

УДК 666.972

*Мишутин А.В., доктор технических наук, профессор,
Кровяков С.А., кандидат технических наук, доцент
Одесская государственная академия строительства и
архитектуры, ул. Дидрихсона. 4, г. Одесса, 65029
тел. +38 (048) 717-99-21, e-mail: mishutin52@mail.ru,
serg_kr_@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ И ВОДООТВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОДОРОГАХ

Показано, что применение комплексного модификатора, включающего современную кольматирующую добавку, суперпластификатор и наполнитель, позволяет эффективно снизить проницаемость бетона, благодаря чему повышается долговечность конструкций водопропускных и водоотводных сооружений на автодорогах.

Ключевые слова: водопропускные сооружения, модификатор, водонепроницаемость, морозостойкость, долговечность.

Водопрпускные сооружений предназначены для отведения поверхностных вод с верховой стороны земляного полотна автомобильной дороги на низовую. К водопрпускным сооружениям относятся также водоотводы, служащие для пропуска ирригационных, мелиорационных и других каналов под автомобильной дорогой. Основным назначением водоотводных сооружений является сбор и удаление воды от откосов земляного полотна и отвод к водопрпускным сооружениям.

Современное дорожное строительство в условиях Украины требует устройства большого числа водопрпускных сооружений. Качество работы данных сооружений во многом определяет эксплуатационные свойства и долговечность дороги. Соответственно важной задачей является обеспечение долговечности систем водоотведения, поскольку разрушение водопрпускных сооружений приводит не только к нарушению нормальной эксплуатации дороги, но и развитию эрозий и оползней в прилегающей местности, а также к загрязнению окружающей среды.

В Украине большинство водопрпускных сооружений на автодорогах являются железобетонными, при этом достаточно широко применяются тонкостенные конструкции толщиной 8...16 см. Тонкостенные конструкции экономически выгодны, поскольку обладают низкой материалоемкостью и весом, а также они более удобны при монтаже. Однако в сложных условиях эксплуатации возникает проблема разрушения бетона тонкостенных конструкций под напорным действием воды, а также в результате замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания [1-3]. Таким образом, одними из основных показателей качества, обеспечивающих долговечность железобетонных конструкций водопрпускных и водоотводных сооружений в климатической зоне Украины, являются водонепроницаемость и морозостойкость бетона [4-6]. Помимо того следует учитывать, что часть водопрпускных сооружений на автодорогах в процессе эксплуатации подвергаются динамическим воздействиям от движущегося транспорта, а также в результате ударов льда и плавущих предметов. Для подобных сооружений, или по крайней мере для их наиболее динамически нагруженных частей, также важными показателями качества можно считать ударо- и трещиностойкость бетона.

Одним из наиболее эффективных методов обеспечения водонепроницаемости бетона в конструкции является нанесение влагозащитных покрытий (вторичная защита). Однако помимо достаточно высокой стоимости мер вторичной защиты бетона можно выделить еще один

недостаток - при механическом повреждении поверхности конструкции возникает фильтрация. При этом в реальных условиях эксплуатации водопропускных водоотводных сооружений поверхностные повреждения, в том числе морозные, весьма вероятны, а возобновление покрытий весьма затруднительно. Таким образом, применение первичных мер защиты, т.е. обеспечение водонепроницаемости бетона, предпочтительнее вторичной защиты (покрытий).

На основе накопленных при обследованиях тонкостенных гидротехнических и транспортных сооружений данных [7] был проведен анализ механизмов формирования локальных и интегральных температурно-влажностных деформаций в бетоне конструкций данных сооружений. Ввиду неравномерного распределения влаги по высоте конструкций деформации переходят от набухания, в подводной их части, к усадке, в зонах пониженного влагосодержания [8]. Колебания уровня воды вызывает изменение распределения влаги по высоте и по сечению конструкции, что приводит к изменению величины и направления действия влажностных деформаций. В материале возникают интегральные влажностные деформации, которые распространяются как вдоль, так и по сечениям тонкостенной конструкции. Аналогичное распределение деформаций связано с изменением температуры материала в конструкции. Интегральные деформации формируются путем взаимодействий локальных деформаций, которые зависят от капиллярно-пористой структуры материала.

Наиболее эффективным методом целенаправленного изменения капиллярно-пористой структуры бетона для снижения его проницаемости является применение специальных добавок-модификаторов. Более равномерно распределять локальные деформации по объему материала, изменяя условия формирования интегральных деформаций, также можно при помощи объемного дисперсного армирования.

