

УДК 691.327:666.972.124

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНОВ НА МЕЛКИХ ДНЕПРОВСКИХ ПЕСКАХ

*д.т.н., проф. Савицкий Н.В., к.т.н. доц. Тютюк А.А., асп. Тютюк А.А.
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры» г. Днепропетровск*

Постановка проблемы.

Многочисленные результаты обследования железобетонных конструкций и оценки их технического состояния свидетельствуют о достижении ими непригодного к нормальной эксплуатации или аварийного состояния вследствие морозной деструкции бетона. Так, в работе [1] отмечается, что по результатам обследования железобетонных конструкций балконов объем таких конструкций составляет более 23% от общего числа обследованных балконов, которые были возведены в 50-80-е годы прошлого столетия. Установлено полное или частичное разрушение защитного слоя бетона вследствие увлажнения нижней зоны. Одной из возможных причин повреждений является морозная деструкция бетона. Для восстановления конструкций требуются большие затраты. Поэтому возникает задача получения бетонов достаточной морозостойкости в условиях приднепровского региона, где для приготовления бетонов используют мелкие днепровские пески.

Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций.

Проблемами морозостойкости ранее занималось много ученых, которые пришли к выводу, что большое влияние на морозостойкость бетонов оказывает вид и активность цемента. Изучая морозостойкость бетонов на шлакопортландцементе, М.И. Субботкин [2], Ф.М. Иванов [3], С.В. Шестоперов [4], и др. пришли к выводу, что эти бетоны обладают меньшей морозостойкостью, чем бетоны на портландцементях, но более высокой, чем бетоны на пуццолановых портландцементях.

Обширные результаты по изучению свойств цемента на морозостойкость бетонов представлены Добщиц Л.М. и Соломатовым В.И. в [5]. Основные выводы на основании полученных результатов заключаются в том, что для приготовления высокоморозостойких бетонов необходимо применять низко- и среднеалюминатные цементы (C_3A до 7%), портландцементы, имеющие тонкость помола в пределах $2500 \dots 4000 \text{ см}^2/\text{г}$ при их расходе $250 \dots 400 \text{ кг}/\text{м}^3$. Хотя В.П. Сизов в [8] отмечает ошибочность вывода предыдущих авторов о том, что оптимальным для получения наибольшей морозостойкости является расход цемента $250 \text{ кг}/\text{м}^3$. По его мнению, необходимо было при анализе результатов учитывать такой фактор как пластичность и жесткость бетонных смесей.

На морозостойкость бетонов существенное влияние оказывает вид и качество заполнителей. Ю.М. Баженов отмечает, что замена крупного песка мелким песком понижает прочность бетона на 5-10%.

Подобные проблемы решались в советское время для территории Западной Сибири, где также распространены мелкие пески. Исследования морозостойкости мелкозернистых бетонов на очень мелких песках проводились В.Е. Крекшиным [7, 8]. Отмечается, что наиболее эффективным технологическим приемом максимального сокращения расхода воды затворения и цемента является применение суперпластификаторов. Эффект разжижения бетонной смеси добавкой С-1 позволил сократить расход вяжущего и воды затворения на 11%, повысить прочность на сжатие без изменения расхода цемента на 15-23%. При применении совмещенной добавки С-1+СНВ удалось получить бетоны высокой морозостойкости (400-450 циклов).

Таким образом, можно сделать вывод, что существуют два различных способа повышения морозостойкости бетона: 1) повышение плотности бетона, уменьшение объема макропор и их проницаемости для воды, например за счет снижения В/Ц, применения добавок; 2) создание в бетоне с помощью специальных воздухововлекающих добавок резервного объема воздушных пор, не заполняемых при обычном водонасыщении бетона, но доступных для проникновения воды под давлением, возникающем при ее замерзании.

Применение добавок является одним из наиболее перспективных направлений технического прогресса в технологии бетона. В развитых странах объем изготовления бетона и строительных растворов с добавками превышает 90%. Можно утверждать, что уровень применения химических добавок определяет уровень строительства и строительной индустрии.

Фирмой «Будиндустрия ЛТД» (г. Запорожье) разработан и применяется способ получения комплексных модификаторов в виде единого совмещенного продукта (порошкообразного, пастообразного или в виде растворов), получившие название «Релаксол» [9].

