

Строительные материалы и изделия

УДК 693.547.3

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА

С.Б. Коваль, М.В. Молодцов

CONCRETE TEMPERATURE DEFORMATION

S.B. Koval, M.V. Molodtsov

Исследован характер изменения и зависимость температурных деформации бетона в процессе его длительного выдерживания в реальных условиях при знакопеременных температурах.

Ключевые слова: бетон, температура, деформации, прочность, добавка, льдообразование.

The behaviour and dependence of concrete temperature deformation in the process of its long-term ageing at freeze-thaw temperature are studied in the article.

Keywords: concrete, temperature, deformation, strength, admixture, ice formation.

В ходе эксперимента определялись относительные деформации контрольных (незагруженных) образцов, подверженных влиянию реальной переменной температуры наружного воздуха и усадке бетона в процессе его твердения.

Температура бетонных образцов фиксировалась в процессе всего исследования. Очевидно, что она с небольшой задержкой и меньшей амплитудой повторяла изменения температуры наружного воздуха. Разница температур бетона и наружного воздуха в определенный момент в процессе всего выдерживания не превысила 5 °С. При этом наблюдались существенные суточные колебания температуры. Наиболее характерные отклонения показаний температуры образцов от температуры наружного воздуха представлены на рис. 1.

При этом не наблюдалось подъема температуры бетонных образцов, вызванных вследствие экзотермических реакций твердения бетона, а также явно выраженных горизонтальных температурных площадок, характерных для протекания интенсивных процессов льдообразования или таяния жидкой составляющей бетона, которые сопровождаются соответственно выделением или поглощением тепла.

Изменение температуры бетона в процессе его выдерживания оказывает существенное влияние на его деформации. Наиболее наглядно это влияние проявляется при значительных колебаниях его температуры. При этом прочность бетона может являться определяющим технологическим фактором, влияющим на величину дефор-

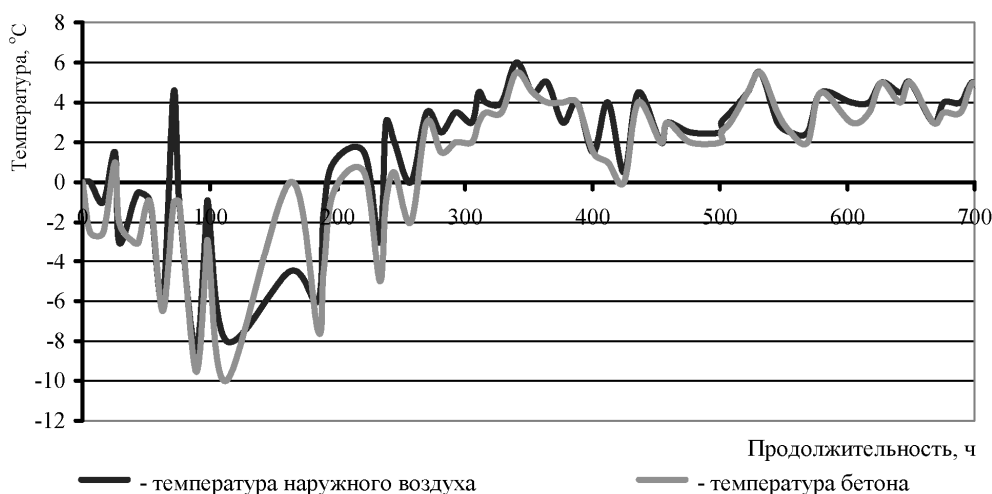


Рис. 1. Отклонения температуры бетонных образцов от температуры наружного воздуха в процессе проведения эксперимента

Строительные материалы и изделия

маций и направление их развития – сжатие или растяжение.

Как видно из данных рис. 2, деформации бетонных образцов с добавкой нитрита натрия, имеющие в начале эксперимента прочность 56 и 69 кг/см², полностью подчинены колебаниям температуры и ведут себя как обычные твердые тела, у которых сформировалась кристаллическая решетка. Другими словами, при понижении температуры происходит сжатие бетонных образцов, а с повышением температуры возникают деформации расширения.