Структура бетона в процессе эксплуатации сооружения непрерывно изменяется в результате эксплуатационных воздействий (рабочих нагрузок, напорного действия воды, замораживания и оттаивания, капиллярного подсоса, накопления солей и пр.). Среди положительных процессов, способствующих адаптации [9] модифицированного бетона тонкостенных конструкций водопропускных и водоотводных сооружений следует назвать, во-первых, кольматацию пор за счет действия химдобавок [4], во-вторых, кольматацию пор продуктами коррозии, и в третьих, позднюю гидратацию цемента.

Для повышения долговечности бетона тонкостенных водопропускных, водоотводных и прочих гидротехнических и транспортных сооружений специалистами Одесской государственной академии строительства и архитектуры был разработан комплексный модификатор [5], включающий кольматирующую и пластифицирующую добавку, а также мелкодисперсный наполнитель – молотый кварцевый песок. Модификатор позволяет не только уменьшить общий объем открытых пор, но и повысить однородность пор по размерам. На данные комплексные модификаторы [Пенетрон А + суперпластификатор С-3] и [Пенетрон А + С-3 + наполнитель] получены декларационные патенты [10,11]. Накоплен положительный практический опыт применения данных модификаторов в транспортном строительстве [12].

Применение разработанных комплексных модификаторов в бетонах тонкостенных конструкций позволяет в 1.5-2 раза увеличивать водонепроницаемость материала и на 150-200 циклов его морозостойкость. Модификаторы снижают общую пористость бетона на 10..12%, а капиллярную пористость, которая и определяет проницаемость, снижают почти в 2 раза. За счет применения модификаторов водонепроницаемость бетона и фибробетона достигает марки W16, а морозостойкость уровня F550-F650. Общая тенденция изменения водонепроницаемости и морозостойкости бетона за счет применения различных добавок и дисперсного армирования показана на рисунке 1.

Изучение структуры модифицированного комплексной добавкой бетона показало, что эффект кольматации Пенетрона А обеспечивается за счет последовательных химических реакций проходящих между составляющими цемента и компонентами добавки. В результате образуются

нерастворимые и малорастворимые новообразования, которые заполняют капилляры, поры и микротрещины. Новообразования обеспечивают эффект кольтматации путем блокирования пор, капилляров и трещин кристаллогидратами новообразований в структуре цементного камня. Размер пор после образования кристаллов уменьшается в среднем три раза, что подтверждается анализом микроструктуры модифицированного цементного камня.

