

УДК 693.5: 47.3(571.56)

ВЛАГОПЕРЕНОС В БЕТОНАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРОТИВОМОРОЗНОЙ ДОБАВКИ

© 2012 О.Н. Кравцова, Е.Г. Старостин, А.М. Тимофеев

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск

Поступила в редакцию 29.11.2012

В статье представлены результаты экспериментальных работ по выявлению зависимости коэффициента диффузии воды и раствора NaCl в бетонах с различным содержанием противоморозной добавки.

Ключевые слова: бетоны, противоморозные добавки, нитрит натрия, коэффициент диффузии

Необходимость изучения процессов влагопереноса в бетоне обуславливается требованиями управления пористой структурой и, как результат, строительно-техническими свойствами при его изготовлении и модифицировании. Большинство важнейших свойств бетона, как и других строительных материалов, непосредственно зависит от их капиллярно-пористой структуры. В настоящее время для целей строительно-материаловедения наиболее приемлемым остается инженерный подход, т.е. учет особенностей структуры с помощью набора конкретных характеристик. Среди них должны быть и вододерживающие, и влагопереносные характеристики материала. Они косвенно в виде «откликов» отражают те существенно-важные особенности пористой структуры, которые трудно поддаются прямому измерению [1]. Влагоперенос в бетонах под действием капиллярных сил носит сложный характер из-за того, что структура порового пространства бетона характеризуется широким диапазоном радиусов капилляров – от $1,5 \cdot 10^{-8}$ м до десятых долей миллиметра [1]. Это предопределяет различные механизмы переноса влаги в бетонах, выделение и отдельное исследование которых вызывает определенные трудности. Поэтому в качестве потенциала влагопереноса в дисперсных средах, коим является и бетон, часто используется влажность, коэффициентом влагопереноса в этом случае является так называемый коэффициент диффузии. Сложность механизма влагопереноса в бетоне не позволяет вывести выражение для коэффициента

диффузии на основе какой-либо модели, поэтому в математических моделях используют те или иные выражения, выведенные на основе экспериментальных данных. В зависимости от того, воздействие каких факторов исследуется, какие процессы рассматриваются (пропитка, сушка) предлагаются отличающиеся друг от друга эмпирические зависимости, трудно поддающиеся какому либо обобщению. При использовании таких данных следует учитывать, что измерения коэффициента диффузии должны проводиться в режимах, близких к реальным режимам, для расчета которых будут использованы полученные коэффициенты [4].

Наибольшее распространение получили методы определения коэффициента диффузии, основанные на процессах капиллярной пропитки [4, 5]. В данной работе коэффициент диффузии определялся методом, предложенным В.М. Казанским и В.И. Клапченко [3], позволяющим определять коэффициент диффузии в бетонах без разрушения образца и во всем диапазоне изменения средней влажности материала. Формулы для расчета коэффициента диффузии жидкости в случае кубических образцов имеют следующий вид:

$$a_m = \frac{4\ell^2}{3\pi^2} \frac{d \ln \xi}{d\tau}; 0 < \xi \leq (0.48)^3; \quad (1)$$

$$a_m = \frac{\pi \ell^2}{4} \frac{d(1 - \xi^{\frac{1}{3}})^2}{d\tau}; (0.48)^3 \leq \xi < 1. \quad (2)$$

где 2ℓ – сторона куба в м; τ – время в с; $\xi = 1 - \frac{\varpi(\tau)}{\omega_m}$; ω_m – максимальное влагосодержание материала.

При получении расчетных формул использовано допущение о зависимости коэффициента диффузии от времени, и независимости

Кравцова Ольга Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела тепломассообмена. E-mail: o.n.kravtsova@iptpn.ysn.ru
Старостин Егор Гаврильевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела тепломассообмена. E-mail: e.g.starostin@iptpn.ysn.ru
Тимофеев Анатолий Михайлович, доктор технических наук, заведующий отделом тепломассообмена. E-mail: a.m.timofeev@iptpn.ysn.ru

от координат. В качестве жидкости использовалась дистиллированная вода или 5%-ный раствор NaCl. Коэффициент диффузии определялся на бетонных образцах размером 7x7x7 см. Состав бетона: Ц:П:Щ = 1,0:1,09:2. Водоцементное отношение задавалось в пределах от 0,35 до 0,55. Кроме образцов с разными В/Ц готовились образцы с добавлением противоморозной добавки (ПМД). В качестве противоморозной добавки использовался нитрит натрия, концентрация 2, 4 и 8%. Образцы твердели в течение 28 суток в естественных условиях.

