

хозяйствования и при выполнении научных исследований, обеспечивают возможность разработки теоретических основ фильтрационных аспектов технологии первичной защиты твердеющего бетона путем «пропитки» его с поверхности составами, уплотняющими структуру цементного камня (бетона).

Список цитированных источников

- 1 Дахли, М Гидрофобно-кольматирующая пропитка бетона в условиях жаркого климата. автореф. дис. канд. тех. наук: 05.23.05 / Дахли Мохамед; Харьков. гос. университет строительства и архитектуры – Харьков, 1996 – 21 с
- 2 Крашенивникова, Л.А Гидратация и твердение портландцемента в присутствии функциональных добавок в составе сухих строительных смесей. автореф. дис. канд. тех. наук: 05.17.11 / Крашенивникова Лариса Алексеевна, Санкт-Пб гос. технолог. институт – Спб, 1999. – 18 с
- 3 CPI - Concrete Plant International = CPI - Международное бетонное производство: журнал рус. Изд. – 2008, август № 4 – с. 40
- 4 Варенюк, С.В. Эффективные защитные цементные покрытия, модифицированные полимерами: автореф. дис. док. Тех. наук: 05.23.05: Варенюк Светлана Викторовна; Моск. Гос. стр. ун-т – Москва, 2006. – 37 с
- 5 Темкин, Е.С. Технология бетона для сухого жаркого климата с использованием солнечной энергии: учеб. пособие для вузов / Е.С. Темкин. – Москва: АСВ, 2006. – 68 с.
- 6 Трахимчук, О.Е. Повышение эксплуатационных свойств бетона обработкой растворами на основе гексафторсиликата магния. автореф. дис. канд. техн. наук: 05.17.11: 05.17.01 / О.А. Трахимчук; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск, 2006. – 19 с.
- 7 Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона – М.: Стройиздат, 1981. – С. 8-220.
- 8 Лейбензон, Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. – М.: Л.: Гостехиздат, 1947. – С. 11-73.
- 9 Коллинз, Р. Течение жидкостей через пористые материалы – М.: Мир, 1964 – С. 68-104.
- 10 Полубаринова-Кончина, П.Я. Теория движения грунтовых вод – М.: Наука, 1977. – С. 17-88.
- 11 Батыновский, Э.И. Особо плотный бетон сухого формирования: монография / Э.И. Батыновский – Мн.: НПО000 «Стринко», 2002. – С. 61-86.

УДК 666.972

СТОЙКОСТЬ БЕТОНА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Бондарович А.И., Батыновский Э.И.

Введение: В процессе эксплуатации бетона дорожных покрытий, элементов мощения и благоустройства они подвергаются механическим воздействиям: истирающим, сжимающим, изгибающим, ударным нагрузкам различной интенсивности и значений, которые многократно повторяются во времени. Этот аспект деструктивного воздействия на бетон стандартные методы не учитывают, как по причине непредсказуемости вероятных условий эксплуатации строительных изделий и конструкций, изготовленных из проверяемого бетона, так и из-за неопределенности критериев оценки их воздействия на бетон. Несмотря на (развитие теории морозостойкости [1–7]) и то, что еще в 30-ых годах XX века Ю.А. Нилендер выявил непосредственное влияние напряженного состояния бетона от внешних (и «внутренних») воздействий на его морозостойкость и долговечность а в 50-60-х годах под руководством В.М. Москвина [8] это направление исследований получило развитие, накопленной информации недостаточно для того, чтобы попытаться количественно оценить влияние механических нагрузок на морозо-, солестойкость бетона особенно с учетом того факта,

что они оказывают существенное влияние на проницаемость и прочность бетона [9]. Такая оценка необходима как для разработки методики контроля и прогнозирования эксплуатационной надежности и ожидаемой долговечности разнообразных бетонных покрытий транспортных коммуникаций и зон благоустройства, так и для определения уровня требований к физико-техническим характеристикам бетона при проектировании таких объектов. С этой целью были выполнены экспериментальные исследования, результаты которых частично представлены в настоящей статье.

