

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА.

Воронов Ю.Н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры. г. Одесса).

Проведены результаты экспериментальных исследований влияния водонасыщения на прочность затвердевшего бетона при сжатии и количественные оценки этого влияния.

Влиянию водонасыщения на прочность бетона посвящено значительное количество работ [1...12]. Однако сложность методики экспериментов по определению влияния водонасыщения на прочность бетона, двойственное влияние воды на его свойства, сложность физико-химических процессов, происходящих при увлажнении и высушивании, коррелированность некоторых факторов на доли на первых этапах исследований однозначного ответа на вопрос о влиянии влажности бетона в момент испытания на его прочность. Одни исследователи [4,12] приходили к выводу о снижении прочности бетона при насыщении его водой, другие [5, 7], наоборот, отмечали повышение прочности бетона в водонасыщенном состоянии на изгиб и снижение прочности на сжатие. Это явилось предметом острой дискуссии на страницах технических журналов [5, 7, 12].

Но результаты большинства исследователей свидетельствуют о снижении прочности бетона при насыщении его водой.

В наших исследованиях для количественной и качественной оценки влияния влажности на прочность бетона была выполнена серия экспериментов, методика которых принципиально не отличалась от методики других исследователей. Испытания велись на образцах-балочках размером 4x4x16 см из бетона на портландцементе М400 Одесского цементного завода, в качестве заполнителя использовался гранитный щебень Первомайского карьера с максимальной крупностью зерен 8 мм и морской песок с $M_{кр} = 1,9$. Чтобы исключить влияние изменения прочности и пористости образцов, в период их подготовки к испытаниям для исследования были взяты образцы с практически закончившимся процессом структурообразования. Для этого образцы после изготовления и пропаривания по режиму 3+10+6 при температуре изотермического прогрева 80 °С, хранили в течение 30 суток в воде при температуре 18-20 °С. Различная степень

влагонасыщения образцов перед испытанием достигалась путем их высушивания при температуре 55-60 °С. После достижения образцами заданной влажности их помещали в эксикаторы на 15-20 суток для равномерного распределения влаги по сечению. Для удаления всей свободной воды сушку образцов производили вначале при температуре 60-70 °С с целью уменьшения деструкции в результате быстрого испарения воды при более высокой температуре, а затем 105 °С до постоянного веса. Приготовленные таким образом образцы испытывали на растяжение при изгибе и на сжатие. После разрушения образцов определяли фактическое значение влажности в момент испытания весовым методом. Количество образцов готовили из расчета восьмикратной повторяемости испытания при заданном значении влажности.

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

Таблица 1. Составы бетонных смесей

№№ состава	Расходы материалов в кг на 1 м ³ бетона				Характеристики составов			
	Ц	П	Щ	В	В/Ц	г	П/Ц	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 «а_δ» характеризующий снижения прочности увлажненных образцов, приходящееся на 1% изменения влажности, выраженное в процентах по отношению к прочности сухих образцов или образцов естественной влажности. Другими словами, этот коэффициент характеризует относительное снижение прочности при увеличении влажности бетона на 1%.

$$a_{\delta} = \frac{R_c - R_m}{R_c \cdot \Delta W}$$

(1)

где: R_c и R_m – 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:

$$(2) \quad R_m = R_c \cdot (1 - a_{\delta} \cdot \Delta W)$$

Кроме коэффициента « a_{δ} » при обработке и интерпретации результатов использовались коэффициенты размягчения K_p , K_p' и a_{p-pa} , равные

$$(3) \quad K_p = \frac{R_m}{R_c}, \quad K_p' = \frac{R_m}{R_E}, \quad a_{p-pa} = \frac{R_c - R_m}{R_c \cdot W_{p-pa}},$$

где: R_E – прочность бетона при естественной влажности;
 W_{p-pa} - влажность растворной составляющей бетона.

Так как прочность бетона в основном зависит от прочности цементного камня, а изменение прочности бетона при увлажнении в значительной мере 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_{δ} » и « a_{p-pa} » вычисляли коэффициент « $a_{ц.к.}$ », характеризующий изменение прочности бетона на единицу влажности цементного камня в бетоне.

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

где: $\Delta W_{ц.к.}$ - разница во влажности цементного камня в бетоне до насыщения или высушивания, в процентах.

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

$$W_{ц.к.} = W_{\delta} \frac{\gamma_{\delta}^c}{Ц(1 + W_n)100}$$

(5)

где: γ_{δ}^c - объёмная масса сухого бетона, кг/м³;

Ц - расход цемента в кг/м³;

W_n - количество химически связанной воды.

Величину W_n определяли путем прокаливания, а в ряде случаев значение W_n 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).

