

УДК 666.972.017:539.1

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К. С. Карапетян, Р. А. Кстикян, К. А. Карапетян

Влияние водонасыщения на прочность и деформативность бетона на литоидной пемзе при сжатии и растяжении

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. З. Симоновым 8/II 1979)

Вопрос о влиянии водонасыщения на физико-механические свойства бетона пока совершенно мало изучен, а существующие опытные данные противоречивы (1-5). По опытам некоторых исследователей водонасыщение приводит к росту прочности бетона, а по данным других исследователей — к обратному явлению. Определенную ясность в вопрос, чем вызваны эти противоречия, внесли исследования К. С. Карапетяна, который показал, что влияние водонасыщения на физико-механические свойства бетона зависит от большого числа факторов, среди которых весьма важными являются влажность среды до погружения бетона в воду и продолжительность хранения его в воде (6).

На основании исследований, проведенных со шлакобетоном и тяжелым бетоном, К. С. Карапетян пришел к выводу, что причины, вызывающие изменения физико-механических свойств бетона при водонасыщении, следующие (6): 1) раздвигающие действия адсорбционных пленок воды, проникающих в макрощели твердого тела (7,8); 2) возобновление процесса твердения бетона — вторичное твердение; 3) заполнение образовавшихся под частицами заполнителя пустот (дефектов) водой.

Первые две причины, которые приводят к изменению физико-механических свойств бетона, общеизвестны, однако еще недостаточно изучены. Что касается положительного эффекта водных прослоек, которые восстанавливаются в связи с заполнением пустот (дефектов) водой, то эту гипотезу предложил К. С. Карапетян (6).

Согласно К. С. Карапетяну причиной неодинаковости свойств бетона в различных направлениях, т. е. анизотропии, являются водные прослойки, которые неизбежно образуются под частицами заполнителя в результате внутреннего расслаивания бетона при его укладке и уплотнении. При испарении всех этих прослоек на их местах остаются пустоты (дефекты), которые ослабляют сечение бетонного элемента и снижают его прочность, увеличивают деформации (9-11).

В настоящей работе приводятся результаты серии опытов, которые были поставлены для комплексного изучения влияния водонасыщения на прочность и деформативность бетона на литондной пемзе при сжатии и растяжении с учетом анизотропии.

Для проведения намеченных программой исследований из бетона на литондной пемзе (состав в массе 1:1,66:2,99, В/Ц=1, Ц=260 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона) было изготовлено 36 призм размерами 10×10×40 см и 30 восьмерок сечением 10×10, высотой 60 см. При изготовлении образцов половину их бетонировали в вертикальных формах, а другую половину — в горизонтальных, так что при испытании в первом случае нагрузка действовала перпендикулярно, а во втором — параллельно слоям бетонирования. Распалубку образцов производили через трое суток, после чего до месячного возраста их хранили во влажных условиях, а затем до обводнения в возрасте 11 месяцев — в обычных лабораторных условиях. Кубиковая прочность исследованного бетона по данным испытаний сухих кубиков с ребром 10 см в месячном возрасте составляла 267 кгс/см<sup>2</sup>.

Для исследования влияния водонасыщения на прочность и деформативность бетона при сжатии и растяжении были испытаны 36 призм и 30 восьмерок. При этом кроме контрольных сухих образцов испытывали образцы после хранения в воде 1; 3; 7; 28 сут., а на сжатие еще и 3 мес.

