DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14

УДК 624.01241

ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Ризаев Б.Ш., *проф.,*
E-mail:1952 @ umail.uz;
Наманганский государственный технический университет

Аннотация. *В статье приводится значение экспериментальных исследований, показывающие кинетику изменения прочностных и деформативных характеристик бетона во времени при кратковременном нагружении бетона в условиях Республики Узбекистан. Изменение прочностных и деформативных характеристик бетона является результатом влияния циклических суточных и сезонных изменений температуры и влажности среды.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida qisqa muddatli yuklashda betonning mustahkamligi va deformatsiya xossalarining vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi kinetikasini ko‘rsatuvchi eksperimental tadqiqotlarning ahamiyati ko‘rsatilgan. Betonning mustahkamligi va deformatsiya xususiyatlarining o'zgarishi harorat va namlikning davriy va mavsumiy o'zgarishlarining ta'siri natijasidir.*

Abstract. *This article presents the significance of experimental studies demonstrating the kinetics of changes in the strength and deformation properties of concrete over time under short-term loading in the Republic of Uzbekistan. Changes in the strength and deformation properties of concrete are the result of the influence of cyclical daily and seasonal changes in temperature and humidity.*

Ключевые слова: *прочность на сжатие, прочность на растяжение, модуль упругости, призменная прочность, напряжения, деформация, влажность, температура, нормальное условие, температурное расширение, влажное хранение, солнечная радиация, влажностный градиент, сезонное изменение.*

Kalit so’zlar: *siqilishga mustahkamlik, tortish kuchi, elastiklik moduli, prizmatik mustahkamlik, kuchlanish, deformatsiya, namlik, harorat, normal holat, termal kengayish, nam saqlash, quyosh nurlanishi, namlik gradienti, mavsumiy o'zgarish.*

Key words: *compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity, prismatic strength, stress, deformation, humidity, temperature, normal condition, thermal expansion, wet storage, solar radiation, humidity gradient, seasonal change.*

Введение. Дальнейшее развитие капитального строительства в Республике Узбекистан предусматривает увеличение объемов производства и применения сборного и частично монолитного железобетона. Климатические условия Республики Узбекистан отличаются резкой континентальностью.

В летний период температура воздуха может превышать $+40^0$ С, при этом относительная влажность падает до 10–15 % и ниже. В таких климатических условиях от прямого попадания солнечной радиации поверхность железобетонных и бетонных конструкций нагревается до $70–80^0$ С. При этом появляются значительные деформации усадки бетона, приводящие к образованию и раскрытию трещин на поверхности железобетонных и бетонных конструкций.

Колебания температуры и влажности воздуха в течении суток и сезона года (лето и зима) неблагоприятно влияют на формирование структуры бетона. Интенсивное обезвоживание бетона при повышенной температуре и низкой относительной влажности

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14

среды приводит к снижению его прочности и модуля упругости. Большой суточный перепад температуры вызывает неравномерное распределение температурных напряжений по сечениям бетона. Проектирование и строительство железобетонных конструкций для сухого жаркого климата без учета деформаций, усилий, вызванных изменением повышенной температуры и пониженной влажности приводит к раннему образованию трещин в бетоне, чрезмерному их раскрытию, а также к большими деформациям конструкции.

Как известно, прочность бетона на сжатие – это наиболее важная характеристика для проектирования бетонных и железобетонных конструкций. Через этот показатель нормируются многие другие его свойства, так, например, модуль упругости, прочность при растяжении, предельные деформации и др.

Особенности формирования структуры бетона, твердеющего в условиях сухого жаркого климата зависят в основном от влияния двух противоположно действующих факторов: ускоренной гидратации вяжущего, вызванной повышенной температурой наружного воздуха и интенсивным испарением влаги из бетона под воздействием пониженной влажности воздуха [1]. Быстрый набор прочности цементного камня на ранних этапах твердения приводит к образованию плотных оболочек новообразований, препятствующих доступу воды к непрогидратированным цементным зернам. При этом гидратация протекает быстро и условия для дальнейшего роста прочности ограничены. Одновременно с этим происходит процесс возникновения и развития микротрещин от пластической усадки бетона, которые, в свою очередь, в дальнейшем снижают прочность бетона. Снижение прочности бетона в условиях сухого жаркого климата на 15–20% отмечалось в работах [1,2]. Нарушение структуры бетона обусловлено также значительными периодическими изменениями температуры и влажности бетона как в течении суток, так и в продолжении сезона, которые препятствуют дальнейшему повышению прочности. Солнечная радиация и ветер вызывают добавочное нагревание и высушивание бетона, которые способствуют более интенсивному нарушению структуры бетона и снижении его прочности. При изготовлении железобетонных конструкций в жаркий (летний) период происходит большее снижение прочности бетона, чем при изготовлении конструкций в холодный (зимний) период года.

