

ВЛИЯНИЕ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ДЛИТЕЛЬНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Воронов Ю.Н., Панасюк В.А., Макарова С.С., Виноградский В.М. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния водонасыщения на прочность бетона в возрасте 28-ми суток и 33-х лет, даны качественные и количественные оценки этого влияния.

Влиянию водонасыщения (W) на прочность и другие свойства бетона (R_w) посвящены работы многих исследователей [1...15]. Однако количественно и качественно эта зависимость не раскрыта с необходимой полнотой и требует более внимательного рассмотрения.

В наших исследованиях для количественной и качественной оценки влияния водонасыщения на прочность бетона были испытаны бетоны в возрасте 28-ми суток водного твердения после тепловой обработки и в возрасте 33-х лет, твердевшие при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности 90-100%. Испытания велись на образцах-балочках размером $4 \times 4 \times 16$ см из бетона на портландцементе М400 Одесского цементного завода, в качестве заполнителя использовался гранитный щебень с максимальной крупностью зерен 8 мм и морской песок с $M_{кр}=1,9$. Различная степень водонасыщения образцов перед испытанием на прочность достигалась путем их высушивания при температурах от 55°C до 105°C , погружения в воду, максимальная степень насыщения достигалась путем кипячения образцов.

Для испытания были приняты два состава бетонов с $В/Ц = 0,4$ и $0,7$ одинаковой удобоукладываемости. Составы бетонов и характеристики бетонных смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Составы бетонов и характеристики бетонных смесей.

№№ состава	Расходы материалов в кг на 1 м^3 бетона				Характеристики составов			
	Ц	П	Щ	В	В/Ц	r	Ц/П	ОК, см
1	500	677	1015	200	0,4	0,4	0,738	4
2	280	745	1126	196	0,7	0,4	0,376	4

В качестве показателя изменения прочности бетона при колебаниях влажности использовали коэффициент « a_6 », характеризующий снижение прочности увлажненных образцов, приходящееся на 1% изменения влажности, выраженное в процентах по отношению к прочности сухих образцов.

$$a_6 = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W}, \quad (1)$$

где: R_c и $R_{ж}$ – соответственно прочность сухого и влажного образцов;
 ΔW – разница во влажности образцов.

Это дало возможность представить прочность бетона в зависимости от влажности в момент испытания в следующем виде:

$$R_m = R_c (1 - a_6 \Delta W). \quad (2)$$

Кроме коэффициента « a_6 » при обработке и интерпретации результатов использовались коэффициенты размягчения K_p и $a_{p-ра}$ равные:

$$K_p = \frac{R_{ж}}{R_c}; \quad a_{p-ра} = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W_{p-ра}}, \quad (3)$$

где: $W_{p-ра}$ – влажность растворной составляющей бетона;

Так как прочность бетона в основном зависит от прочности цементного камня, а изменение прочности бетона при увлажнении в значительной мере связано с характером его пористости, представляло интерес проанализировать изменение прочности бетона при увлажнении в зависимости от влажности цементного камня в бетоне и характеристик его структурной пористости. Для этого в дополнение к коэффициентам « a_6 »

и «а_{р-ра}» вычисляли коэффициент «а_{ц.к.}», характеризующий изменение прочности бетона на единицу влажности цементного камня в бетоне.

$$a_{ц.к.} = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W_{ц.к.}}, \quad (4)$$

где: $\Delta W_{ц.к.}$ – разница во влажности цементного камня в бетоне после насыщения или высушивания, т.е. влажность цементного камня в момент испытания, в процентах.

Влажность цементного камня $W_{ц.к.}$ в бетоне известного состава рассчитывали по формуле:

$$W_{ц.к.} = W_6 \frac{\gamma_6^c}{Ц(1 + W_н)100}, \quad (5)$$

где: γ_6^c – объемная масса сухого бетона, кг/м³;

Ц – расход цемента в кг/м³;

$W_н$ – количество химически связанной воды в относительных единицах.

Величину $W_н$ определяли путем прокаливания, а в ряде случаев значение принималось для бетона в возрасте 28 суток и после пропаривания – 0,15 (15% от массы цемента), а при длительном хранении в воде и в нормально-влажностных условиях 0,2 - 0,22 (20 – 22% от массы цемента).

Структурную пористость цементного камня в бетоне определяли по методике изложенной в [16].

Коэффициенты, характеризующие изменение прочности бетона при увлажнении и высушивании, рассчитанные по результатам испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Значение коэффициентов размягчения и относительного изменения прочности на единицу влажности бетона, раствора и цементного камня в бетоне.

№ состава	В/Ц	$K_p = \frac{R_{ж}}{R_c}$	$a_6 = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W}$	$a_{р-ра} = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W_{р-ра}}$	$a_{ц.к.} = \frac{R_c - R_{ж}}{R_c \cdot \Delta W_{ц.к.}}$
в возрасте 28-ми суток					
1	0,4	0,68	5,5	3,3	1,5
2	0,7	0,67	5,5	2,7	0,8
в возрасте 33-х лет					
3	0,4	0,77	7,0	4,4	2,0
4	0,7	0,71	4,9	3,3	1,0

В графическом виде зависимости между прочностью бетона на сжатие и влажностью в момент испытания представлены на рис. 1.