Экспериментальная сторона метода сводится к стандартной методике капиллярной пропитки. В результате одного опыта измеряется средняя влажность образца $\bar{W}(\tau)$ на протяжении всего процесса пропитки. Рассчитывалась зависимость $\xi(\tau) = 1 - \bar{W}(\tau)/W_m$ и по формулам (1) - (2) – коэффициент диффузии. Полученные по описанной методике экспериментальные данные приведены на рис. 1-4. Из рис. 1, 3 (для воды) и 2, 4 (для раствора NaCl) видно, что для всех видов исследованных бетонных образцов независимо от В/Ц и от концентрации ПМД имеется явно выраженная зависимость коэффициентов диффузии воды и раствора от средней влажности. С увеличением значений средней влажности образцов бетона происходит уменьшение коэффициентов диффузии воды и раствора NaCl. Максимальное влагосодержание образцов зависит от В/Ц. Самые высокие значения максимальной влажности у образцов бетона с В/Ц = 0,55; самые низкие для В/Ц = 0,35. На этих же рисунках видно, что при увеличении В/Ц значения коэффициентов диффузии воды и раствора NaCl сильно возрастают.

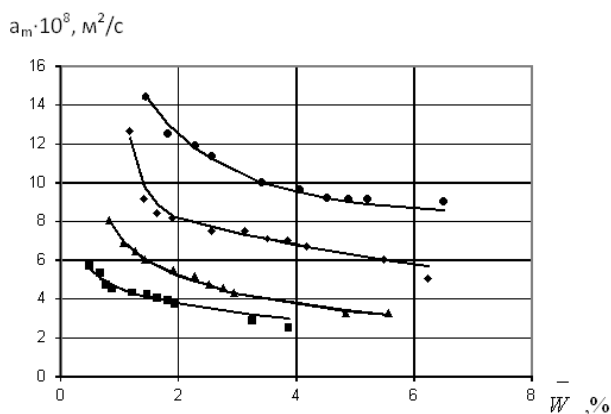


Рис. 1. Зависимость коэффициента диффузии воды от среднего влагосодержания: $C=0\%$; ● – В/Ц = 0,55; ◆ – В/Ц = 0,45; ▲ – В/Ц = 0,4; ■ – В/Ц = 0,35

Так при среднем влагосодержании, равном 2%, коэффициент диффузии воды при В/Ц = 0,55

возрастает почти в три раза, а для раствора NaCl – в два раза. Возрастание значений коэффициента диффузии с увеличением водоцементного отношения связано с распределением капиллярных пор в бетоне.

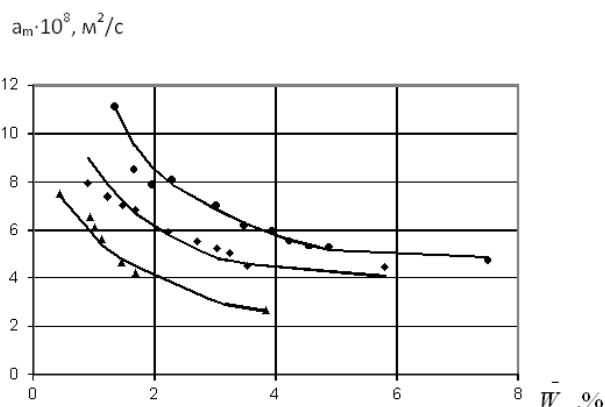


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузии раствора NaCl от среднего влагосодержания: $C=0\%$; ● – В/Ц = 0,55; ◆ – В/Ц = 0,45; ▲ – В/Ц = 0,4; ■ – В/Ц = 0,35

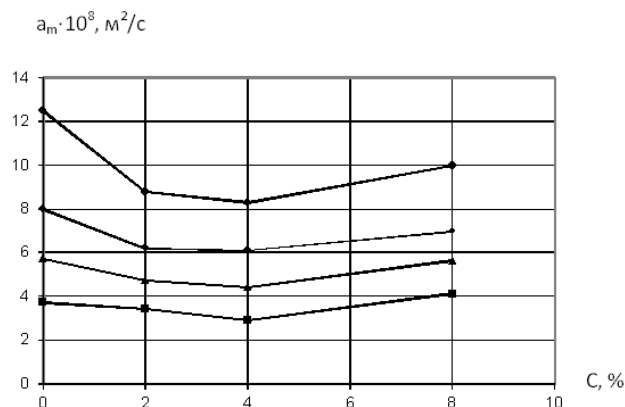


Рис. 3. Зависимость коэффициента диффузии воды от концентрации ПМД: $W=2\%$; ■ – 0,35; ▲ – В/Ц=0,4; ◆ – В/Ц=0,45; ● – В/Ц=0,55