В работе [3] отмечается, что значения коэффициента призменной прочности бетона Квс в условиях сухого жаркого климата выше нормативного. Снижение прочности бетона, вызванное негативными явлениями сухого жаркого климата, необходимо учитывать при расчете железобетонных конструкций путем умножения на коэффициент условия работы бетона, учитывающий воздействие солнечной радиации, длительности нагревания и охлаждения, влажности наружного воздуха и массивности конструкции.

Солнечная радиация и ветер вызывают добавочное нагревание и высушивание бетона, которые способствуют более интенсивному нарушению структуры бетона и снижении его прочности. При изготовлении железобетонных конструкций в жаркий (летний) период происходит большее снижение прочности бетона, чем при изготовлении конструкций в холодный (зимний) период года.

Бетон в более массивных конструкциях менее подвержен влиянию сухого жаркого климата. Изменение призменной прочности в разных режимах среды изучено в работах [4–6]. В опытах отмечалось снижение призменной прочности бетона при повышении температуры.

Снижение прочности бетона, вызванное негативными явлениями сухого жаркого климата, необходимо учитывать при расчете железобетонных конструкций путем умножения на коэффициент условия работы бетона, учитывающий воздействие солнечной радиации, длительности нагревания и охлаждения, влажности наружного воздуха и

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14

массивности конструкции.

Расчетные сопротивления бетона сжатию умножают на коэффициент условия работы бетона при сжатии γ_{b7}

$$R_{btem} = R_b \cdot \gamma_{b7} \quad (1)$$

Расчетное сопротивление бетона растяжению умножают на коэффициент условия работы бетона при растяжении

$$R_{bt.t} = R_{bt} \cdot \gamma_{tt} \quad (2)$$

Значения коэффициентов условий работы бетона при сжатии для относительной влажности воздуха 40 % в не массивных конструкциях приh_{red}≤*10-0,8* при нагреве и 0,75 при попеременном нагреве и охлаждении наружного воздуха [7].

Значения коэффициента условия работы бетона при растяжении для относительной влажности воздуха 40 % в не массивных конструкциях при h_{red}≤*10* принимаются 0,75 при нагреве и 0,70 при попеременном нагреве и охлаждении наружного воздуха.

Обеспечение надежности и долговечности железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата зависит от правильного учета деформативных свойств бетона. Деформирование бетона под воздействием внешней нагрузки сопровождается развитием упругих и пластических деформаций, а также образованием микроразрушений в структуре бетона.

Границами, отражающими качественные изменения структуры бетона, являются Берговские параметрические уровни микротрещинообразований $R^{\circ}_{счс}$, $R^{V}_{счс}$. Нижняя граница $R^{\circ}_{счс}$характеризует начало образования структурных микротрещин, верхняя указывает на лавинобразное развитие трещин в бетоне.

В условиях сухого жаркого климата структурные характеристики бетона $R^{\circ}_{счс}$и $R^{V}_{счс}$ которые зависят от уровня обжатия бетона, снижаются на 10– 20 %. При уровне обжатия 0,45 R_{np} у тяжелого бетона /5/.

$$R^{0}_{счс} = 0{,}30\ {}^{\sigma}/_{R_{b.tem}} \quad (3)$$

$$R^{v}_{счс} = 0{,}65\ {}^{\sigma}/_{R_{b.tem}} \quad (4)$$

Нарушение сплошности бетона, твердеющего в сухом жарком климате, способствует более раннему возникновению микротрещин и их рост под нагрузкой приводят к снижению модуля упругости бетона.

При нагреве бетона до 100^0 С значения модуля упругости бетона при сжатии может уменьшаться до 30%. Сухой жаркий климат отрицательно влияет на модуль упругости бетона. Установлено, что при изменении температуры бетона с 45 до 75^0 С с постоянной относительной влажностью среды 30 %, модуль упругости бетона снижается до 30%.