Прочностные показатели бетона при сжатии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние водонасыщения на призмную прочность бетона

Условия хранения образцов	Направление сжимающей нагрузки по отношению к слоям бетона при испытании	Призмная прочность бетона, кгс/см <sup>2</sup>	Отношение прочности образцов, хранившихся в воде, к прочности сухих образцов	Отношение прочности образцов, испытанных перпендикулярно слоям, к прочности образцов, испытанных параллельно слоям
Образцы сухие	Перпендикулярно	205	1,00	1,13
	Параллельно	231	1,00	
24 часа в воде	Перпендикулярно	214	1,04	0,97
	Параллельно	207	0,90	
3 суток в воде	Перпендикулярно	209	1,02	1,05
	Параллельно	219	0,95	
7 суток в воде	Перпендикулярно	218	1,06	0,93
	Параллельно	203	0,88	
28 суток в воде	Перпендикулярно	194	0,95	1,19
	Параллельно	231	1,00	
3 месяца в воде	Перпендикулярно	201	0,98	1,27
	Параллельно	255	1,10	

По данным таблицы, водонасыщение по-разному влияет на прочность призм, испытанных с направлением снимающей нагрузки перпендикулярно и параллельно слоям бетонирования. Прочность призм, испытанных параллельно слоям, через 24 часа и 7 сут. водного хранения снизилась соответственно на 10 и 12%, в то время как прочность призм, испытанных перпендикулярно слоям, практически не изменилась даже и при более длительном хранении в воде. По этим данным нельзя утверждать, что адсорбционное понижение прочности призм, испытанных параллельно слоям, в данном случае составляло всего 12%, а в случае призм, испытанных перпендикулярно слоям, вообще отсутствовало. Адсорбционное понижение прочности имело место в обоих случаях, однако в первом случае полностью, а во втором — частично было покрыто положительными эффектами вторичного твердения и восстановления водных прослоек.

При исследовании влияния водонасыщения трудно судить, что является наиболее важным в изменении физико-механических свойств бетона — адсорбционное понижение прочности или упрочнение, вызванное, с одной стороны, вторичным твердением, а с другой стороны, восстановлением водных прослоек, так как все это зависит от большого числа факторов, в том числе и от направления нагрузки по отношению к слоям бетонирования. Однако в рассмотренных опытах (табл. 1) как будто упрочнение бетона за счет вторичного твердения при испытании призм параллельно слоям было больше, чем при испытании призм перпендикулярно слоям. При этом мы имеем в виду тот факт, что в итоге прочность водонасыщенных призм, испытанных параллельно слоям, оказалась на 10% больше прочности контрольных сухих образцов. Вместе с этим возможно также, что адсорбционное понижение прочности для призм, испытанных перпендикулярно слоям, было гораздо больше, чем для призм, испытанных параллельно слоям.

Как видно из табл. 1, прочность контрольных сухих образцов, испытанных параллельно слоям ( $R_{пр}$ ), на 13% больше, чем прочность призм, испытанных перпендикулярно слоям ( $R_{пр}$ ), т. е. в данном случае коэффициент анизотропии по призмной прочности  $K = R_{пр}^* / R_{пр}$  составляет 1,13. Однако после суточного хранения в воде бетон уже в отношении призмной прочности практически стал изотропным. Более длительное пребывание бетона в воде вновь увеличивает степень анизотропии, и после трехмесячного хранения коэффициент анизотропии уже получается больше, чем для сухих образцов.

Рассмотрим теперь, как влияет водонасыщение на прочность бетона при растяжении (табл. 2). В этом случае водонасыщение в первые сутки приводит к более чувствительному спаду прочности бетона на растяжение, причем этот спад после 3-суточного хранения в воде, независимо от направления растягивающей нагрузки по отношению к слоям бетонирования, достигает 30%. Более длительное хранение бетона в воде приводит к постепенному росту его прочности, который в случае образцов, испытанных перпендикулярно слоям, проявляется сильнее, т. е. обратно тому, что наблюдалось при испытании прочности

бетона на сжатие. После 28 сут. водного хранения прочность восьмерок, испытанных перпендикулярно слоям, оказалась всего на 5% ниже прочности контрольных сухих образцов, а для восьмерок, испытанных параллельно слоям, этот разрыв составляет 19%.

