

ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНА

В. М. ХУДАВЕРДЯН

К ВОПРОСУ О ВТОРИЧНОМ ТВЕРДЕНИИ БЕТОНОВ, ВЫСОХШИХ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ

В работе [1] нами было показано, что бетоны, высохшие в раннем возрасте и прекратившие рост прочности, при последующем обводнении возобновляют этот рост и существенно упрочняются в результате вторичного твердения, что объясняется гидратацией резервов цемента, не успевших гидратироваться ввиду раннего высыхания бетона.

За последние годы в журнальной литературе появились статьи, относящиеся к указанной теме. В журнале «Бетон и железобетон» появилась небольшая заметка [2], являющаяся рефератом статьи, помещенной в «Zement—Kalk-Gips» (1956, № 2). В этой заметке утверждается, что, по новейшим английским исследованиям, «выдержка бетона во влажных условиях может быть без вреда для него прервана, а затем возобновлена в любое время. По этим данным высохший бетон после повторного увлажнения снова продолжает наращивать прочность, как если бы он вовсе не подвергался высушиванию».

В работе [1] мы писали, что нельзя согласиться с указанным утверждением.

Действительно, как вытекает из наших исследований, подобное утверждение является безапелляционным, и возможности упрочнения высохшего бетона при обводнении в [2] переоценены.

В том же журнале «Бетон и железобетон» появилась статья [3] на ту же тему. Проанализировав результаты английских опытов, описанных в указанном немецком журнале, автор статьи справедливо критикует вышеприведенное утверждение о том, что влажный режим твердения бетона можно без ущерба для него прервать и возобновить в любое время, подчеркнув решающее значение для качества бетона обеспечения влажных условий твердения в ранний период. Эта критика является трезвой и полезной. К сожалению, автор при этом недооценивал эффект вторичного твердения бетона при его обводнении.

В настоящей статье излагаются результаты наших исследований, проведенных в 1957—1958 гг. в Армянском научно-исследовательском институте стройматериалов и сооружений (АИСМ) и являющихся продолжением и развитием работы [1]. Эти исследования касались одного основного вопроса — меры вторичного твердения бетонов, высохших в раннем возрасте, в зависимости от срока их начального нормального твердения и продолжительности последующего обводнения.

Постановка опытов и экспериментальная часть. Опыты проводились над призмами $10 \times 10 \times 40$ см, приготовленными из тяжелого бетона, литоидпемзобетона и туфобетона. Бетоны были подобраны с удобоукладываемостью в 15 сек, с одинаковым расходом цемента — 250 кг/м^3 .

В опытах был применен цемент, представляющий смесь из 75 весовых частей чистого клинкерного цемента Араратского завода и 25 весовых частей вибромолотой анийской пемзы. Перемешивание компонентов цемента производилось на лабораторной шаровой мельнице в течение 1 часа при уменьшенном количестве шаров.

Активность цемента по ГОСТу 310-41 $R_n = 348 \text{ кг/см}^2$.

Расчетный минералогический состав исходного чистого клинкерного цемента:

трехкальциевый силикат $C_3S = 46,8$,
 двухкальциевый силикат $C_2S = 29,2$,
 трехкальциевый алюминат $C_3A = 8,2$,
 четырехкальциевый алюмоферит $C_4AF = 11,9$.

В качестве заполнителей для тяжелого бетона были применены базальтовый щебень и речной кварцевый песок. Заполнителями для литоидпемзобетона служили щебень и песок из литоидной пемзы Лусаванского месторождения. Для туфобетона применялись щебень и песок, дробленные из туфа ереванского типа Аринджского месторождения. Для всех бетонов щебень был разбит на фракции 5—15 и 15—30 мм, песок просеян через сито с отверстиями $d = 5 \text{ мм}$. Содержание пылевидной фракции (частиц $< 0,15 \text{ мм}$) в примененных в опытах кварцевом, литоидпемзовом и туфовом песках составляло соответственно 6,4, 43,7 и 32,8% по весу. Все заполнители применялись в воздушно-сухом состоянии и дозировались по весу.