Снижение модуля упругости бетона учитывается коэффициентом β_b

$$E_{bt} = E_b \cdot \beta_b \quad (5)$$

Для относительной влажности бетона 40 %, и не массивных конструкций при h_{red}≤*10* значение коэффициента принимают 0,75 для нагрева и 0,70 для попеременного нагрева и охлаждения. В бетоне, находящемся в условиях сухого жаркого климата под воздействием нагрузки, кроме увеличения упругих деформаций развиваются еще

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14

пластические деформации.

Твердение бетона в условиях сухого жаркого климата приводят к изменению его прочности

По сравнению с аналогичной характеристикой, получаемой для бетона твердеющего в нормальных температурного – влажностных условиях. Эти изменения в основном связаны с физико-химическими процессами, протекающими в твердеющем бетоне во время которое обусловливает закономерность проявления прочностных характеристик. Совместное переменное действие температуры, солнечной радиаций и низкая относительная влажность приводит к изменению прочности.

При этом отмеченные изменения зависят от возраста бетона.

Методика испытаний. Для изучения прочностных и деформационных свойств бетона были изготовлены образцы: кубы с размерами ребра 10 см и образцы -призмы размерами 10x10x40 см. Все образцы в течение 7 суток хранились под влажными опилками. Затем одна часть образцов твердела в цехе с температурой 25 ^{0}C и относительной влажностью 60–70 %, а другая в условиях сухого жаркого климата, на открытом воздухе под солнечной радиацией. Испытание образцов на сжатие проводилось на 125 тонном прессе ПСУ-125. Образцы испытывались после воздействия сухого жаркого климата 28, 60, 180 и 360 суток. Общее количество испытанных образцов призма 24, кубов 48. По результатам испытаний кубов назначался режим нагружения для кратковременных испытаний призматических образцов с целью определения модуля упругости и призменной прочности бетона. Нагрузка на призмы прикладывалась ступенями примерно 10% от ожидаемой призменной прочности.

Результаты испытаний. Для установления характера изменения прочности бетона во времени были проанализированы результаты испытаний образцов твердеющих на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации и защищенных от солнечной радиации в цеху после 7-дневного влажного хранения бетона во влажных опилках. Образцы были изготовлены в июле месяце, когда температура воздуха была 35 ^{0}C и влажность - 20 %.

В табл..1 приведены результаты экспериментальных исследований, показывающие кинетику изменения прочностных и деформативных характеристику бетона во времени при кратковременном нагружении.

Сравнительный анализ данных приведенных в табл..1, показывает, что в возрасте 28 суток бетон, твердевший на открытом воздухе под солнечной радиацией обнаруживает недобор кубиковой и призменной прочности в пределах 5-10 % по отношению к бетону, твердевшему в цеху и защищенному от солнечной радиации.

Снижение значений этих показателей, по всей вероятности, связано с деструктивными процессами, происходящими в бетоне, при его твердении в природных условиях сухого жаркого климата.

В раннем возрасте бетона в условиях сухого жаркого климата при повышенной температуре происходит более интенсивный рост прочности бетона, чем в нормальных условиях. В течение года рост прочности при хранении на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации достигал 8 %, в цеху 11 % от прочности бетона в 28 суток (табл.1).

Вместе с тем из данных таблицы также можно заметить отсутствие значительного роста в прочности бетона в наиболее поздних сроках твердения в природных условиях сухого жаркого климата [8].

Рост призменной прочности бетона находящегося под воздействием солнечной радиации, был менее интенсивным, чем рост призменной прочности бетона находящегося в цеху и составлял соответственно 6 % за год. Призменная прочность бетона за год

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14

нахождения сухом жарком климате под влиянием солнечной радиации возрастала в меньшей степени, чем кубиковая прочность. Практический интерес представляют результаты определения коэффициента призменной прочности Квс. Так, например, согласно СНиП 2.03.01-96 величина Квс принята одинаковой для легких и тяжелых бетонов и должна быть не менее 0,72.