Таблица 2

Влияние водонасыщения на прочность бетона при растяжении

Условия хранения образцов	Направление растягивающей нагрузки по отношению к слоям бетона при испытании	Прочность бетона, кгс/см <sup>2</sup>	Отношение прочности образцов, хранившихся в воде, к прочности сухих образцов	Отношение прочности образцов, испытанных перпендикулярно слоям, к прочности образцов, испытанных параллельно слоям
Образцы сухие	Перпендикулярно	15.4	1.00	1.27
	Параллельно	19.6	1.00	
24 часа в воде	Перпендикулярно	12.0	0.78	1.17
	Параллельно	14.1	0.72	
3 суток в воде	Перпендикулярно	10.8	0.70	1.27
	Параллельно	13.7	0.70	
7 суток в воде	Перпендикулярно	11.9	0.77	1.22
	Параллельно	14.5	0.74	
28 суток в воде	Перпендикулярно	14.7	0.95	1.07
	Параллельно	15.8	0.81	

При водонасыщении положительный эффект водных прослоек в увеличении прочности бетона на растяжение исключается и изменение прочности в основном определяется адсорбционным понижением прочности и эффектом вторичного твердения. О том, что действительно эффект водных прослоек исключается, свидетельствует наблюдаемое большее понижение прочности бетона на растяжение, чем на сжатие, а также независимость понижения прочности от направления растягивающей нагрузки по отношению к слоям бетонирования.

Коэффициент анизотропии по прочности бетона при растяжении  $K_1 = R_p^*/R_p$  (где  $R_p^*$  и  $R_p$  соответственно прочности восьмерок, испытанных параллельно и перпендикулярно слоям) гораздо больше, чем по призменной прочности. Для контрольных сухих образцов  $K_1 = 1.27$ . Данные табл. 2 позволяют отметить, что с увеличением продолжительности водного хранения до 3 суток  $K_1$  изменяется незначительно, а дальнейшее увеличение продолжительности водного хранения уже приводит к его существенному уменьшению.

На рис. 1 показаны два графика кратковременных деформаций бетона при сжатии, из коих первый соответствует призмам, испытанным перпендикулярно слоям, а второй—призмам, испытанным параллельно слоям. На каждом из этих графиков изображены кривые как контрольных сухих образцов, так и образцов, хранившихся в воде. Из сравнения обоих графиков нетрудно заметить, что водная среда

по-разному влияет и на кратковременные деформации призм, испытанных перпендикулярно и параллельно слоям бетонирования. В данном случае расходимость кривых деформаций сухих и водонасыщенных образцов, испытанных параллельно слоям, гораздо больше, чем образцов, испытанных перпендикулярно слоям.