Коэффициенты, 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	$K_p = \frac{R_m}{R_c}$	$a_{\delta em} = \frac{R_c - R_m}{R_c \cdot W_{\delta em}}$	$a_{p-pa} = \frac{R_c - R_m}{R_c \cdot W_{p-pa}}$	$a_{ц.к.} = \frac{R_c - R_m}{R_c \cdot W_{ц.к.}}$
1	0,4	0,675	5,5	3,3	1,49
2	0,7	0,673	5,5	2,7	0,81

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

В аналитическом виде эти зависимости имеют следующий вид:

а) для В/Ц = 0,4

$$R_m = 920 - 48W \quad \text{или} \quad R_m = R_c(1 - 0,052W)$$

(6)

б) для $V/C = 0,7$

$$R_M = 420 - 23W \quad \text{или} \quad R_M = R_c(1 - 0,055W)$$

(7)

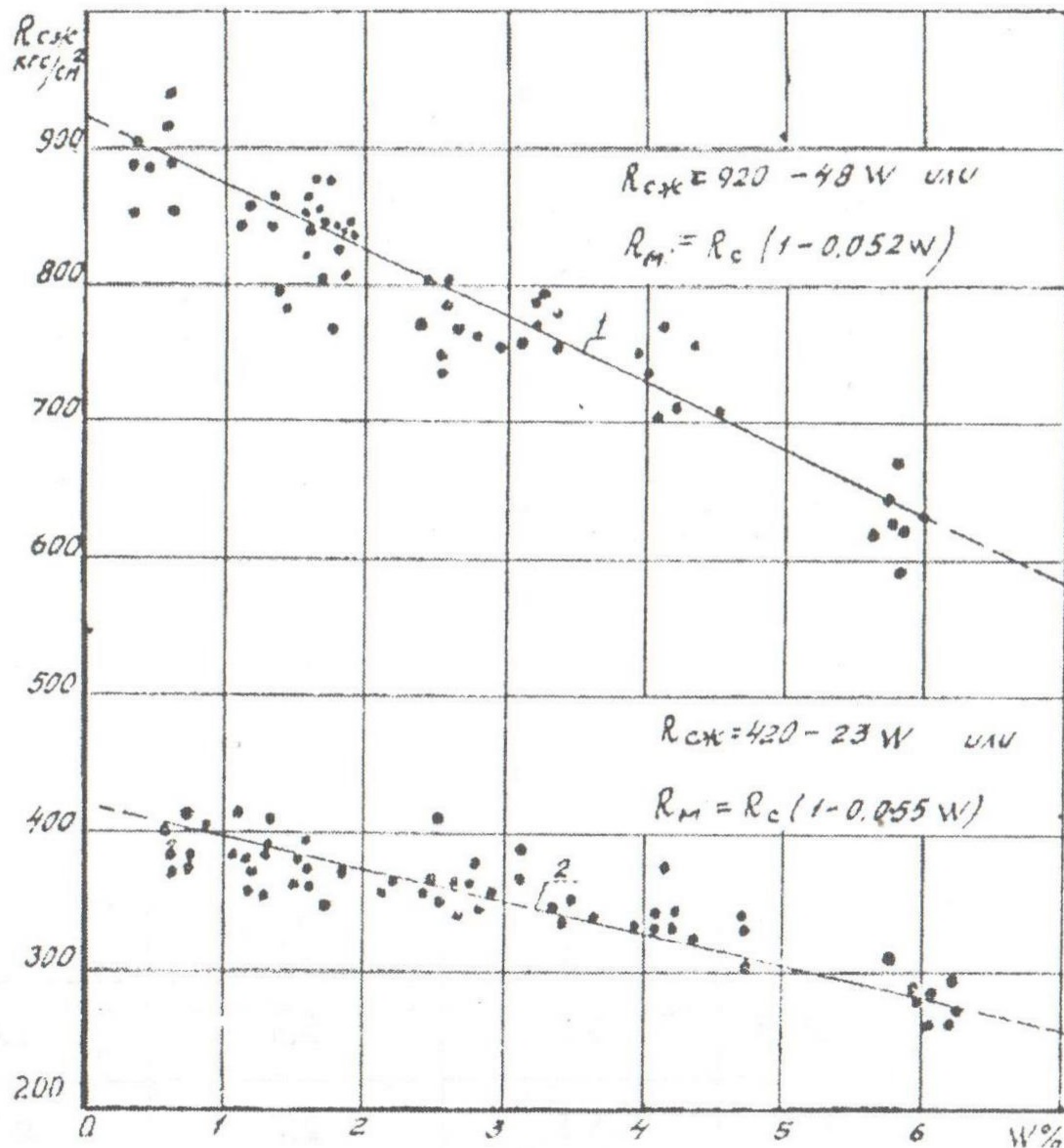


Рис.1. Зависимость прочности бетона от влажности 1 – при $V/C = 0,4$, 2 – при $V/C = 0,7$

Как видно из рис.1. связь между прочностью бетона на сжатие и влажностью его в момент испытания во всем диапазоне изменения влажности (от сухого состояния до полного насыщения) может быть представлена линейной зависимостью. В отличие от данных [6] в наших опытах наличие максимумов прочности при малых значениях влажности не наблюдалось.