По каждому виду бетона было приготовлено 5 групп призм по 3 призмы в группе. После приготовления образцы оставлялись в формах одни сутки, при этом сверху они прикрывались влажными опилками. После расформовки образцы твердели при различных режимах, указанных в табл. 1.

Образцы групп I, VI и XI после расформовки сразу помещались в летнюю камеру, затем выносились на летний стенд и, наконец, обводнялись. Образцы групп V, X и XV являлись эталонными и после расформовки постоянно хранились в воде. Наконец, образцы промежуточных групп после расформовки помещались в воду на 2, 6 и 13 суток, после чего переводились в летнюю камеру, далее выносились на летний стенд и затем обводнялись. Таким образом, для первых 4 групп каждого вида бетона начальный срок t_0 нормального вызревания составлял соответственно 1, 3, 7 и 14 дней.

Температура в летней камере поддерживалась при помощи калорифера и терморегулятора на уровне 30°C . Относительная влажность воздуха в камере колебалась в пределах 40—50%.

Среднемесячная температура воздуха в тени на открытом летнем

Таблица 1

Режим хранения бетонных призм

Группа образцов	Количество призм 10·10·40 см	Продолжительность хранения в днях				
		в формах прик. влажн. опилками	в воде	в летней камере	на летнем стенде	в воде (вторичное твердение)
Призмы из тяжелого бетона						
I	3	1	—	52	28	постоянно " " " —
II	3	1	2	50	28	
III	3	1	6	46	28	
IV	3	1	13	39	28	
V	3	1	постоянно	—	—	
Призмы из литоидпемзобетона						
VI	3	1	—	49	28	постоянно " " " —
VII	3	1	2	47	28	
VIII	3	1	6	43	28	
IX	3	1	13	36	28	
X	3	1	постоянно	—	—	
Призмы из туфобетона						
XI	3	1	—	48	28	постоянно " " " —
XII	3	1	2	46	28	
XIII	3	1	6	42	28	
XIV	3	1	13	35	28	
XV	3	1	постоянно	—	—	

стенде за август и сентябрь, замеренная в 8, 12 и 16 часов, колебалась в пределах 17, 8—31,6°C. Наибольшая максимальная температура на солнце за указанный период на стенде —54,5°C.

Относительная влажность воздуха на стенде за тот же период колебалась в средних пределах 30—70%, с размахом колебаний 20—80%.

Результаты испытания образцов на динамический модуль упругости.

Испытания образцов на динамический модуль упругости E_d проводились периодически, при этом максимальный возраст образцов составлял 507—511 дней.

Частота свободных колебаний призматических образцов определялась на установках, разработанных в АИСМе [4, 5]. Определение динамического модуля упругости проводилось по формулам, приведенным в [6].

Результаты всех испытаний и определений приведены в табл. 2, 3 и 4.

В дробных числах табл. 2—4 числители означают продолжительность обводнения в днях образцов групп I—IV, VI—IX и XI—XIV, а знаменатели—возраст этих образцов при испытании, или, что то же—продолжительность хранения в воде образцов эталонных групп до испытания.

В гр. 29 этих таблиц даны в процентах отношения E_d первых четырех групп образцов к E_d образцов литой эталонной группы для максимального возраста бетона.

По данным табл. 2—4 соответственно построены рис. 1—3.

Таблица 2

Вторичное твердение тяжелого бетона, высохшего в раннем возрасте, в зависимости от срока его начального нормального твердения и продолжительности последующего обводнения. Рост динамического модуля упругости