Основой добавок системы «Релаксол» являются проверенные промышленностью пластификаторы (ЛСТ, С-3) и техногенные продукты коксохимического производства в виде водорастворимых солей – тиосульфатов и радонитов натрия. При введении в бетонные смеси они придают им следующие свойства: повышают подвижность бетонных смесей, ускоряют твердение бетона, увеличивают конечную прочность и морозостойкость.

Цель исследований.

Для изучения возможности создания составов бетонов с применением местных мелких песков, которые обеспечивали бы проектные характеристики по прочности и морозостойкости, проведены экспериментальные исследования с использованием местных материалов для г. Днепропетровска. В ходе испытаний были подобраны составы бетона, исходя из их равноподвижности (осадка конуса 2-5 см), и изучалось следующее:

- влияние мелкого песка на изменение прочности и морозостойкости бетона по сравнению с бетонами на крупном песке;
- влияние некоторых добавок на прочностные свойства бетона, приготовленного на мелком песке;

- влияние добавок в бетоны на мелких песках на повышение их морозостойкости.

Изложение основного материала исследования.

Для изготовления опытных образцов использовали среднеалюминатный портландцемент Балаклейского завода марки 500. В качестве крупного заполнителя использовали щебень Рыбальского карьера, который удовлетворяет требованиям ДСТУ Б В.2.71-98: смесь фракций 3-20, плотность 2640 кг/м³; насыпная плотность 1440 кг/м³; водопотребность 3,2%, пустотность 45,4%.

В качестве мелкого заполнителя использовали крупный Вольский песок с модулем крупности 2,52 и мелкий днепровский песок с модулем крупности 1,34. Характеристики песков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики песков

Показатели песков	Вольский крупный	Днепровский мелкий
Модуль крупности	2,52	1,34
Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	1448	1586
Плотность песка, кг/м ³	2650	2645
Водопотребность, %	4,0	8,6
Пустотность, %	45	40

В качестве добавок в бетон использовали добавки системы «Релаксол»: комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка «Лидер» на основе ЛСТ, комплексная пластифицирующая, противоморозная добавка «Супер» на основе суперпластификатора С-3 и пластифицирующая добавка ЛСТ.

Было изготовлено пять серий образцов, основные характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики составов бетона для предварительных испытаний

Характеристика состава	Серия бетона				
	Д-I	В-II	Д-III	Д-IV	Д-V
ПЦ М500, кг/м ³	365	365	365	365	365
Песок, кг/м ³	518	567	586	600	566
Щебень, кг/м ³	1336	1340	1336	1336	1336
Вода кг/м ³ /В/Ц, Снижение воды	183/0,5	163,1/0,45	158/0,43 13,7%	152/0,416 16,9%	165/0,45 11,4%
Добавки, %	-	-	Лидер, 1,8	Супер, 1,8	ЛСТ, 0,25
объем. масса, кг/м ³	2401	2395	2428	2410	2297
Воздуховлечение	-	1,6%	0,8%	1,8%	6,0%

Осадка конуса, см	2	3	2	5	3
Прочность, МПа	49,0	47,5	42,9	51,8	44,9

Образцы после достижения 28 суточного возраста испытывались на морозостойкость согласно ДСТУ Б В.2..7-47-96 (ГОСТ 10060.2-95) по третьему ускоренному методу с замораживанием до $-(50-55)^\circ\text{C}$ в 5% растворе хлористого натрия. Для этого использовалась морозильная машина НС 270/75, позволяющая обеспечивать требуемый нормами температурный режим. Образцы предварительно насыщались солевым раствором, а потом подвергались последовательно 5, 8, и 12 циклам замораживания, что соответствует маркам по морозостойкости F200, F300, F400.

Результаты испытаний образцов бетонов на морозостойкость представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты испытаний прочности бетонов, которые испытывали замораживание и оттаивание

Серия	Прочность бетона, МПа			
	28сут.	после 5 циклов	после 8 циклов	после 12 циклов
Д-I	49,0	50,3 (102,7%)+	49,6 (101,1%)+	38,9 (79,4%)-
В-II	47,5	37,8 (79,6%)-	40,1 (84,4%)-	-
Д-III	42,9	41,4 (96,5%)+	40,2 (93,7%)-	35,0 (81,6%)-
Д-IV	51,4	48,9 (95,1%)+	50,2 (97,7%)+	46,4 (90,3%)-
Д-V	44,9	48,1 (107,1%)+	46,3 (103,1%)	42,6(95,0%)+

Примечание: в скобках дано изменение прочности в процентах после соответствующего числа циклов по сравнению с 28-суточной прочностью.