Результаты испытаний прочности бетона на растяжение при изгибе для условий данного эксперимента характеризуются большим

разбросом. Однако общая тенденция понижения прочности при увеличении влажности сохраняется и при испытании на растяжение при изгибе.

Как видно из результатов испытаний, коэффициент размягчения, определенный как отношение прочности бетона в насыщенном состоянии к прочности бетона в сухом состоянии, практически не зависит от В/Ц и для данного эксперимента составляет 0,673-0,675. Это хорошо согласуется с данными, полученными в [9] для пропаренного бетона (0,662-0,782).

Относительное изменение прочности бетона на единицу влажности ($a_{бет}$) также практически не зависит от В/Ц и составляет 5,5% - 5,4%. Что касается относительного изменения прочности на единицу влажности растворной составляющей бетона ($a_{р-ра}$), то наблюдается значительное влияние В/Ц на величину коэффициента относительного изменения прочности. Так, при В/Ц = 0,4 он равен 3,3, а при В/Ц = 0,7 - 2,7.

Наиболее чувствительной характеристикой изменения прочности бетона при увлажнении является коэффициент относительного изменения прочности на единицу влажности цементного камня в бетоне. Как видно из экспериментальных данных, величина этого коэффициента ($a_{ц.к.}$) находится в тесной зависимости от исходного В/Ц. согласно экспериментальным данным, при В/Ц = 0,4 коэффициент $a_{ц.к.}$ составляет 1,49, а при В/Ц = 0,7 $a_{ц.к.} = 0,81$, т.е. уменьшается в 1,84 раза.

На рис.2. представлены экспериментальные данные (в относительных единицах прочности и влажности) для обоих исследованных составов бетона, характеризующие зависимость прочности бетона при сжатии от его влагосодержания в момент испытания.