В аналитическом виде эти зависимости имеют следующий вид:

в возрасте 28-ми суток:

а) для В/Ц = 0,4 $R_w = 92,601 + 0,1566W^2 - 5,8861W$, при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,8791$;

б) для В/Ц = 0,7 $R_w = 40,926 - 0,0355W^2 - 1,7451W$, при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,7495$;

в возрасте 33-х лет:

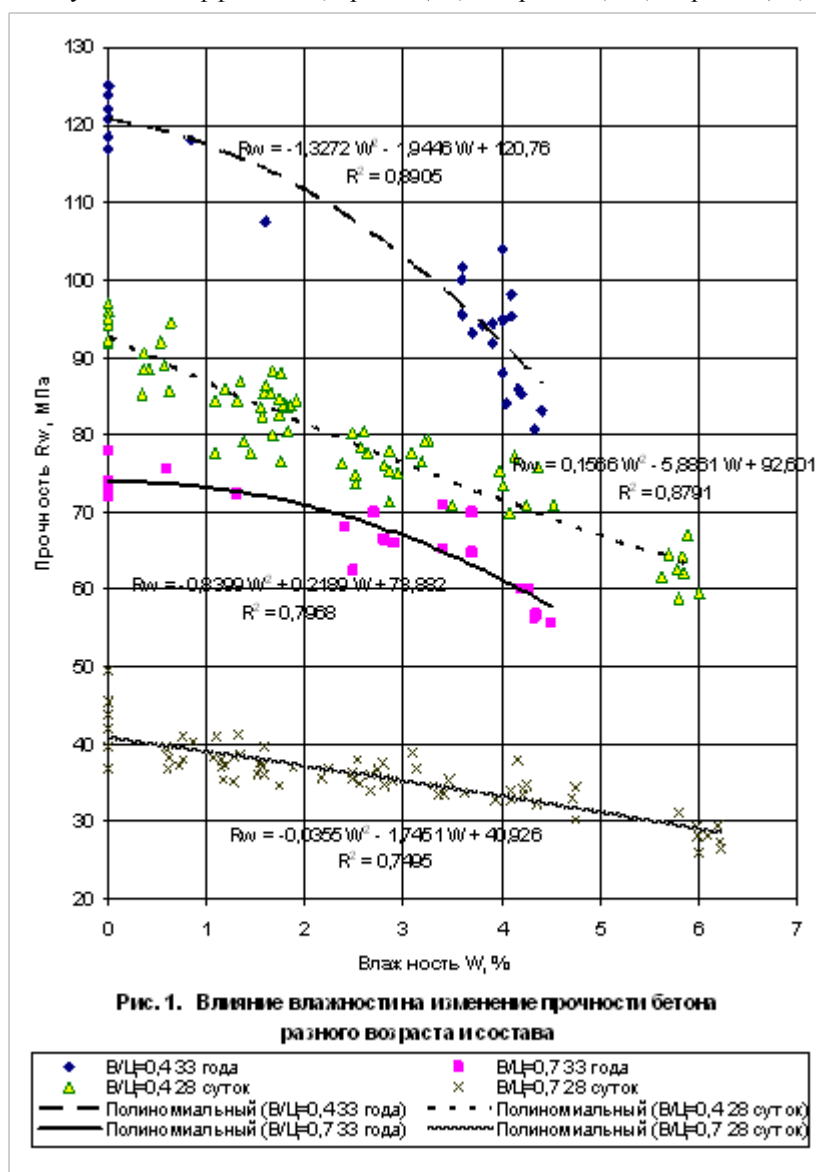
в) для В/Ц = 0,4 $R_w = 120,76 - 1,3272W^2 - 1,9446W$, при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,8905$;

г) для В/Ц = 0,7 $R_w = 73,882 - 0,8399W^2 + 0,2189W$, при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,7968$.

Как видно из рис.1 связь между прочностью бетона и его влажностью в момент испытания во всем диапазоне изменения влажности (от сухого состояния до полного насыщения) для бетона в возрасте 28-ми суток при В/Ц=0,4 и В/Ц=0,7 может быть с незначительной погрешностью аппроксимирована линейными зависимостями. Для бетонов в возрасте 33-х лет эти зависимости описываются кривыми второго порядка.

Общая пористость цементного камня в бетоне к возрасту 33-х лет уменьшалась по сравнению с возрастом 28-ми суток на 12% и 5,3% соответственно для В/Ц = 0,4 и В/Ц = 0,7, в тоже время, гелевая и контракционная пористость увеличилась в среднем на 22%.