Группа	Образец	Продолжит. начального нормального твердения в днях	Продолжит. хранения в летних условиях в днях	Продолжительность обводнения в днях																								$\frac{E_d}{E_d^0}$ в %					
				Возраст образца при испытании в днях																													
				0	0	15	21	29	36	51	65	90	144	192	430	Динамический модуль упругости E_d в тыс. кг/см ²																	
				28	81	96	102	110	117	132	146	171	225	273	511																		
1	2	3	4	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	частн.	ср.	29							
I	1	1	80			155,5		254		267		282		282		289		295		308		310		335		337,5		337		351,5		366	94
	2	1	80			199,5	176	296	273	296		305	294	312	304	321	308	328	310	351	335	262	346	371	352	384	366						
	3	1	80			174		269		284		296		312		308		308		332		340		349,3		363							
II	1	3	78			188		267		280		289		292		300		304		322		338,5		344		362							
	2	3	78			180	181	270	271	279	279	288	290	288	293	301	301	304	305	318,5	322	343	341	344	348	358	362				93		
	3	3	78			175,5		275		277		292		298		302		307		325		342		351		366							
III	1	7	74			247		299		303		309		315		335		342		352		359		373		384							
	2	7	74			229	227	306	293	313	302	330	314	337	320	346	330	346	335	357	350	364	357	382	370	396	384				98		
	3	7	74			204		274		290		302		307		309		316		340		348		356		372							
IV	1	14	67			240		316		339		353		353		363		363		374		374		397		408							
	2	14	67			257	238	307	302	307	315	322	325	330	330	347	341	347	345	358	360	364	365	372	376	386,5	389				99,5		
	3	14	67			216		282		298		299		307		314		324		347		355		358		372,8							
V	1	постоянно в воде	—	292		333		340		349		359		356		356		356		367		367		363,5		374							
	2		—	301	299	355	347	362	357	363	360	362	263	362	362	362	362	362	362	363	363	381	378	386	382	396	391				100		
	3		—	315		353		369		369		369		369		369		369		369		387		395		402,5							

Вторичное твердение антодцемзобегона, высохшего в разном возрасте, в зависимости от срока его начального нормального твердения и продолжительности последующего обводнения. Рост динамического модуля упругости

Таблица 3

Группа	Образец	Продолжит. начальн. нормальн. твердения в днях	Продолжит. хранения в днях	Продолжительность обводнения в днях																												E_d E_d^3 в %
				Возраст образца при испытании в днях																												
				0	0	14	20	29	36	51	65	90	144	192	430																	
				28	78	92	98	107	114	129	143	168	222	270	508																	
Динамический модуль упругости E_d в тыс. кг/см ²																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
VI	1	1	77			104		140		144,4		150		154		154		154		159		159,8		159,6		167,2						
	2	1	77			107	104	141,5	141	143,5	144	148,5	149	150	152	150	152	150,7	153	154	159	154,9	159	156,6	160	161,3	166	89				
	3	1	77			102		142,5		145		148,7		153		152,6		153		163		163,2		163,5		168,5						
VII	1	3	75			111		148,4		153,5		157,2		157		159		159,3		161,5		163,6		165,6		169,6						
	2	3	75			107	107	141	142	146,5	147	153,6	153	153,7	153	154	154	154	154	158	158	160	160	160	160	164,5	165	88				
	3	3	75			102		136,5		141,6		149		149		149		149,6		153,2		155,5		155,6		160						
VIII	1	7	71			113,6		148,5		153		153,8		157,4		158		158		160,2		163,3		164,2		169,1						
	2	7	71			113,5	113	144	145	148,5	150	150,6	152	150,5	153	150,6	153	151	153	154,9	157	156	158	159,2	160	164	165	88				
	3	7	71			111,7		144		148		150,3		150,2		150,5		151		154,6		156,1		156,2		160,6						
IX	1	14	64			114		141,5		143,7		147,4		149,4		148		148		152		152,5		154		160,6						
	2	14	64			120,8	118	151	148	151,5	149	155	153	155,4	154	153,8	152	154	152	158	158	158,4	159	158,8	159	164,5	165	88				
	3	14	64			120,6		153		153		156,5		157		155		155,3		165		165,4		163,8		168,9						
X	1	посто- янно в воде	—	157		179		181		183,3		183,5		183,3		181		179,5		179		179		183,6		189						
	2		—	152	157	169,3	178	171	180	171	179	173,5	182	173	182	172	181	173,5	180	173,5	179	173,2	179	173,6	182	178,8	187	100				
	3		—	163		185,6		188		184		189,8		189,6		188		186		185,5		185,5		189,5		192,2						

Таблица 4

Вторичное твердение туфобетона, высохшего в раннем возрасте, в зависимости от срока его начального нормального твердения и продолжительности последующего обводнения. Рост динамического модуля упругости