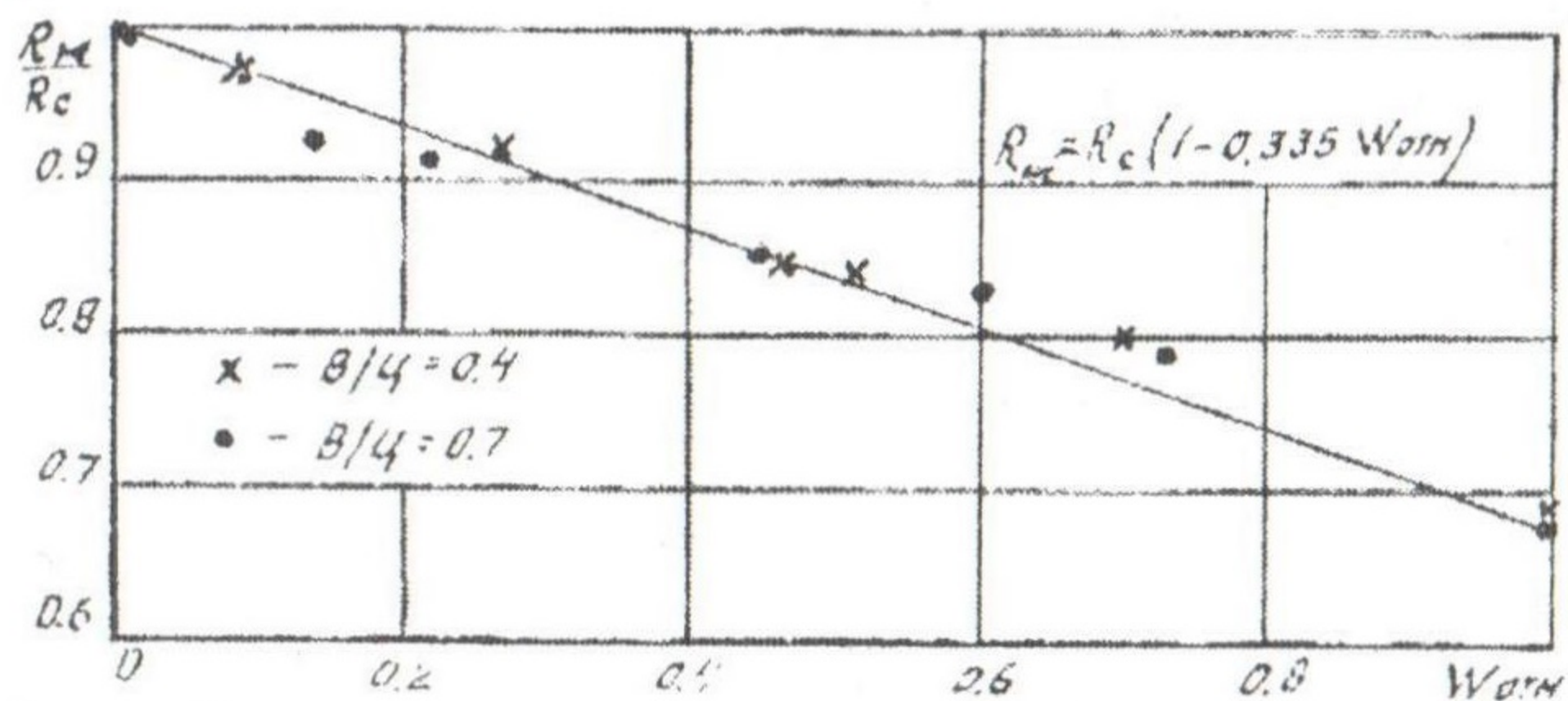


Рис. 2. Относительное изменение прочности бетона при колебаниях влажности.

Как видно, эта зависимость имеет практически линейный характер и относительное изменение прочности бетона практически одинаково как для бетона с $В/Ц = 0,4$, так и для бетона с $В/Ц = 0,7$, и для данного эксперимента может быть представлена следующим уравнением:

$$R_m = R_c(1 - 0,335W_{отн.}), \quad (8)$$

где: $W_{отн.}$ - влажность бетона в относительных единицах.

ВЫВОДЫ

1. Прочность бетона, после насыщения водой, снижается на 25-30% по сравнению с прочностью сухого бетона, причем четкой зависимости составом бетона и величиной коэффициента размягчения бетона не наблюдается.

2. Колебания влажности бетона на $\pm 1\%$ приводит к изменению прочности бетона в среднем на $\pm 5\%$. Величина относительного снижения прочности бетона на единицу влажности составляет 3...4% при низких $Ц/В$ ($Ц/В = 1,4...2$) и увеличивается до 6...9% для бетонов на $Ц/В = 2,5...3$. Более «зрелые» бетоны с высокой степенью гидратации цемента, а следовательно, жесткой структурой, характеризуются большей относительной величиной изменения прочности на единицу влажности.

3. Колебания влажности цементного камня в бетоне и растворе на 1% приводит к изменению их прочности в среднем на $\pm 1\%$. Величина относительного изменения прочности на единицу влажности цементного составляет 0,6...0,8% для бетонов с низким $Ц/В$ ($Ц/В = 1,4...2$) и увеличивается до 1,5...2,5% для бетонов с высоким $Ц/В$ ($Ц/В = 2,5...3$). При равных $Ц/В$ относительное изменение прочности бетона на единицу влажности цементного камня тем выше, чем больше степень гидратации цемента.

Литература

1. Архипов А.М. О влиянии воды на прочность бетона. ДАН СССР. Т.125, №2. 1959.
2. Ахвердов И.Н., Дзабиева Л.Б. Прочность цементного камня и бетона в водонасыщенном состоянии. ДАН БССР, №6, 1968
3. Дибров Г.Д. и др. Роль влаги в цементном камне и бетоне при механических испытаниях. Сб. «Способы защиты от коррозии неметаллических строительных материалов». Изд. РГУ. Ростов, 1967

4. Лещинский М.Ю. К вопросу о прочности бетона в водонасыщенном состоянии. «Гидротехническое строительство», №1, 1955
5. Мальцов К.А. Влияние водонасыщения на прочность бетона. «Гидротехническое строительство», №8, 1954
6. Михайлов А.В. Прочность бетона в зависимости от его влагосодержания. «Бетон и железобетон», №2, 1974
7. Мощанский Н.А. Об изменении прочности бетона при его водонасыщении. «Гидротехническое строительство», №10, 1956
8. Наконечный А.С., Мельниченко П.А., Мгедлов-Петросян О.П. Влияние водонасыщения бетона на его прочность при динамических нагрузках. «Труды координационных совещаний по гидротехнике», вып. 68, 1971
9. Одинцов Б.А., Куприй Ю.М. О необходимости учета влияния влажности бетона при расчете некоторых конструкций. В сб. «Технология и механизация строительного производства», Ростов-на-Дону, 1974
10. Серых Р.Л. Влияние водонасыщения на прочность бетона при сжатии. «Бетон и железобетон», №8, 19782
11. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. Изд. «МЦНИЕРБА», Тбилиси, 1979
12. Цискрели Г.Д. О сопротивлении бетона разрыву. «Гидротехническое строительство», №3, 1953