В то же время изменения деформаций бетона при меньшей прочности ($R = 24$ кг/см²) говорят о наличии в его составе большого количества свободной жидкой составляющей. Содержание добавки NaNO_2 в составе бетонных образцов рассчитано на температуру фазовых превращений -5 °С, поэтому при колебании температуры выше минус пяти градусов, характер деформаций ничем не отличался от деформаций других образцов, имеющих большую прочность. Однако при более низких значениях температуры наблюдаются деформации расширения бетона, соответствующие процессам интенсивного льдообразования: 60, 85 и 110 ч с начала выдерживания (см. рис. 2). В то же время при повышении температуры выше температуры основных фазовых превращений бетона наблюдаются деформации сжатия, характерные процессам таяния льда в бетоне: 70 и 95 ч с начала выдерживания (см. рис. 2).

Эти процессы продолжают при выдерживании бетона в течение первых 110 ч. В дальнейшем, за счет проходящих в нем процессов структурообразования (набора прочности и снижение количества свободной химически несвязанной воды), деформации этих образцов соответствуют направлению колебаний температуры идентично образцам, имеющим более высокую начальную прочность.

В последующем, при рассмотрении деформаций этих же образцов под нагрузкой, будет рас-

смотрено влияние последней на возможность сдерживания неблагоприятных деформаций расширения, вызванных переходом находящейся в бетоне свободной воды в лед.

У бетонных образцов, твердеющих без противоморозной добавки, даже при небольших значениях прочности, при переходе температуры через область основных фазовых превращений деформаций связанных с образованием льда или его таянием не наблюдалось (рис. 3).

В составе этих образцов содержится большое количество свободной воды, которая при отрицательных температурах неминуемо переходит в лед. Однако отсутствие деформаций расширения бетона в этот момент можно объяснить тем, что параллельно при понижении температуры интенсивно протекают деформации сжатия воды, образовавшихся кристаллов льда и твердых компонентов бетона.

В лабораторных условиях при ступенчатом понижении температуры образцов на $1...2$ °С с последующим выдерживанием деформации расширения при образовании льда отчетливо фиксируются [1]. В реальных же условиях, когда температура за счет суточного колебания существенно понижается (21 ч с начала выдерживания), вышеперечисленные деформации сжатия составляющих бетона, превосходят деформации расширения, вызванные образованием льда в его объеме (см. рис. 3). Наличие протекания процессов перехода воды в лед в этот момент времени проявляется в том, что деформации сжатия образцов, имеющих меньшую прочность (19 кг/см²), протекают менее интенсивно с тенденцией к затуханию по сравнению с образцами, начальная прочность которых составляла 37 кг/см².

В то же время при температурах, соответствующих процессам таяния льда, у бетона с меньшей прочностью деформации расширения также протекают с меньшей интенсивностью: 106 и 177 ч с начала выдерживания (см. рис. 3).

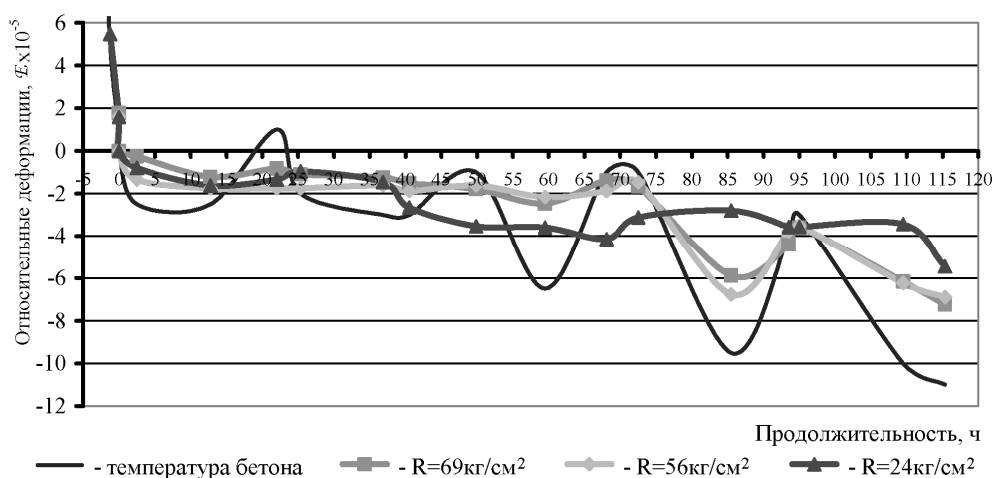


Рис. 2. Деформации бетонных образцов с добавкой NaNO_2 при изменении температуры в процессе выдерживания