Группа	Образец	Продолжит. начальной, нормальн. твердений в днях	Продолжит. хранения в летних условиях в днях	Продолжительность обводнения в днях																												$\frac{E_d}{E_A}$ в %
				Возраст образца при испытании в днях																												
				0	0	14	21	29	36	51	65	90	146	192	430																	
				28	77	91	98	106	113	128	142	167	223	269	507																	
				Динамический модуль упругости E_d в тыс. кг/см ²																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
XI	1	1	76			95		142		144		150,6		150,8		154		155,3		161,2		164,4		163,6		168						
	2	1	76			106	100	137,2	138	141,2	142	146,8	149	147	149	151	152	151,3	153	158	159	159,5	162	157,6	161	161,2	165	81				
	3	1	76			105		136		140,7		149,6		150		152		152,6		158,5		161		162		164,8						
XII	1	3	74			98,5		140		145,5		149		149,5		149,5		149,8		158		160,2		160,3		166						
	2	3	74			104	100	144,4	142	151	149	157,2	154	157,8	154	157,8	155	163	157	166,5	162	168,5	164	168,9	164	172,5	168	82				
	3	3	74			98,6		141,2		150		155		157		157		158,2		161,6		164		164		166,7						
XIII	1	7	70			105,5		139		145,5		150,3		150,6		154,7		157		161,2		165,6		166		167,6						
	2	7	70			97	101	148	145	151,5	149	160,4	157	161	157	163	159	163,3	161	167,8	166	173	170	173	170	175	173	85				
	3	7	70			101		147,5		149,7		159,6		160		160		162,5		169		171,5		171,6		175,5						
XIV	1	14	63			109		137,6		144,6		153,5		153		154		154,6		161		163		164,2		168						
	2	14	63			112	112	143	142	148	148	155	155	155	155	158	157	159,6	158	166	164	168,6	166	170	167	175,6	172	84				
	3	14	63			114		146		152		156		156,2		158,5		160,6		165,2		167,5		167,8		173,6						
XV	1	посто- янно	—	161		189		190,7		195		190,7		190,7		195		195		196,4		199,5		199,9		204,8						
	2	—	—	160	160	187	187	190	188	189	190	193,8	191	193,8	190	194	192	194	192	194	193	199,6	197	199,2	198	205,8	204	100				
	3	в воде	—	160		183,6		184,5		185,2		187,6		186,6		186,2		186,2		190		192,8		193,5		200,8						

Рассматривая рис. 1—3, мы видим существенную разницу в характере кривых рис. 1 и рис. 2 и 3. В то время как кривые на рис. 1 идут разобщенно, с известными дистанциями между ними, кривые легких бетонов на рис. 2 и 3 идут скученно. Это говорит о слабой зависимости упругих свойств легких бетонов от срока их начального нормального твердения, что объясняется сглаживающим действием влаги, аккумулированной пористым заполнителем при затворении бетона. Разобщенное расположение кривых тяжелого бетона свидетельствует, наоборот, о чувствительной зависимости этого вида бетона от срока его начального нормального твердения.

При рассмотрении рис. 1—3 обращает на себя внимание также следующее обстоятельство. В результате 430-дневного обводнения образцов кривые $t_0 = 7$ и $t_0 = 14$ тяжелого бетона (рис. 1) почти догнали кривую водного хранения эталонной группы образцов.

Из табл. 2 видно, что разница между E_d образцов эталонной группы V и E_d образцов групп IV и III составляет всего лишь 0,5—2%. Для образцов групп I и II эта разница составляет 6—7%, что не так много.

Что же касается легких бетонов, то, как видно из рис. 2 и 3, кривые E_d этих бетонов в результате 430-дневного обводнения образцов все еще явственно отстают от кривой E_d эталонной группы образцов водного хранения, причем это отставание является как бы постоянным. Из табл. 3 и 4 видно, что разница между E_d и E_d остальных групп образцов легких бетонов находится в пределах около 10—20%.