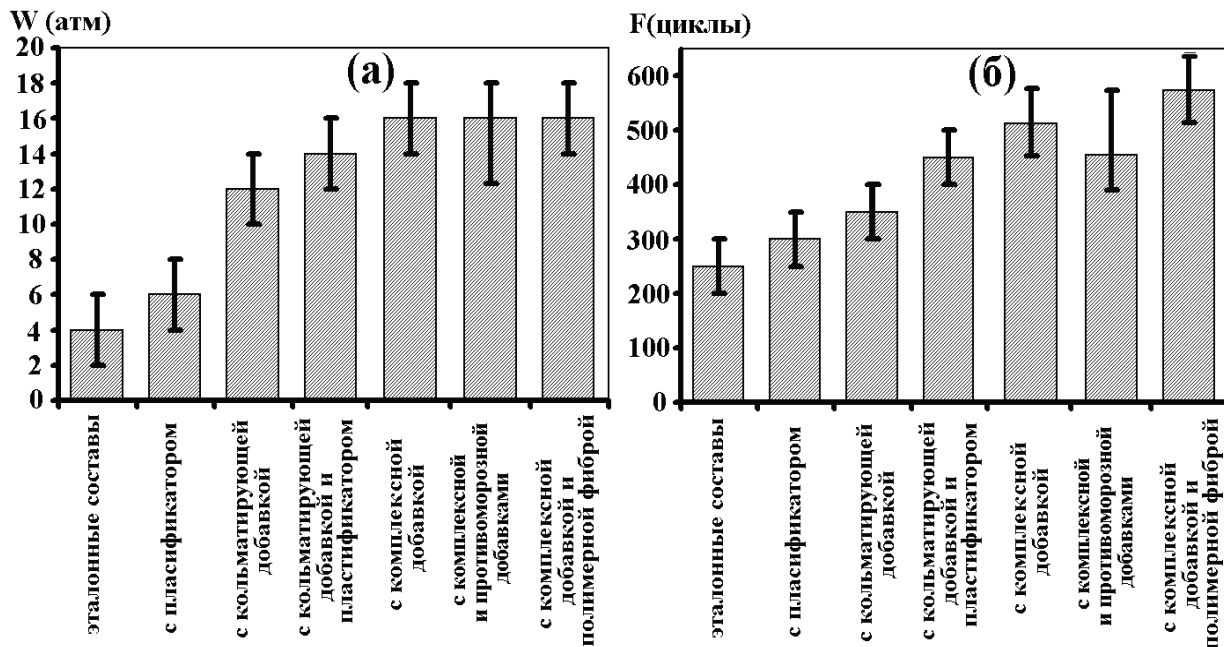


Рисунок 1. Тенденция изменения водонепроницаемости (а) и морозостойкости (б) бетона тонкостенных водопропускных, водоотводных и прочих гидротехнических сооружений за счет применения модификаторов и дисперсного армирования

Проведенные методом акустической эмиссии исследования показали, что наличие мелкодисперсного наполнителя приводит к улучшению однородности структуры бетона. Разрушение под нагрузкой на микроуровне носит равномерный характер без регистрации пиков. То есть наличие наполнителя в структуре улучшает эксплуатационные характеристики путем, во-первых, снижения количества микродефектов, формирующихся на стадии твердения, и, во-вторых, перераспределения нагрузки в материале.

Исследования акустической эмиссии фибробетона показали, что дисперсное армирование обеспечивает стойкость к микротрещинообразованию. Материал имеет высокое сопротивление к деструкции и разрушение происходит при разрыве волокон фибры в зоне максимального растяжения. При этом развитие макротрещины останавливается на $\frac{1}{2}$ сечения образца. При испытании армированных фиброй бетонов первые сигналы акустической эмиссии появляются лишь перед разрушением образца, следовательно, при нагружении продольные усилия компенсирует фибра, повышая стойкость бетонов к растяжению. Таким образом, дисперсное армирование существенно повышает стойкость бетона к развитию дефектов структуры, а раскрытие трещин в фибробетоне имеет более выраженный угасающий характер.

То есть наполнитель способствует не только снижению проницаемости бетона, но и повышению его стойкости к динамическим нагрузкам. А использование фибры значительно повышает долговечность конструкций в условиях ударных, истирающих и прочих динамических воздействий, являющихся вероятными в процессе эксплуатации водопропускных сооружений на автодорогах.

В целом, за счет применения модификаторов возможно получение бетона для тонкостенных конструкций водопропускных и водоотводных сооружений со следующими уровнями физико-

механических свойств: прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии 65-75 МПа, прочность на растяжение при изгибе 7-8.5 МПа, водонепроницаемость W10-W16, морозостойкость F500-F600, трещиностойкость (критический коэффициент интенсивности напряжений) 0.55-0.65 МПа \times м^{0.5}. При этом используются высокоподвижные исходные бетонные смеси с ОК 14-16 см, что обеспечивает высокую технологичность при изготовлении конструкций сооружений, в том числе монолитным методом.

Также с учетом частой технологической потребности проводить бетонные работы в зимнее время исследовалась возможность использования разработанного комплексного модификатора совместно с противоморозными добавками. Применялась противоморозная добавка Антифриз С (Antigelo S), производства фирмы Marei (1% от массы цемента), а также «Амкироз» РМР-3 (Зима-Универсал) и Криопласт СП15-1 производства «Полипласт-Новомосковск». Две последние пластифицирующе-противоморозные добавки вводилась в количестве 1.5% от массы цемента, при этом не вводился «ординарный» пластификатор, т.к. добавка выступает и в данной роли. Исследуемые бетоны твердели при температуре -5°C. Наиболее аффективными можно признать пластифицирующе-противоморозную добавку Криопласт СП15-1, которую можно применять в условиях зимнего бетонирования вместо «ординарного» пластификатора, и противоморозную добавку Антифриз С. Применении последней можно считать технологически менее выгодным, так как требует введения дополнительной операции, а также ввиду достаточно высокой стоимости самой добавки [13]. Хотя следует отметить, что использование противоморозной добавки в сочетании с комплексным модификатором несколько снижает уровень морозостойкости бетона по сравнению с аналогичным модифицированным бетоном без противоморозной добавки, однако твердевшим в нормальных условиях.

Результаты научной работы прошли внедрение в практику дорожного и гидротехнического строительства. Разработаны и утверждены в советующих ведомствах перечисленные ниже нормативные документы:

- Регламент по технологии приготовления и применения модифицированного бетона для гидротехнических сооружений мелиорации и водопропускных сооружений автодорог с применением полимерной фибры;

- Регламент по обследованию и оценке технического состояния бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений.