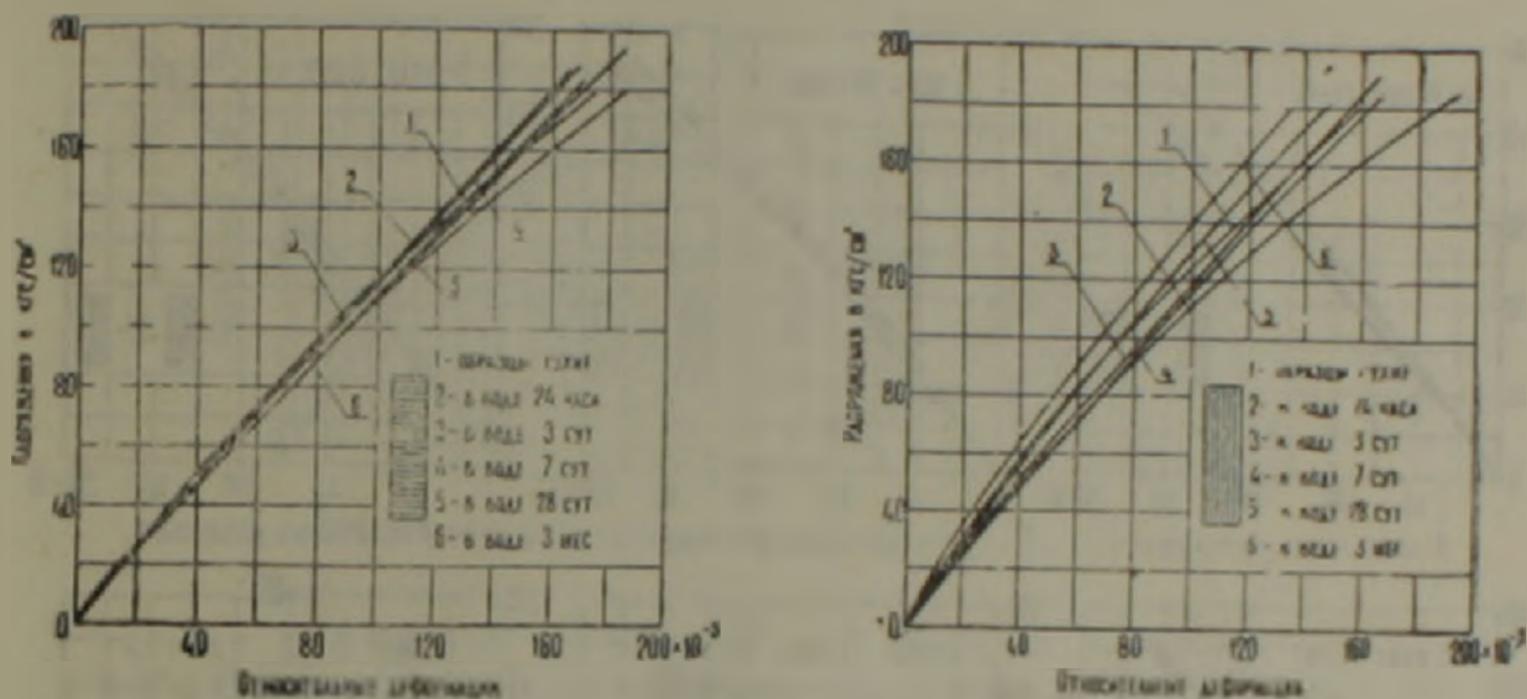


Рис. 1. Влияние водонасыщения на деформации бетона при сжатии

Наиболее четко влияние водонасыщения на кратковременные деформации бетона видно из второго графика рис. 1, где кривая 2, которая соответствует образцам, хранившимся в воде 24 часа, расположена намного ниже кривой деформаций контрольных сухих образцов (кривая 1), т. е. водонасыщение привело к чувствительному увеличению деформаций бетона в результате адсорбционных явлений. С увеличением длительности хранения бетона в воде его деформации уменьшаются, и в итоге кривая 6, которая соответствует образцам, находившимся в воде 3 месяца, оказалась намного выше кривой деформаций контрольных сухих образцов.

Таким образом, качественно влияние водонасыщения на призмную прочность и кратковременные деформации бетона при испытании образцов параллельно слоям бетонирования одно и то же. При испытании же образцов перпендикулярно слоям бетонирования в большинстве случаев кривые водонасыщенных образцов оказались выше кривой деформации контрольных сухих образцов.

Для анализа влияния водонасыщения на анизотропию кратковременных деформаций бетона рассмотрим рис. 2, где на отдельных графиках изображены кривые деформаций сухих и водонасыщенных образцов, испытанных перпендикулярно и параллельно слоям бетонирования. Как видим, при сухих образцах расходимость кривых деформаций весьма чувствительна, причем деформации призм, испытанных перпендикулярно слоям, больше, чем деформации призм, испытанных параллельно слоям. Водное хранение до определенного момента приводит к постепенному сближению кривых деформаций образцов,

испытанных перпендикулярно и параллельно слоям бетонирования, и при 7 сут. хранения в воде кривые деформаций 1 и 2 сливаются, указывая тем самым, что бетон уже в отношении кратковременных деформаций квазиизотропен. С более длительным хранением бетона в воде (28 суток и 3 месяца) расходимость кривых 1 и 2 вновь начинает