Различие в поведении тяжелого и легких бетонов во вторичном твердении должно быть объяснено тем, что, как было сказано в [1], при одинаковом содержании вяжущего негидратированного цемента в тяжелом бетоне должно быть значительно больше, нежели в легких бетонах. Помимо того, пылевидной фракции ($< 0,15$ мм) в легких песках в несколько раз больше, чем в тяжелом песке, вследствие чего доступ воды к негидратированным зернам цемента в легких бетонах труднее, чем в тяжелом бетоне.

Результаты испытания образцов на растяжение и сжатие. Для получения прочностных характеристик бетонов, прошедших вторичное твердение, было отобрано 15 призм $10 \times 10 \times 40$ см, по одной призме из каждой группы бетона, и все призмы были испытаны на растяжение путем раскалывания, а отколотые кубики — на сжатие [7, 8]. Возраст призм при раскалывании—549—553 дня, продолжительность обводнения—472 дня. Перед испытанием призмы снимались из воды и выдерживались на воздухе в комнатных условиях в течение одних суток. Раскалывание призм производилось на 10-тонном гидравлическом прессе с помощью вдавливания в бетон 2 остальных стержней диаметром 3 мм. Призмы раскалывались по 3 сечениям на 4 кубика. Из каждой призмы испытывались на сжатие по 3 кубика.

Результаты раскалывания призм и сжатия отколотых кубиков приведены в табл. 5—7. Для сопоставления в графе 12 этих таблиц приведе-

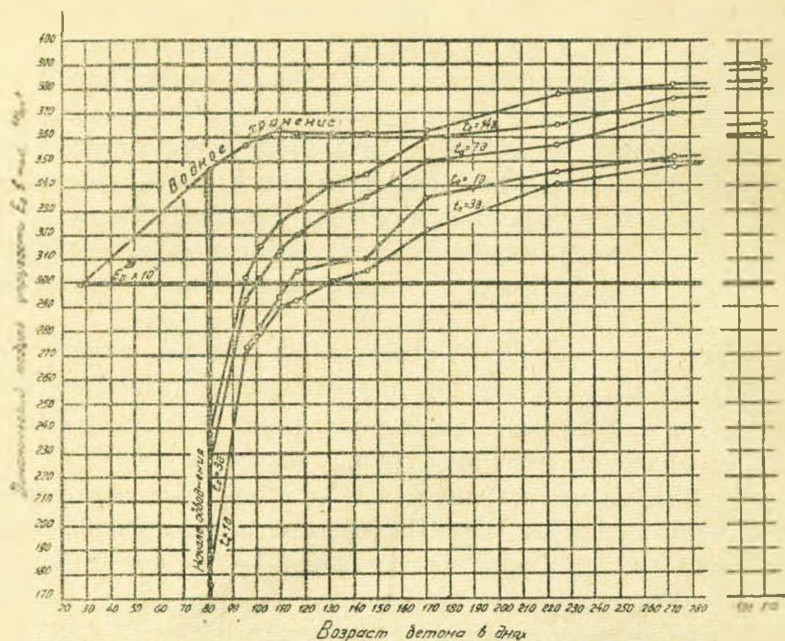


Таблица 5

Вторичное твердение тяжелого бетона, высохшего в раннем возрасте, при обводнении — в зависимости от срока его начального нормального твердения. Прочность на растяжение при раскалывании призм $10 \times 10 \times 40$ см и прочность на сжатие отколотых кубиков

Группа	Призма №	Продолжительность в днях			Возраст призм в днях при испытании	Объемн. вес бетона в волонасыщ. состоянии в кг/л	Прочность на растяжение при раскалывании в кг/см ²		Прочность на сжатие отколотых кубиков в кг/см ²		Прочность на растяж. по формуле $R_p' = 0,5 \sqrt[3]{R_c^2}$	$\frac{R_p}{R_c}$ в %	$\frac{R_p}{R_p^3}$ в %	$\frac{R_c}{R_c^2}$ в %
		начального норм. твердения	в хранения в летних условиях	обводнения			по трем сечениям	средн. R_p	частн.	средн. R_c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	265	1	80	472	553	2,41	19,7 19,4 22,5	21,1	171,2 181,1 181,6	181	16,0	11,6	78	70
II	269	3	78	472	553	2,41	21,4 19,4 25	23,2	180,6 161,6 184,2	182	16,0	12,7	86	71
III	273	7	74	472	553	2,41	26 25,2 26,8	26,4	224 242 227	234	19,0	11,3	98	91
IV	276	14	67	472	553	2,41	27,6 25,1 20,9	26,4	210 247 254	250	19,8	10,5	98	97
V	277	Постоянно в воде			553	2,41	23,7 26,4 27,3	26,9	255,5 255 261,5	258	20,3	10,4	100	100