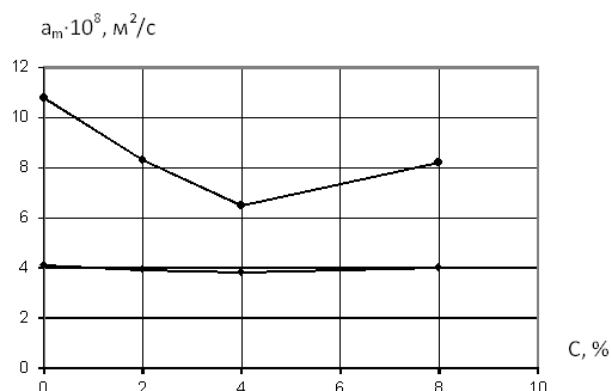


Рис. 4. Зависимость коэффициента диффузии NaCl от концентрации ПМД; $\bar{W}=4\%$; ◆ – В/Ц=0,45; ● – В/Ц=0,55

При малых водоцементных отношениях капилляры прерывистые и суммарное влагоудержание незначительно, равно 3-4%, значения коэффициента диффузии влаги низкие. При увеличении водоцементного отношения увеличивается и относительный объем капиллярных пор, участвующих в диффузии, коэффициент диффузии возрастает. Значения коэффициентов диффузии раствора NaCl значительно ниже, чем у воды. Это можно объяснить тем, что вязкость раствора при одинаковой температуре больше, чем у воды. На рис. 3 и 4 приведены зависимости коэффициента диффузии воды и 5% раствора NaCl от концентрации противоморозной добавки для влажностей $\bar{W}(\tau) = 2\%$, $\bar{W}(\tau) = 3\%$ и $\bar{W}(\tau) = 4\%$. Введение противоморозной добавки снижает значения коэффициентов диффузии и оказывает более сильное влияние при больших значениях водоцементного отношения. Видно, что существует концентрация ПМД, при которой коэффициенты диффузии воды и раствора NaCl имеют наименьшее значение. При чем чем выше В/Ц, тем больше разница между значениями коэффициента диффузии. Для всех исследованных видов бетонов при 4%-ной концентрации противоморозной добавки значения коэффициента

диффузии воды и раствора NaCl самые низкие. Это объясняется тем, что бетоны с концентрацией ПМД 4% имеют самые низкие значения открытой пористости или доля закрытых пор самая высокая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Качинский, Н.А. Физика почвы. – М.: Высшая школа, 1970. 358 с.
2. Александровский, С.В. О влиянии масштабного фактора на влажностные деформации бетона // Расчет железобетонных конструкций. Экспериментально-теоретические исследования по усовершенствованию расчета // Труды НИИЖБ. Вып. 17. Госстройиздат, 1961. С.92-98.
3. Казанский, В.М. Метод измерения коэффициента диффузии влаги в дисперсных телах по кинетике капиллярной пропитки / В.М. Казанский, В.И. Клапченко // Строительство и архитектура. 1983. № 11. С. 65-69.
4. Кукушкин, А.В. О новом методе определения коэффициентов массопереноса // ИФЖ. 1960. Т. 111, № 2. С. 90-93.
5. Розенталь, Н.К. Коррозийная стойкость полимерных композитов в щелочной среде бетона / Н.К. Розенталь, Г.В. Чехниш, А.Р. Бельник, А.П. Жилкин // Бетон и железобетон. 2002 № 3. С. 20-22.

MOISTURE TRANSFER IN CONCRETE WITH THE VARIOUS MAINTENANCE OF ANTIFREEZE ADDITIVE

© 2012 O.N. Kravtsova, E.G. Starostin, A.M. Timofeev

Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov
SB RAS, Yakutsk

Results of experimental works for detection the dependence of diffusion coefficient of water and NaCl solution in concrete with the various maintenance of antifreeze additive are presented in article.

Key words: concrete, antifreeze additives, sodium nitrite, diffusion coefficient

Olga Kravtsova, Candidate of Technical Sciences, Senior Research
Fellow at the Department of Heat and Mass Transfer. E-mail:
o.n.kravtsova@iptpn.ysn.ru

Egor Starostin, Doctor of Technical Sciences, Leading Research
Fellow at the Department of Heat and Mass Transfer. E-mail:
e.g.starostin@iptpn.ysn.ru

Anatoliy Timofeev, Doctor of Technical Sciences, Chief of the
Department of Heat and Mass Transfer. E-mail:
a.m.timofeev@iptpn.ysn.ru