Обсуждение результатов. Из анализа данных, приведенных в таблице 2, могут быть сделаны следующие выводы.

Мелкий песок обладает большей водопотребностью по сравнению с крупным Вольским песком, так как для достижения одинаковой подвижности (ОК=2...3 см) водоцементное отношение необходимо было увеличить с 0,45 до 0,5. Хотя по утверждению [2] замена крупного песка мелким в большой степени сказывается на осадке конуса, чем на удобоукладываемости. Например, при одинаковой удобоукладываемости бетонной смеси осадка конуса 4...5 см на обычном песке соответствует осадке конуса 2...3 см бетонной смеси на мелком песке.

Введение в бетонную смесь в количестве 1,8% от массы цемента добавок системы «Релаксол» „Лидер” и „Супер”, а также добавки ЛСТ в количестве 0,25% от массы цемента позволило понизить водоцементное отношение при тех же расходах цемента и обеспечении исходной подвижности бетонной смеси. Достигнуто понижение водоцементного отношения до 0,433 с добавкой „Лидер”, до 0,416 с добавкой „Супер” и до 0,45 с добавкой ЛСТ. В составе серии Д-IV (добавка „Супер”) при снижении В/Ц на 16,9% по сравнению с серией Д-I (без добавок) осадка конуса повысилась с 2 см до 5 см. В бетонах серии Д-III и Д-IV наблюдается

увеличение плотности бетона за счёт пластификации бетонных смесей добавками „Лидер” и „Супер”.

В серии Д-V с добавкой ЛСТ наблюдается снижение объёмной массы за счёт воздуховлечения до 6%, что благоприятно сказывается на морозостойкости бетона.

Анализ результатов испытаний на морозостойкость показывает, что все составы на мелком Днепровском песке обеспечили марку по морозостойкости F300. Бетон серии Д-V с добавкой ЛСТ практически обеспечил марку F400. Это можно объяснить воздуховлечением 6% в этом составе бетона.

Выводы.

Для приготовления бетонов при соответствующем расчете и подборе их составов с добавками в бетоны можно использовать мелкие днепровские пески. При применении портландцемента М500 с расходом цемента 375 кг/м³ и добавок можно обеспечивать класс бетона по прочности на сжатие выше В30. Такие составы бетонов при естественном твердении обеспечивают марку по морозостойкости F300, F400, что позволяет обеспечить долговечность железобетонных конструкций при неблагоприятных условиях эксплуатации.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкий Н.В., Тытюк А.А., Тытюк А.А., С.В. Богаченко. Техническое состояние железобетонных конструкций балконов в жилых домах после длительного срока эксплуатации в атмосферной среде. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.- Дніпропетровськ: ПДАБА, 2010.-№10.-С.53-57,-рис.6.
2. Субботкин М.И. Бетон на шлакопортландцементе. Строительная промышленность. 1937.
3. Иванов Ф.М.. Структура и свойства цементных растворов. Бетон и железобетон . 1962.№5.
4. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. М.,Транспорт. 1967.
5. Добшиц Л.М., Соломатов В.И. Влияние свойств цемента на морозостойкость бетонов. Бетон и железобетон, 1999, №3, 19-21.
6. Сизов В.П. О зависимости прочности и морозостойкости бетона от свойств и расхода цемента. Бетон и железобетон, 2000, №6, 27-29.
7. Крекшин В.Е. Морозостойкость бетона на очень мелких песках при введении суперпластификатора С-1 и смолы нейтрализованной воздуховлекающей СНВ. В кн.: «Бетон с эффективными суперпластификаторами», М., труды НИИЖБ,1979, с.120-130.
8. Крекшин В.Е, Иванов Ф.М. Морозостойкие бетоны на мелкозернистых песках/ Строительство трубопроводов.-1979. -№11.- с.29-26.
9. Синайко Н.П., Лихопуд А.П.,Синякин А.Г. и др. Система химических добавок в бетоны и строительные растворы «Релаксол». В сб. «Химические и минеральные добавки в цементы и бетоны», Материалы международной научно-практической конференции», Запорожье. 2001, 21-24