Таблица 6

Вторичное твердение литоидемзобетона, высохшего в раннем возрасте, при обводнении — в зависимости от срока его начального нормального твердения. Прочность на растяжение при раскалывании призм $10 \times 10 \times 40$ см и прочность на сжатие отколотых кубиков

Группа	Призма №	Продолжитель- ность в днях			Возраст призм в днях при испытании	Объем, вес бетон. в водонасыщ. сост. в кг/л	Прочность на растяже- ние при раскалывании в кг/см ²		Прочность на сжатие отколотых кубиков в кг/см ²		Прочность на растяжение по формуле $R_p' = 0,5 \sqrt[3]{R_c^2}$	$\frac{R_p}{R_c}$ в %	$\frac{R_p}{R_p^3}$ в %	$\frac{R_c}{R_c^3}$ в %
		начального норм. твер- дения	хранения в летних условиях	обводнения			по трем сечениям	средн. R_p	частн.	средн. R_c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VI	284	1	77	472	550	1,72	14,5 14,3 17,2	15,8	148 179,5 168	174	15,6	9,1	79	77
VII	288	3	75	472	550	1,72	15,8 14,7 12,1	15,2	170 186,7 211,2	199	17,0	7,6	76	88
VIII	291	7	71	472	550	1,73	19 17,4 16,4	18,2	210 205 194	207	17,5	8,8	91	92
IX	292	14	64	472	550	1,74	18,4 17,8 19,7	19	220 217,2 215	216	18,0	8,8	95	96
X	296	Постоянно в воде			550	1,73	19,9 17,3 20,1	20	160,6 236 214	225	18,5	8,9	100	100

Вторичное твердение туфобетона, высохшего в раннем возрасте, при обводнении — в зависимости от срока его начального нормального твердения. Прочность на растяжение при раскалывании призм $10 \times 10 \times 40$ см и прочность на сжатие отколотых кубиков

Группа	Призма №	Продолжительность в днях			Возраст призм в днях при испытании	Объемн. вес бетона в водонасыщ. сост. в кг/л	Прочность на растяжение при раскалывании в кг/см ²		Прочность на сжатие отколотых кубиков в кг/см ²		Прочность на растяжение по формуле $R_p = 0,5 \sqrt{R_c^2}$	$\frac{R_p}{R_c}$ в %	$\frac{R_p}{R_p^2}$ в %	$\frac{R_c}{R_c^2}$ в %
		начального норм. твердения	хранения в легких условиях	обводнения			по трем сечениям	средн. R_p	частн.	средн. R_c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
XI	302	1	76	472	549	1,90	16,6 13,1 14,3	15,5	175 206 196,5	201	17,1	7,7	80	92
XII	304	3	74	472	549	1,92	14,4 17,6 13,4	16,0	202,5 156,2 164	199	17,0	8,0	83	91
XIII	307	7	70	472	549	1,93	13,4 16,8 17,4	17,1	183,3 209 191	200	17,1	8,5	89	92
XIV	310	14	63	472	549	1,93	18,0 17,4 14,8	17,7	203 216 173	210	17,7	8,8	92	96
XV	315	Постоянно в воде			549	1,92	17,6 17,8 20,8	19,3	216 220 192	218	18,1	8,8	100	100

ны значения прочности на растяжения, вычисленные по формуле $R_p = 0,5\sqrt[3]{R_c^3}$. В последующих графах 13—15 даны в процентах отношения растяжения к сжатию и растяжения и сжатия бетона образцов первых четырех групп к растяжению и сжатию бетона образцов эталонной группы.

