

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ
ТОНКОСТЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Дорофеев В.С., д.т.н., профессор, Мишутин А.В., д.т.н., профессор

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Тонкостенные бетонные и железобетонные конструкции широко используются в современном гидротехническом и транспортном строительстве. Во многих случаях сооружения, в которых применены подобные конструкции, эксплуатируются в сложных условиях. В гидротехнических и плавучих сооружениях бетон подвергается одновременному неравномерному влиянию гидростатического давления, динамического воздействия жидкости и льда, смены температуры, замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания, воздействия солей и пр. [1]. В аэродромных покрытиях, преимущественно в верхних (тонких) слоях двухслойных конструкций, бетон подвергается воздействию давления от массы авиатранспорта, газов реактивных струй, атмосферных осадков, многократного увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания.

На основе данных, накопленных при исследовании тонкостенных гидротехнических, в том числе плавучих, и транспортных сооружений [2], был проведен анализ механизмов формирования локальных и интегральных температурно-влажностных деформаций в бетоне конструкций данных сооружений. В гидротехнических сооружениях ввиду неравномерного распределения влаги по высоте конструкций деформации переходят от набухания, в подводной их части, к усадке, в зонах пониженного влагосодержания [3]. Изменение 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 «волны» интегральных влажностных деформаций, которые протекают как вдоль, так и по сечениям изделия. Аналогичное распределение деформаций связано с изменением температуры материала в конструкции. Интегральные деформации формируются путем взаимодействий локальных деформаций, которые зависят от капиллярно-пористой структуры материала.

К мероприятиям по целенаправленному изменению капиллярно-пористой структуры бетона следует отнести применение специальных

добавок-модификаторов. Более равномерно распределять локальные деформации по объему материала, изменяя условия формирования интегральных деформаций, можно при помощи объемного дисперсного армирования.

В процессе эксплуатации сооружения структура его материала подвержена непрерывным изменениям, которые должны быть учтены при установке начальных требований к бетону и при проектировании его состава. Таким образом, для прогнозирования и обеспечения долговечности бетона тонкостенных гидротехнических и транспортных сооружений справедливо использовать рабочую схему, учитывающую:

- составы бетона. Ввиду специфики бетона тонкостенных гидротехнических (в том числе плавучих) и транспортных сооружений должен применяться сульфатостойкий портландцемент, щебень крупностью до 10..20 мм, а также желательна применять мелкодисперсный наполнитель;

- технологию приготовления. При обеспечении высокой подвижности смеси при низком водоцементном отношении и высоких физико-механических характеристик должны применяться кольматирующие и пластифицирующие добавки, а также стойкая в среде эксплуатации фибра, например полипропиленовая;

- структуру, формирующуюся на начальной стадии производства тонкостенной конструкции. Ввиду особенностей эксплуатации бетона для тонкостенных гидротехнических и транспортных сооружений, наиболее важными структурными характеристиками можно признать общий объем и тип порового пространства. Для фибробетона необходимо отдельно выделить каркас волокон фибры;

- изменение структуры в результате эксплуатационных воздействий (напорного действия воды, замораживания и оттаивания, капиллярного подсоса, накопления солей и пр.) а также процессов, происходящих в структуре модифицированного бетона.

Среди положительных процессов, способствующих адаптации бетона тонкостенных конструкций гидротехнических и транспортных 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 гидротехнических (в том числе плавучих) и транспортных сооружений 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 комплексные добавки [Пенетрон А + суперпластификатор С-3] и [Пенетрон А + С-3 + наполнитель] получены декларационные патенты [6,7]. Есть положительный опыт применения данных модификаторов в декоративных бетонах, используемых для повышения художественной выразительности плавучих гидротехнических сооружений [8].

Применение разработанных комплексных модификаторов позволяет в 1.5-2 раза увеличивать водонепроницаемость бетона и на 150-200 циклов его морозостойкость. Модификаторы снижают общую пористость материала на 10..12%, а капиллярную почти в 2 раза. При их применении морозостойкость мелкозернистого бетона и фибробетона достигает уровня F550-F650, водонепроницаемость – W16. Общая тенденция изменения водонепроницаемости и морозостойкости бетона за счет применения модификаторов и дисперсного армирования показана на рис.1. Помимо исследований бетонов тонкостенных гидротехнических сооружений были проведены исследования бетонов для верхних слоев аэродромных покрытий, изготавливаемых в жарких условиях. Быстрое обезвоживание, характерное для подобных условий, отрицательно сказывается на структуре и прочности бетона. Для получения качественного бетона аэродромных покрытий в условиях жаркого климата необходимо применять комплекс мер, направленных на обеспечение гидратации цемента, в частности, использовать пластифицирующие добавки и ускорители твердения. Известным технологическим приемом повышения таких важнейших для аэродромных покрытий свойств как износостойкость, ударостойкость и трещиностойкость бетона является применение дисперсного армирования фиброй. А как показано выше, целесообразно использование мелкодисперсного наполнителя для управления микроструктурой и, соответственно, свойствами бетона.