Изменения массы образцов. Сравнение данных (рис. 1, 2 и 3) об изменении массы образцов бетона при испытаниях на морозостойкость в растворе соли и в воде (рис. 1) позволяет сделать вывод о том, что солевая среда резко интенсифицирует процесс деструкции бетона в сравнении с замораживанием-оттаиванием в воде. Интенсивность снижения массы (~ 3...4 г за 5 циклов) контрольных образцов бетона к 30...35 циклам испытаний в солевой среде соответствует таковой к 60 и более циклам испытаний в «воде-среде», т.е. росту примерно в 2 раза. Если бетон подвержен одновременно воздействию статической механической нагрузки, (но не превышающей уровень ~ 50% проектной прочности бетона), и «солевому» размораживанию, процесс деструкции начинает ускоряться, а с ростом периодически прикладываемой нагрузки до 60% и более от проектной он повышается в 3...4 раза в сравнении с испытаниями в «воде-среде». Отмеченные закономерности характерны и для изменений других характеристик бетона, включая его прочность.

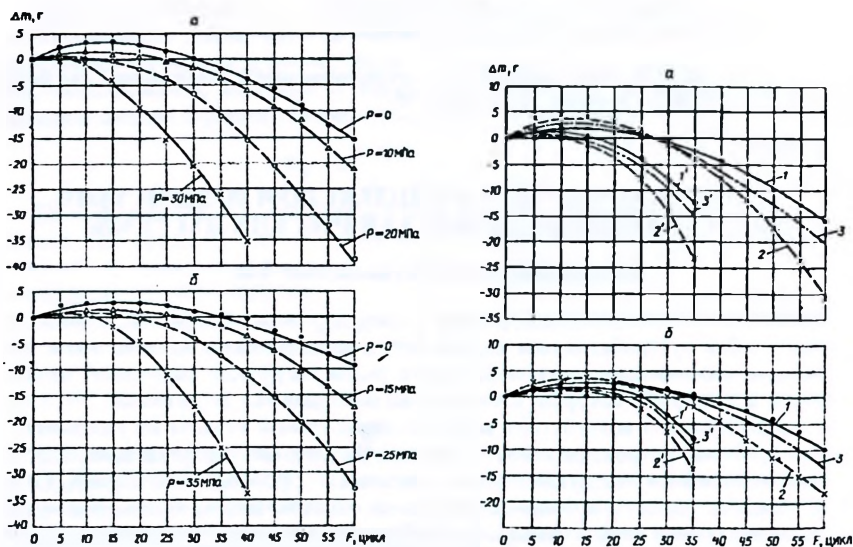


Рисунок 1 – Тенденция изменения массы основных образцов мелкозернистого бетона (а) и бетона со щебнем (б) под воздействием циклического замораживания-оттаивания в «среде-воде» $t = -(50 \dots 55)^\circ\text{C}$ в зависимости от статической механической нагрузки и условий твердения (графики № 1, 2 и 3 для образцов, твердевших, соответственно, «под пленкой», в воздушно-сухих условиях, пропаренных с дозреванием и испытанных в «среде-воде», со штрихом – испытанных в растворе соли)

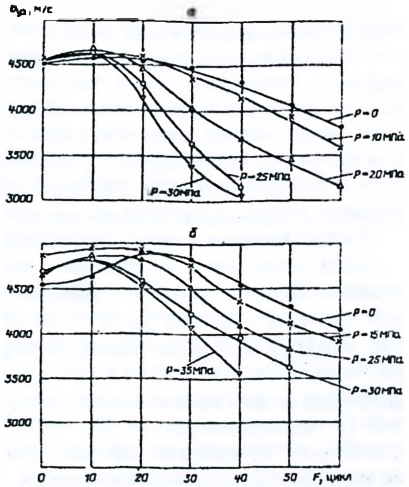
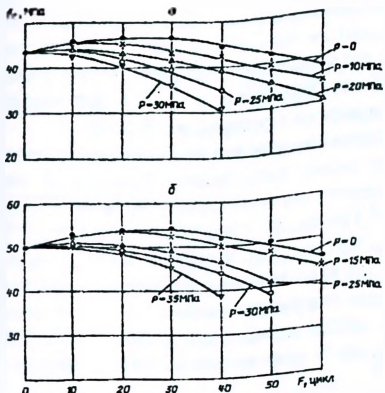