Рассматривая данные таблиц 5—7 для литоидпемзобетона и туфобетона, можно отметить удовлетворительное соответствие между экспериментальными величинами прочности на растяжение и вычисленными по вышеприведенной формуле. Для тяжелого бетона бросается в глаза некоторая завышенность экспериментальных величин прочности на растяжение.

Из данных граф 14—15 таблиц можно усмотреть, что тяжелые бетоны групп III и IV ($t_0 = 7$ дн. и $t_0 = 14$ дн.) по прочности на растяжение набрали 98% от эталонной величины, по прочности на сжатие—91—97%, т. е. по прочностным показателям эти бетоны подошли вплотную к бетону постоянного водного хранения (группа V), что находится в соответствии с упругой характеристикой этих бетонов (табл. 2).

Легкие бетоны аналогичных групп—VIII—IX и XIII—XIV ($t_0 = 7$ дн. и $t_0 = 14$ дн.) по своим прочностным показателям также близко подходят к эталонным бетонам постоянного водного хранения (X и XV), хотя и не столь близко, как в случае тяжелого бетона. Обводненные в течение почти 16 месяцев легкие бетоны указанных групп по прочностным показателям набрали 39—96% от эталонных величин. Эти проценты несколько выше соответствующих цифр, относящихся к упругим характеристикам этих бетонов (табл. 3—4).

Что же касается бетонов со сроком начального нормального твердения $t_0 = 1$ д. и $t_0 = 3$ дня, то как тяжелый, так и легкие бетоны при той же продолжительности обводнения (~ 16 мес.) по прочностным показателям набрали 70—90% от эталонных величин, если не считать несколько более высокие показатели у туфобетона.

В ы в о д ы

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Бетоны, высохшие в раннем возрасте, при последующем продолжительном обводнении в существенной мере восстанавливают свои упругие и прочностные характеристики, утраченные вследствие раннего высыхания.

Следует подчеркнуть, что здесь речь идет именно об обводнении бетона, т. е. об обеспечении бетону водной среды для твердения, но не о поливке или укрытии его увлажненными влагоемкими материалами.

2. Тяжелый бетон на базальтовом щебне и кварцевом песке с начальным сроком нормального твердения 7—14 дней, высохший затем 2—2,5 месяца, при последующем обводнении в течение 14—16 месяцев почти до

гоняет эталонный бетон постоянного водного твердения как по упругой характеристике, так и по прочностным показателям.

3. В тех же условиях литоидпемзобетон и туфобетон по своим упругим и прочностным характеристикам также довольно близко подходят к своим эталонным бетонам постоянного водного твердения, хотя и не столь близко, как тяжелые бетоны. Однако, в отличие от тяжелого бетона, отставание физико-механических показателей легких бетонов от их эталонных величин после известного срока обводнения остается постоянным, независимо от продолжительности дальнейшего обводнения.

4. При малом сроке начального нормального твердения 1—3 дня, затем высыхании 2,5 месяца и, наконец, обводнении в течение 14—16 месяцев как тяжелый, так и легкие бетоны по своим упругим и прочностным характеристикам заметно отстают от соответствующих эталонных бетонов постоянного водного твердения.

5. Можно отметить слабую зависимость свойств легких бетонов от продолжительности их начального твердения, что объясняется сглаживающим действием влаги, аккумулированной пористым заполнителем при затворении бетона. Наоборот, тяжелый бетон к указанному сроку довольно чувствителен.

6. Некоторое отставание упругих и прочностных показателей бетонов, высохших в раннем возрасте, от их эталонных величин, даже при продолжительном обводнении их, следует объяснить, по-видимому, происходящими в этих бетонах необратимыми явлениями, усиливающимися при сокращении срока начального нормального твердения бетона. Надо полагать, что указанные явления в легких бетонах оставляют более глубокий след, нежели в тяжелых. Поэтому следует заключить, что, несмотря на существенное улучшение упругих и прочностных характеристик бетонов, высохших в раннем возрасте, при их обводнении продолжительность начального нормального твердения бетона имеет важное значение для дальнейшей жизни бетона, на что должно быть обращено особое внимание.