Коэффициент размягчения, определенный как отношение прочности бетона в насыщенном водой состоянии к прочности бетона в сухом состоянии в возрасте 28-ми суток, практически не зависит от В/Ц и для данного эксперимента составляет 0,673 – 0,675. Относительное изменение прочности бетона на единицу влажности (a_6) также не зависит от В/Ц и составляет 5,5%. Что касается относительного изменения прочности на единицу влажности растворной составляющей бетона (a_{p-pa}), то наблюдается некоторое влияние В/Ц на величину этого коэффициента; при В/Ц=0,4 он равен 3,3%, а при В/Ц=0,7 – 2,7%.



Наиболее информативной и чувствительной характеристикой изменения прочности бетона при увлажнении является коэффициент относительного изменения прочности на единицу влажности цементного камня в бетоне ($a_{цк}$). Величина его находится в тесной зависимости от исходного В/Ц и для бетонов в возрасте 28-ми суток составляет 1,49% при В/Ц=0,4 и 0,81% при В/Ц=0,7, т.е. уменьшается в 1,84 раза.

Бетоны в возрасте 33-х лет, которые характеризуются повышенной степенью гидратации цемента и преобладанием в их структуре гелевых и контракционных пор более чувствительны к изменению прочности при разной влажности. Наблюдается зависимость их коэффициента размягчения от В/Ц. Для данного эксперимента он составил 0,77 при В/Ц=0,4 и 0,7 при В/Ц=0,7.

Величина коэффициента относительного изменения прочности на единицу влажности бетона (a_6) четко зависит от В/Ц и составляет 7% при В/Ц=0,4 и 4,9% при В/Ц=0,7. Величина коэффициента $a_{цк}$ при В/Ц=0,4 составляет 2%, а при В/Ц=0,7 – 1%.

Заключение. Влажности бетона, эксплуатируемого в условиях водонасыщения и высушивания, необходимо учитывать при назначении расчетных характеристик прочности и при оценке фактической прочности бетона в сооружениях.

Литература

1. Архипов А.М. О влиянии воды на прочность бетона./А.М. Архипов – ДАН СССР. Т.125, №2. 1959.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона./ И.Н. Ахвердов – М.: Строиздат. 1981 – 464 с.
3. Грушко И.М. Повышение прочности и выносливости бетона./ И.М. Грушко, А.Г. Ильин, Э.Д. Чихладзе – Харьков: «Вища школа», 1986 – 149 с.
4. Дибров Г.Д. Роль влаги в цементном камне и бетоне при механических испытаниях. / Г.Д. Дибров – Сб. «Способы защиты от коррозии неметаллических строительных материалов». Ростов: Изд. РГУ., 1967.
5. Воронов Ю.Н. Количественная оценка влияния водонасыщения на прочность бетона./ Ю.Н. Воронов – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск №15, - Одеса, 2004 – С 62-68.
6. Лещинский М.Ю. К вопросу о прочности бетона в водонасыщенном состоянии./ М.Ю. Лещинский «Гидротехническое строительство», №1, 1955 – С 42-43.
7. Мальцов К.А. Влияние водонасыщения на прочность бетона/ К.А. Мальцов «Гидротехническое строительство», №8, 1954 – С 21-25.
8. Михайлов А.В. Прочность бетона в зависимости от его влагосодержания./ А.В. Михайлов «Бетон и железобетон», №2, 1974 – 19 с.
9. Мощанский Н.А. Об изменении прочности бетона при его водонасыщении./ Н.А. Мощанский «Гидротехническое строительство», №10, 1956 – С 18-23.
10. Наконечный А.С. Влияние водонасыщения бетона на его прочность при динамических нагрузках./ П.А. Мельниченко, О.П. Медлов - Петросян – «Труды координационных совещаний по гидротехнике», Вып. 68, 1971 – С 86-90.
11. Одинцов Б.А. О необходимости учета влияния влажности бетона при расчете некоторых конструкций./ Б.А. Одинцов, Ю.М. Куприй – Ростов-на-Дону: В. сб. «Технология и механизация строительного производства», 1974.
12. Серых Р.Л. Влияние водонасыщения на прочность бетона при сжатии/ Р.Л. Серых – «Бетон и железобетон», №8, 1978. – С 16-17.
13. Цицосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона./ З.Н. Цицосани – Тбилиси: Изд. «МЦНИЕРБА», 1979 – 230 с.
14. Цискрели Г.Д. О сопротивлении бетона разрыву./ Г.Д. Цискрели – «Гидротехническое строительство», №3, 1953 – С 16-19.
15. Дергунов С.А. Исследование кинетики водопоглощения пластифицированных систем./ С.А. Дергунов, В.Н. Рубцова – Воронеж: Материалы научного конгресса. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. Книга 1. 2008 – С 141-147.
16. Горчаков Г.И. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений./ Г.И. Горчаков, М.М. Капкин, Б.Г. Скрамтаев – М.: Стройиздат, 1965 – 195 с.