Рисунок 2 – Тенденция изменения прочности и скорости ультразвука контрольных ($P=0$) и основных образцов мелкозернистого бетона (а) и бетона со щебнем (б) под воздействием циклического замораживания-оттаивания в «среде-воде» при $t = -(50 \dots 55)^\circ\text{C}$ и статической механической нагрузки

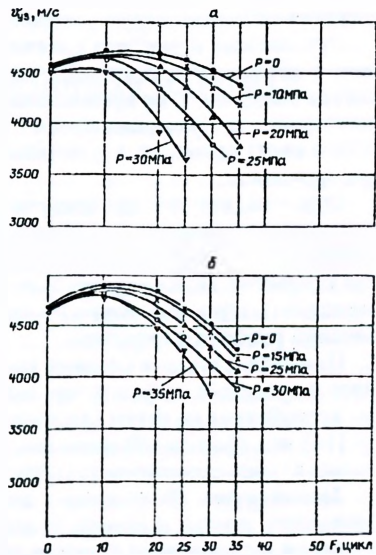
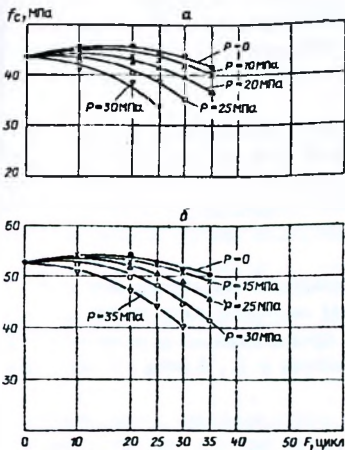


Рисунок 3 – Тенденция изменения прочности и скорости ультразвука контрольных ($P=0$) и основных образцов мелкозернистого бетона (а) и бетона со щебнем (б) под воздействием циклического замораживания-оттаивания в растворе соли при $t = -(50 \dots 55)^\circ\text{C}$ и статической механической нагрузки

Прочность бетона. Анализ данных испытаний бетона на морозостойкость в «среде-воде» и в растворе соли (рис. 2 и 3) свидетельствует, что для контрольных образцов (отсутствует механическая нагрузка) сохраняется общая закономерность некоторого роста прочности бетона на начальном этапе испытаний до 30...35 циклов в воде и до 10...20 циклов в растворе соли. Затем прочность бетона закономерно снижается при более высоком темпе для испытаний в солевом растворе. Если оценить эти изменения по количеству циклов, то получается, что влияние солевого раствора проявляется, примерно, в 2...3-х кратном ускорении процесса деструкции (по началу снижения прочности) бетона.

Сопоставление данных воздействия на бетон эффектов «размораживания» и солевой коррозии в сочетании с механическими нагрузками показывает следующее. Если статическая приложенная нагрузка не превышает 40% от проектной прочности бетона (уровень нижней [10] границы трещинообразования), то при циклических испытаниях на морозостойкость (как в «среде-воде», так и в растворе соли) изменения в прочности бетона практически одинаковы для контрольных и нагружаемых образцов. С ростом нагрузки до 50...60% от проектной (в экспериментах до 20...25 МПа для мелкозернистого и до 25...30 МПа для бетона со щебнем), процесс его деструкции при циклических испытаниях на морозостойкость активизируется.

В случае, когда механические нагрузки достигают уровня 65...75 % от проектной прочности бетона, т.е. соответствующего или превышающего верхнюю [10] границу его трещинообразования (в экспериментах равнялась ~ 30 МПа для мелкозернистого и ~ 35 МПа для бетона со щебнем), процесс деструкции и снижения прочности бетона прогрессирует уже после 10...20 циклов замораживания-оттаивания (при ускоренном развитии процесса в растворе соли).

Это связано с тем, что означенный уровень нагрузки приводит к образованию в объеме бетона «необратимо» раскрытых трещин, не исчезающих после снятия нагрузки. Они пронизаемы для воды и растворенной в ней соли, что (в сочетании с разрушающими факторами циклического замораживания-оттаивания) приводит к ускоренной деструкции бетона и резкому снижению его прочности.