7. В свете полученных результатов необходимо критически пересмотреть и откорректировать методику различных испытаний во всех тех случаях, когда она связана с выдерживанием цементных или бетонных образцов в воде, и это может вызвать их упрочение в результате вторичного твердения. Напр., это положение касается ГОСТа на определение морозостойкости бетонов, методику которого надлежит соответственно откорректировать, о чем нами было указано в [1].

В заключении считаем необходимым отметить, что наше исследование должно быть дополнено изучением вопроса возникновения трещин в бетоне при высыхании его в раннем возрасте и поведения этих трещин при последующем обводнении бетона, что имеет важное значение для строительства, в частности, для гидротехнического. Помимо того, вопросы вторичного твердения бетонов должны быть изучены и на других типах цементов.

Վ. Մ. ԽՈՒԴԱՎԵՐԴՅԱՆ

ՎԱՂ ՀԱՍԱԿՈՒՄ ՉՈՐԱՑԱԾ ԲԵՏՈՆՆԵՐԻ ԵՐԿՐՈՐԴԱՅԻՆ
ՊՆԴԱՑՄԱՆ ՀԱՐՅԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում շարադրված են Հայաստանի շինանյութերի և կառուցվածքների գիտահետազոտական ինստիտուտում 1958—59 թթ. հեղինակի կատարած հետազոտությունների արդյունքները, որոնք կազմում են [1] աշխատության շարունակությունը և զարգացումը: Նշված հետազոտությունները վերաբերում էին մի հիմնական հարցի՝ վաղ հասակում շորացած բետոնների երկրորդային պնդացման շտիին, կախված նրանց սկզբնական նորմալ պնդացման ժամանակամիջոցից և հետագա ջրավորման տևողությունից:

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ վաղ հասակում շորացած բետոնները հետապալում տեսական ջրավորման դեպքում էապես վերականգնում են իրենց առաձգական և ամրության ցուցանիշները, որոնց կորցրել էին վաղահասակ շորացման պատճառով, ըստ որում ծանր բետոնների նշված ցուցանիշների վերականգնման շափր ավելի մեծ է, քան թեթև բետոններինը: Չնայած դրան բետոնի սկզբնական նորմալ պնդացման տևողությունը կարևոր նշանակություն ունի նրա հետագա զոլության համար, որի վրա լուրջ ուշադրություն պետք է դարձնել:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Худавердян В. М. Вторичное твердение летнего бетона при его обводнении. «Известия АН Армянской ССР» (серия техн. наук), т. X, № 2 1957. То же с некоторыми сокращениями и изменениями в сборнике: «Объединенная научная сессия институтов строительных материалов и сооружений Закавказских республик». Баку, 1958.
2. Влияние высыхания бетона на процесс его твердения. Журн. «Бетон и железобетон», № 10, 1956.
3. Бужевич Г. А. О возможности улучшения качества бетона после его высыхания в раннем возрасте. Журн. «Бетон и железобетон», № 6, 1958.
4. Худавердян В. М., Хачиян М. Г. Визуально-звукометрическое определение частоты свободных колебаний некоторых строительных материалов. Труды Армянского научно-исследовательского института стройматериалов и сооружений, № 1. Ереван, 1959.
5. Худавердян В. М. Установка для определения динамического модуля упругости материала резонансным методом. Труды Армянского научно-исследовательского института стройматериалов и сооружений, № 2 (в печати).
6. Худавердян В. М. Определение частоты свободных колебаний некоторых строительных материалов по унисону на слух. «Известия АН Армянской ССР» (серия техн. наук), т. X, № 1, 1957.
7. Скрамтаев Б. Г., Шубенкин П. Ф., Будилов А. А. О новом методе определения прочности бетона на растяжение. Журн. «Строительная промышленность», № 3, 1957.
8. Симонов М. З., Матузов Г. Г. Метод определения прочности бетона на сжатие и растяжение на бетонных призмах. «Известия АН Армянской ССР» (серия техн. наук), т. XI, № 3, 1958.