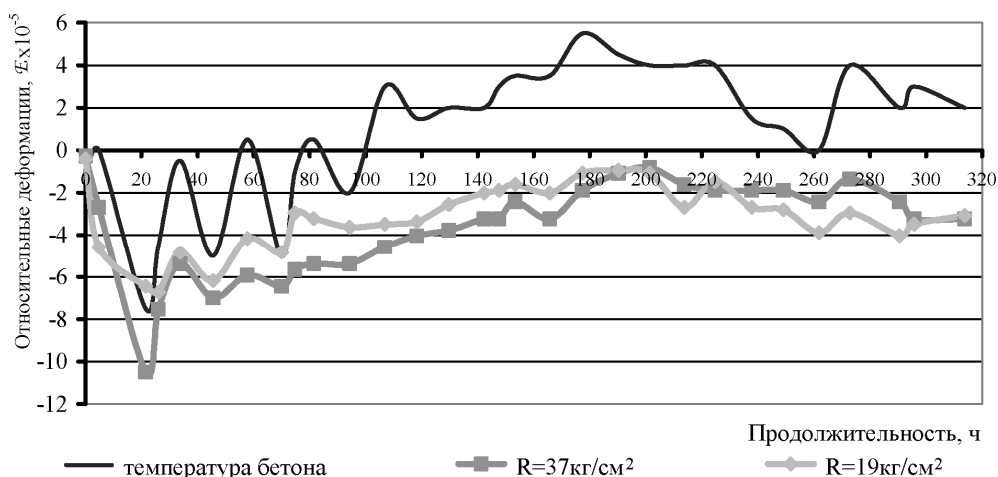


Рис. 3. Зависимость деформаций бетона от его начальной прочности и изменения температуры в процессе выдерживания

Отличия в протекании деформаций исследуемых образцов, имеющих низкие значения прочности, с добавкой нитрита натрия и без добавки можно объяснить тем, что температура бетона без добавки в ходе эксперимента в относительно непродолжительный промежуток времени резко понижается с 0 до -7°C , не задерживаясь в области основных фазовых превращений ($0 \dots -2^{\circ}\text{C}$). Это приводит к тому, что деформации расширения бетонных образцов в этот период не наблюдаются за счет интенсивного протекания процессов сжатия его составляющих.

В это же время температура бетонных образцов с добавкой нитрита натрия в ходе эксперимента ненамного отличалась от температуры основных фазовых превращений жидкой составляющей, содержащей соли NaNO_2 , процентное содержание которой рассчитано на температуру замерзания -5°C . В результате чего деформации расширения бетона при образовании льда превосходят деформации сжатия его компонентов. Следствием этого на графике рис. 2 с понижением температуры происходит расширение бетонных образцов, имеющих прочность 24 кг/см^2 .

Отсутствие деформаций расширения у бетона без добавки ни в коей мере не говорит о том, что

исключено негативное влияние на бетон жидкой составляющей при её переходе в лед. Просто это влияние в реальных условиях выдерживания, в случае резкого понижения температуры и переходе её через область основных фазовых превращений, менее выражено и, как следствие, труднее контролируемо.

Очевидно, что такой же эффект наблюдался бы и у бетонов с противоморозными добавками, если бы его температура резко понизилась, пройдя в непродолжительные сроки через температуру, на которую рассчитано содержание добавки, а не колебалась около неё.

Из вышесказанного следует вывод о том, что деформации образцов в процессе замораживания или оттаивания бетона, которые фиксируются в лабораторных условиях при ступенчатом понижении температуры, практически не проявляются в реальных условиях в случае значительного суточного изменения температуры.

Литература

1. Головнев, С.Г. *Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов* / С.Г. Головнев. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. — 156 с.

Поступила в редакцию 10 апреля 2012 г.