Таблица-1

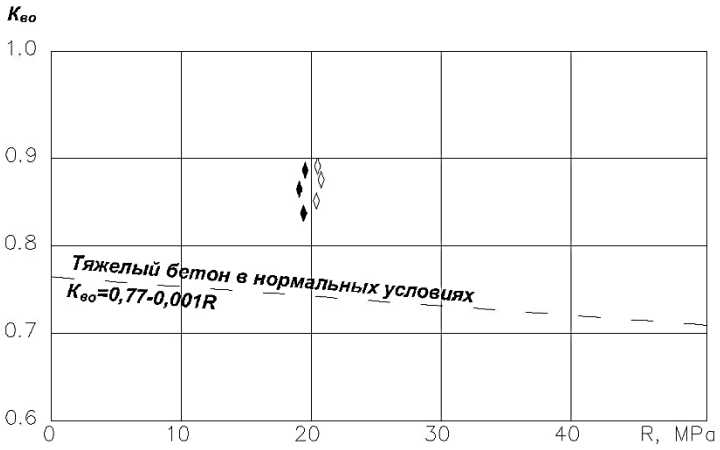
Условия твердения	Возрастбетона /сутки/	R МПа / %	R_b МПа / %	K_{BC}	R_{bt} МПа / %	E МПа / %	$\varepsilon_{bc} \times 10^{-5}$
Под влиянием солнечной радиации	28	16.6 / 100	14.4 / 100	0.86	1.8 / 100	20400 / 100	125 / 100
	60	17.5 / 106	14.9 / 103	0.85	1.70 / 0.94	20600 / 100.9	128 / 102
	180	17.8 / 106	15.1 / 104	0.84	1.78 / 0.98	21000 / 102	133 / 100
	360	18.0 / 108	15.3 / 106	0.85	1.81 / 100	24600 / 100	136 / 108
В тени В цеху t= 25…35℃ w= 65…70 ℃	28	19.8 / 100	17.5 / 100	0.88	2.03 / 100	24600 / 100	118 / 100
	60	20.9 / 105	18.1 / 105	0.86	2.2 / 108	25200 / 102	120 / 101
	180	21.4 / 108	18.8 / 107	0.87	2.3 / 113	26000 / 105	123 / 104
	360	22.1 / 123	19.0 / 108	0.86	2.5 / 123	26400 / 107	126 / 106

Полученные данные коэффициентов призменной прочности Квс представленных в табл.1 указывают на некоторое влияние условий твердения. Установлено понижение среднего значения Квс до 8 % при твердении бетона под влиянием солнечной радиации.

Как следует из рис1 опытные данные по коэффициенту призменной прочности образцов находящихся в природных условиях сухого жаркого климата не совпадают с опытными точками для бетона в нормальных условиях.

Прочность бетона на растяжении находящегося под воздействием солнечной радиации меньше, чем прочность бетона на растяжении находящегося в цеху. Это можно объяснить повышением температуры воздуха и понижением его относительной влажности. Прочность на растяжение в возрасте 28 и 360 суток при хранении на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации соответственно ниже на 12 % и 14 %, чем прочность бетона на растяжение находящегося в цеху. Существенная разница между прочностью бетона на растяжение твердевшего в условиях сухого жаркого климата и в нормальных условиях является результатом возникновения напряжений от температурного и влажностного градиентов, приводящих к напряжению в бетоне. Изменение прочности бетона в условиях сухого жаркого климата является результатом влияния циклических суточных и сезонных изменений температуры и влажности среды.

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14



--- под солнечной радиацией.

--- в условиях сухого жаркого климата в цеху;

Рис.1 Коэффициент призменной прочности бетона в условиях сухого жаркого климата

Если нарастание прочности бетона во времени в нормальных условиях твердения носит непрерывный нарастающий характер, то здесь такого не наблюдается из-за влияния внешней среды, что придает некоторые особенности происходящим физико-химическим процессам в структуре бетона. В условиях сухого жаркого климата кроме температуры на бетон действует низкая относительная влажность воздуха. Это вызывает изменение гигрометрического состояния бетона. Под воздействием солнечной радиации прочность изменяется в большей степени чем для бетона, защищенного от прямого попадания солнечных лучей.

На рис.2 нанесены опытные значения прочности на сжатие бетона находящегося под влиянием солнечной радиации [2] и в цеху [3]. Тут же приведена закономерность нарастания прочности тяжелого бетона в нормальных условиях по логарифмической зависимости,