Проведенные исследования показали [9], что для изготовления бетона аэродромных покрытий, предназначенных для стран с жарким климатом, можно рекомендовать следующие технологические приемы. Во-первых, для обеспечения гидратации цемента при высокой технологичности смеси вводить в состав бетона повышенное количество суперпластификатора и ускорителя твердения. Во-вторых, применять дисперсное армирование, вводя 1-1.2 кг/м³ полипропиленовой фибры. Введение фибры повышает прочность бетона на растяжение, а также значительно повышает ударостойкость материала и снижает его истираемость. В-третьих, заменять 7-10% цемента на мелкодисперсный кварцевый наполнитель, что положительно влияет на величину прочности на растяжение при изгибе и трещиностойкости. При этом замена

части цемента на наполнитель не сказывается на величине прочности на сжатие бетона и позволяет снизить себестоимость материала.

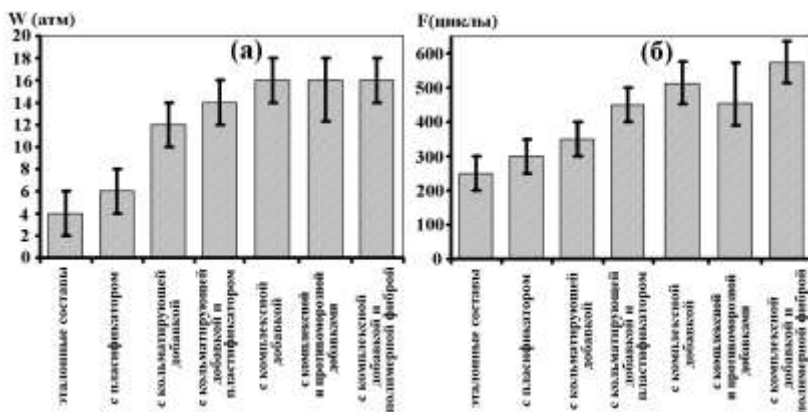


Рис.1. Тенденция изменения водонепроницаемости (а) и морозостойкости (б) бетона тонкостенных плавучих и гидротехнических сооружений за счет применения модификаторов и дисперсного армирования

Заключение

Таким образом, за счет применения комплексной модификации можно добиться значительного повышения качественных показателей и долговечности бетона, в том числе, для тонкостенных конструкций гидротехнических и транспортных сооружений. Разработаны комплексные модификаторы для подобных конструкций, а также для верхних слоев аэродромных покрытий. Проанализировано действие модификаторов на структуру бетонов и фибробетонов. Показано, что основные изменения качественных показателей и долговечности бетона обуславливаются возможностью регулирования его капиллярно-пористой структуры и проницаемости. Применение комплексных модификаторов позволяет получить микропористые бетоны и фибробетоны с высокой однородностью пор. Доказана эффективность применения тонкодисперсного наполнителя для повышения механических свойств и долговечности бетона. Разработанные комплексные модификаторы успешно применяются в гидротехническом строительстве, железобетонном судостроении и при производстве аэродромных покрытий.

Summary

We describe methods to improve the durability of concrete walled hydraulic and transport facilities. It is shown that is necessary to ensure the longevity of a finely porous structure with low total and capillary porosity. Developed complex modifiers for thin-walled structures, as well as for the upper layers of airfield pavements.

Литература

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

2. Мишутин А.В. Повышение долговечности бетонов тонкостенных плавучих и портовых гидротехнических сооружений / А.В. Мишутин, Н.В. Мишутин – Одесса: Одесский центр научно-технической и экономической информации, 2003 – 192 с.

3. Выровой В.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, 2008, – С. 54-63.

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

7. 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.

8. Петричко С.Н. Прочностные характеристики декоративных судостроительных бетонов/ С.Н. Петричко // Вісник ОДАБА, Вип. 44. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2011. – С. 258-263.

9. Атия Аль Амрей Ровад Бетон аэродромных покрытий в условиях жаркого климата Ирака / Атия Аль Амрей Ровад, А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 37 - Одеса: ЗРС, 2010, – С. 22-27.