Таким образом, разработанная комплексная добавка [Пенетрон А + суперпластификатор С-3 + наполнитель], применяемая совместно с объемным дисперсным армированием полимерной фиброй, является эффективным модификатором для повышения долговечности материала конструкций, эксплуатируемых во влажных условиях и подверженных одностороннему гидростатическому давлению. Применение модифицированных данной комплексной добавкой бетонов позволяет значительно снизить проницаемость конструкций водопропускных и водоотводных сооружений на автодорогах, а также повысить их устойчивость к морозным и динамическим воздействиям, за счет чего значительно увеличивается надежность и долговечность сооружений.

ЛИТЕРАТУРА\

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / [В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев] – М.: Стройиздат, 1980 – 535 с.
2. Элбакидзе М.Г. Фильтрация воды через бетон и бетонные гидротехнические сооружения / М.Г. Элбакидзе. – М.: Энергия, 1974 – 145 с.
3. Иванов Ф.М. Защита железобетонных транспортных сооружений от коррозии / Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1968. – 176 с.
4. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа / В.И.

Бабушкин. – Харьков: Вища школа, 1989. – 168 с.

5. Дорофеев В.С. Повышение долговечности бетона тонкостенных гидротехнических сооружений за счет применения комплексных модификаторов / В.С. Дорофеев, А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 27 - Одеса: Місто майстрів, 2007, - С. 160-164.

6. Гапоненко Е.А. Обеспечение долговечности бетона водопропускных и водоотводных сооружений на автомобильных дорогах /Е.А. Гапоненко,С.А.Кровяков//Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 26. – Рівне: НУВГП, 2013. – С.53-58.

7. Мишутин А.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений / А.В.Мишутин, Н.В.Мишутин. – Одесса: Эвен, 2011. – 292 с.

8. ВыровойВ.Н. Механизм изменения структуры строительных композитов в условиях переменной влажности /В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Мишутин, Л.И. Резникова, Г.В. Суханов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 29 – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2008, – С. 54-63.

9. Чернявский В.Л. Адаптация бетона / В.Л. Чернявский – Днепропетровск: Нова ідеологія, 2002. – 216 с.

10. Патент № 19814, Україна, Бетонна суміш з добавками Пенетрон А + С-3 / ДорофеевВ.С., Мишутін А.В., Романов О.А. Заявник і утримувач патенту ОДАБА, 2006 р.

11. Патент № 32920, Україна, Бетонна суміш з наповнювачем (меленим піском), полімерною фіброю і комплексною добавкою [Пенетрон А + С-3] / Дорофеев В.С., Мишутін А.В., Кровяков С.О., Гапоненко К.О. Заявник і утримувач патенту ОДАБА, 2008 р.

12. Мишутин А.В. Структура и свойства модифицированных бетонов тонкостенных гидротехнических сооружений / А.В. Мишутин. Е.А. Гапоненко // Будівельні конструкції. - Вип. 78, Книга 2. – К.: НДІБК, 2013, - С.577-581.

13. Мишутин А.В. Модифицированные фибробетоны для конструкций плавучих сооружений/ А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 38– Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010, – С. 442-448.

УДК 666.972

ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАХ БЕТОНІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПРОНИКНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВОДОПРОПУСКНИХ ТА ВОДОВІДВІДНИХ СПОРУД НА АВТОДОРОГАХ

©Мишутин А.В., Кровяков С.А.

Показано, що застосування комплексного модифікатору, якій включає сучаснукольматурючу добавку, суперпластифікаторі наповнювач дозволяє ефективно знизити проникність бетону, завдяки чого підвищується довговічність конструкцій водопропускних і водовідвідних споруд на автодорогах.

Ключові слова: водопропускні споруди, модифікатор, водонепроникність, морозостійкість, довговічність.

UDC 666.972

USE OF MODIFIED CONCRETE STRUCTURES TO REDUCE THE WATERPROOF CULVERT AND DRAINAGE FACILITIES ON THE ROADS

© Mishutin A., Kroviakov S.

It is shown that the use of complex modifier comprising modern kolmatur additive, super-plasticizers and filler, can effectively reduce the permeability of concrete. Using the modified concrete culvert increases the durability of structures and drainage facilities on the roads.

Keywords: culverts, modifier, water-resistance, frost-resistance, durability.