$$R_\tau = R_{28} \cdot \frac{lg\tau}{lg28}$$

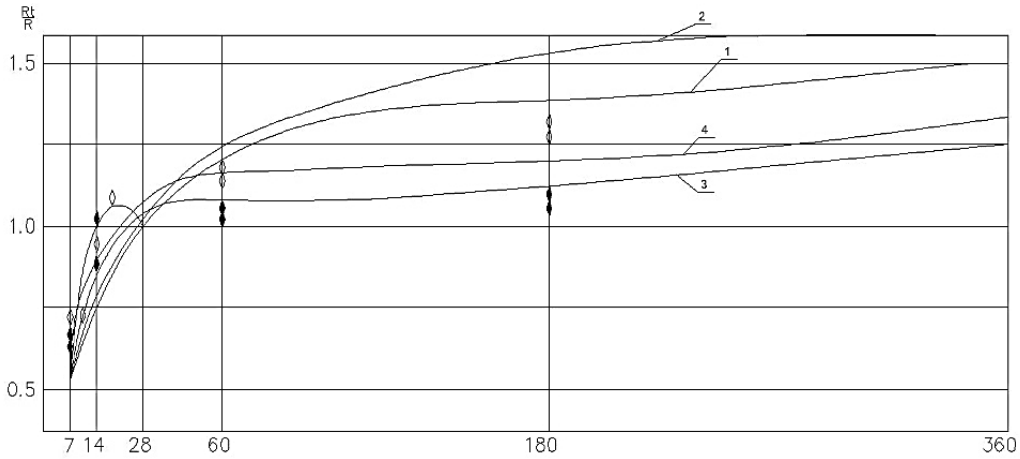
где R_τ - прочность бетона в возрасте τ ; R_{28} - прочность бетона в возрасте 28 суток; τ - возраст бетона, сутки.

Оценка нарастания прочности бетона по формуле (1) была выведена на основе анализа обширного экспериментального материала, полученного для бетонов различной прочности, твердеющих при нормальных условиях.

Опытные данные полученные в работе [6] применительно к бетонам твердеющим в нормальных условиях также соответствуют установленной теоретической закономерности по (1).

Однако, в условиях сухого жаркого климата прочность на сжатие меньше, чем в нормальных условиях. Чем больше влияние сухого жаркого климата на бетон, тем больше расходятся значения прочности бетона по сравнению с нормальным хранением.

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.14



1 и 2 – по логарифмической зависимости для бетона с прочностью 20 и 15 МПа в нормальных условиях; 3- под влиянием солнечной радиации (темные точки); 4- в условиях сухого жаркого климата в цеху (светлые точки); Прочность бетона зависит также от времени года изготовления.

Рис.2. Характер изменения прочности бетона во времени при твердении в нормальных условиях и в условиях сухого жаркого климата.

Выводы. Таким образом, в природных условиях на прочность бетона существенное влияние оказывает сезон его приготовления, степень завершенности процесса гидратации и гигрометрическое состояние бетона в момент приложения нагрузки.

Прочность бетона на сжатие и на растяжении находящегося под воздействием солнечной радиации меньше, чем прочность бетона на сжатие и на растяжение находящегося в цеху. Чем больше влияние сухого жаркого климата на бетон, тем больше расходятся значения прочности бетона по сравнению с нормальным хранением.

Список литературы

1. Пунагин В.Н. Технология бетона в условиях сухого жаркого климата - Ташкент: Фан, 1977.

2. Камбаров Х. У., Милованов А. Ф. Физико-механические свойства бетона, арматуры и железобетона при воздействии температуры. – Ташкент: ВНИИНТИ, 1992. 241 с.

3. Мухитдинов А. М. Влияние сухого жаркого климата на работу железобетонных конструкций. "Строительство и архитектура Узбекистана. 1972. N 8. 12-16 с.

4. Ашрабов А.Б, Назруллаев Ф. Нарастание прочности обычного и керамзитого бетонов в летних условиях Узбекистана. Труды Саз ПИ, новая серия, вып. 2. -1979. - 123 с.

5. Икрамов С. И., Рахимов Б. Х. Исследование прочности, жесткостии трещиностойкоетн кампорито- железобетонных изгибаемых элементов. -Строительство и архитектура Узбекистана. 1976. N7, 40-41 С.

6. Тарасов О. Г. Исследование модуля упругости бетонов, работающих в условиях различных температур и влажности внешней среды. Депонир. во ВНИС Рукопись N3575 Ташкентского политехнического института. -Ташкент: 1982. 4 с.

7. Милованов А. Ф. , Камбаров Х У. Расчет железобетонных конструкций для условий жаркого климата, -Ташкент: Укитувчи, 1991. 176 с,

8. Ризаев Б.Ш. Прочность и деформативность внецентренно-сжатых железобетонных колонн в условиях сухого жаркого климата. Сборник научных трудов НамМПИ. –Наманган, 2009.