Отметим, что этот процесс отражается и соответствующими закономерными изменениями скорости ультразвука (рис. 2 и 3). В результате, установив факт снижения скорости ультразвука в бетоне периодически контролируемых участков покрытия, можно прогнозировать вероятность снижения качества бетона и определять (прогнозировать) возможность дальнейшей эксплуатации (необходимость ремонта) покрытия.

При испытаниях в солевом растворе подтверждено, что отрицательный эффект от ударных сосредоточенных динамических нагрузок соответствует уровню воздействия на бетон статических нагрузок, превышающих верхнюю границу [10] его трещинообразования, включая снижение в 2...3 раза износоустойчивости (рост истираемости) образцов бетона.

Заключение. Выявленные по результатам исследований закономерности позволяют понять причины ускоренной деструкции бетона, подверженного в процессе эксплуатации комплексному воздействию среды, усиленному механическими нагрузками. Обобщение полученных данных дает основание для назначения предельных уровней нагрузок на бетон разнообразных покрытий, а также для установления требований к прочности бетона при их проектировании с учетом условий эксплуатации. Взаимосвязь изменений скорости ультразвука,

отражающих изменения структуры бетона в процессе эксплуатации, создает необходимые предпосылки для разработки методики оперативного контроля (оценки) состояния и прогнозирования долговечности бетона покрытий.

Список цитированных источников

1. Горчаков, Г.И., Каткин, М.М., Скрамтаев, Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений – М.: Стройиздат. 1965 – 195 с.
2. Дементьев, Г.К. Условие долговечности бетона и железобетона – Куйбышев: Куйбышевское книгоиздат, 1955 – 120 с.
3. Попов, Н.Д., Невский, В.А. К вопросу об усталости бетона при многократных циклах чередующихся воздействий окружающей среды: тр. МИСИ им. В.В. Куйбышева. – Сб № 15. – М., 1957. – С. 73–90.
4. Конопленко, А.И. К вопросу теории морозостойкости бетона: сборник трудов Ростовского инженерно-строит. института – Ростов-на-Дону. 1958 – Вып. XII.
5. Collins A. The destruction of concrete by frost, Institute of Civil Engineers 1944 nov.p.5412
6. Powers T. A working hypothesis for further studies of frost resistance of concrete J Am Coner Inst., 1945, № 4, v. 16.
7. Powers T., Helmuth R. Theory of volume changes in hardened portland – cement paste during freezing / Proceedings Hig way Research Board, 1953, v. 32.
8. Москвин, В.М., Подьяльный, А.М. Морозостойкость бетона в напряженном состоянии. Бетон и железобетон – 1960 – № 2 – С. 58–64
9. Батяновский, Э.И. Влияние многократных механических нагрузок на свойства тяжелого бетона / Э.И. Батяновский, А.И. Бондарович, П.В. Рябчиков // Строительная наука и техника. – 2007. – № 1(10). – С. 12–22
10. Берг, О.Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко – М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.

УДК 666.311

ФОСФОГИПСОВЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Повидайко В.Г.

Введение. На предприятиях по производству фосфорных минеральных удобрений в огромных количествах скапливаются фосфогипсовые отходы. На Гомельском химическом заводе скопилось более 14 млн. тонн фосфогипса. На Волховском алюминиевом заводе в накопителе находится более 20 млн. тонн фосфогипса и он занимает 170 га земли. На Череповецком ОАО «Аммофос», крупнейшем в Европе и одном из крупнейших предприятий в мире, ежегодно сбрасывается в шламохранилища около 3,8 млн. тонн фосфогипсовых отходов. Иногда предприятиям не представляется возможным определить точное количество скопившихся фосфогипсовых отходов. В значительных количествах фосфогипсовые отходы имеются на Воскресенском ПО «Минудобрения», на предприятиях Украины в городах Ровно, Сумы и др. На одну тонну экстракционной ортофосфорной кислоты образуется 4...6 тонн фосфогипсовых отходов в зависимости от исходного сырья и технологии получения [1]. Предприятия несут значительные затраты на удаление и складирование отходов, которые включают расходы на транспортировку их в отвалы, устройство экранов, нейтрализацию образующихся при хранении фосфогипса сточных вод и др.

Проблемы утилизации фосфогипсовых отходов. Степень переработки фосфогипсовых отходов остается низкой. Обусловлено это экономическими и техническими факторами. Для получения экологически чистого материала