состояний с параболически-линейной деформационной диаграммой бетона;
- Расчет выполняется с учетом длительного действия нагрузки.



Расчетное сечение
Выравнивающий слой 1000 x 30 мм Плита покрытия 1000 x 400 мм

Бетон, используемый в проекте	$f_{ck} (R_{bn})$, МПа	E_{cm} , ГПа	Тип бетона
B45 (C35/45)	35.00	34	Тяжелый бетон
B10 (C8/10)	8.00	24	Тяжелый бетон
Арматурная сталь, используемая в проекте	$f_{yk} (R_{sn})$, МПа	$f_{tk} (R_{sm})$, МПа	Предварительное напряжение
S500 (АТ500с)	500.00	525.00	без преднапряжения
Диаметр арматуры, используемой в проекте	A_s1	A_s2	
	28	14	
Результат расчета при заданных усилиях	M_x , кНм	M_y , кНм	N , кН
от собственного веса в том числе	0.0	309.5	0.0
	Деформации и напряжения в бетоне выравнивающего слоя $\sigma_{max} = - 3.802 \text{ Н/мм}^2$ $\epsilon = - 0.0009285 \text{ мм}$ $\sigma_{min} = - 3.171 \text{ Н/мм}^2$ $\epsilon = - 0.0007268 \text{ мм}$ Максимальная деформация в зоне растяжения $\epsilon = 0.001963 \text{ мм}$		Ширина раскрытия трещины $w_k = 0.289 \text{ мм}$

Отечественные материалы и изделия соответствовали требованиям нормативных документов Республики Беларусь. Строительные материалы, поступающие из-за рубежа по которым нет опыта использования в Белоруссии и соответствующих нормативных документов [9], имели сертификаты соответствия или технические свидетельства Минстройархитектуры Республики Беларусь. При проектировании также необходимо учитывать технические риски [10].

Выводы

1. Конструктивные слои дорожной одежды, в том числе и гидроизоляция, не в меньшей степени, чем несущие конструкции, подвержены действию различных нагрузок.
2. Разработка и внедрение подземных сооружений с монолитной плитой проезжей части – основной путь решения повышения их долговечности.
3. Принятое решение дорожной одежды над подземным сооружением позволяет гидроизоляции работать без разрыва при образовании на изолируемой поверхности трещин с раскрытием до 0,2-0,3 мм [11].

Исследование проведено при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России из федерального бюджета в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, соглашение № 14.В37.21.1222.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пастушков, В.Г. Экспериментальные исследования пространственной работы железобетонных бездиафрагменных пролетных строений на крупномасштабных моделях / Пастушков В.Г., Пастушков Г.П. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. №2. С. 141-151.
2. Серенко, Н.А. Гидрозащита проезжей части автодорожных мостов / Н.А. Серенко: Юбилейный сб. МИИТ. – М., 1997. – С.164 –170.
3. Сахарова, И.Д. Проблемы устройства гидроизоляции мостовых сооружений / И.Д. Сахарова // Вестник мостостроения. – 1993. – №1.
4. Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Анализ срока службы современных цементных бетонов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/104-6559> (дата обращения: 02.07.2012).
5. Кочетков А.В. Геоимплантат как новый предметный термин в геосинтетике // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 36.
6. Янковский Л.В. Классификация геоимплантатных конструкций, используемых при строительстве и ремонте транспортных объектов // Строительные материалы. – 2011. – №7. – С. 51-53.
7. Юркевич, П. Гидроизоляция подземных сооружений с использованием геосинтетиков. Три подхода к обеспечению надежности гидроизоляции / П. Юркевич. – М.:ТИМР, 2001. – 73 с.
8. СТБ 1104-98. Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства. Технические условия. – Минск, 1998.
9. ENV 1992-1 EUROCODE 2: Design of concrete structure. Part 1: General rules and rules for bulding.
10. Кокодеева Н.Е., Талалай В.В., Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Янковский Л.В. Методологические основы оценки технических рисков // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28(47). – С. 126-134.
11. Пастушков, Г.П. О переходе на европейские нормы проектирования мостовых конструкций в Республике Беларусь / Пастушков Г.П., Пастушков В.Г. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. С. 113-121.

Рецензент: Кочетков Андрей Викторович, д.т.н., профессор СГТУ, начальник отдела РОСДОРНИИ.