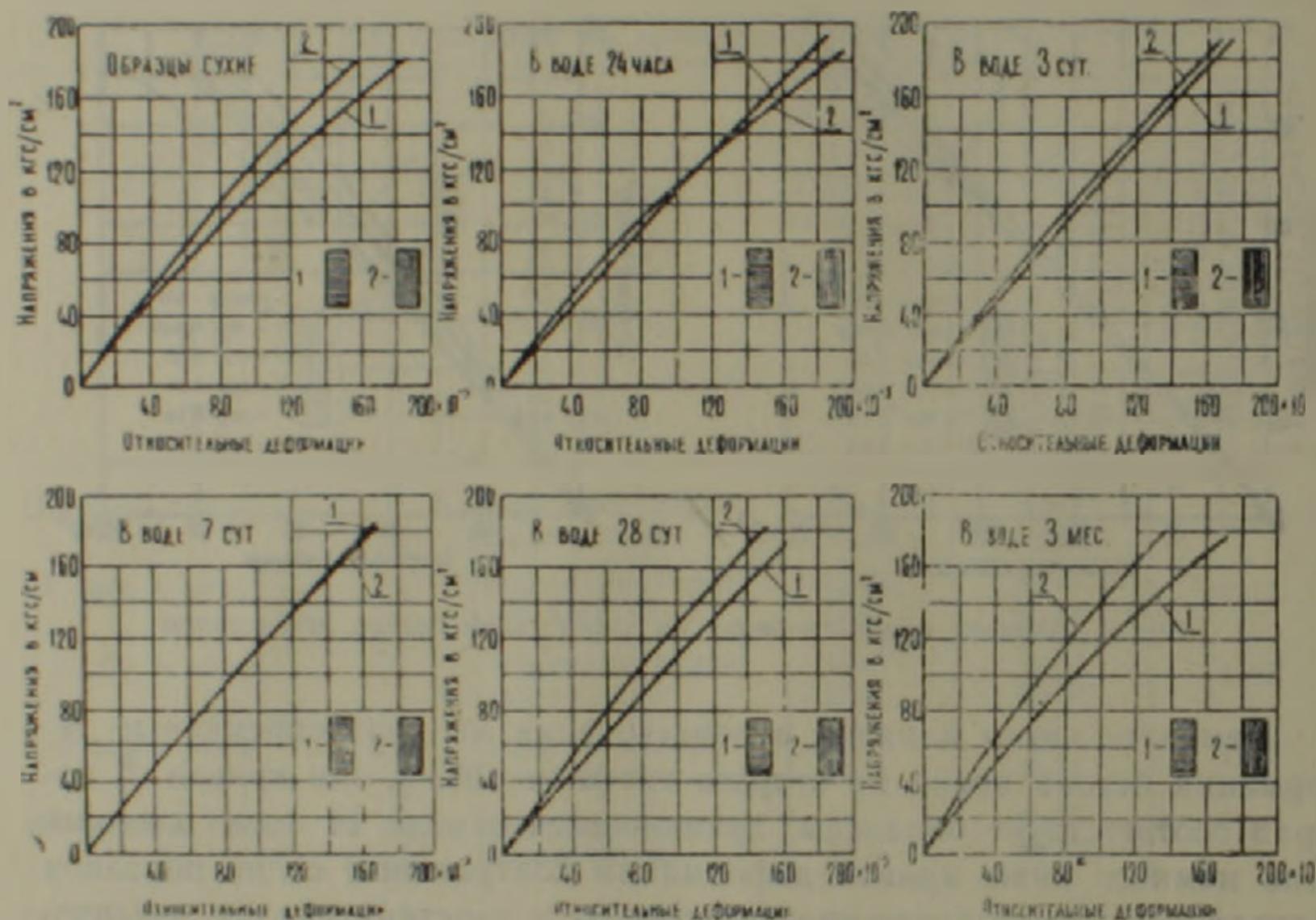


Рис 2. Влияние водонасыщения на изменения степени анизотропии по деформациям бетона при сжатии

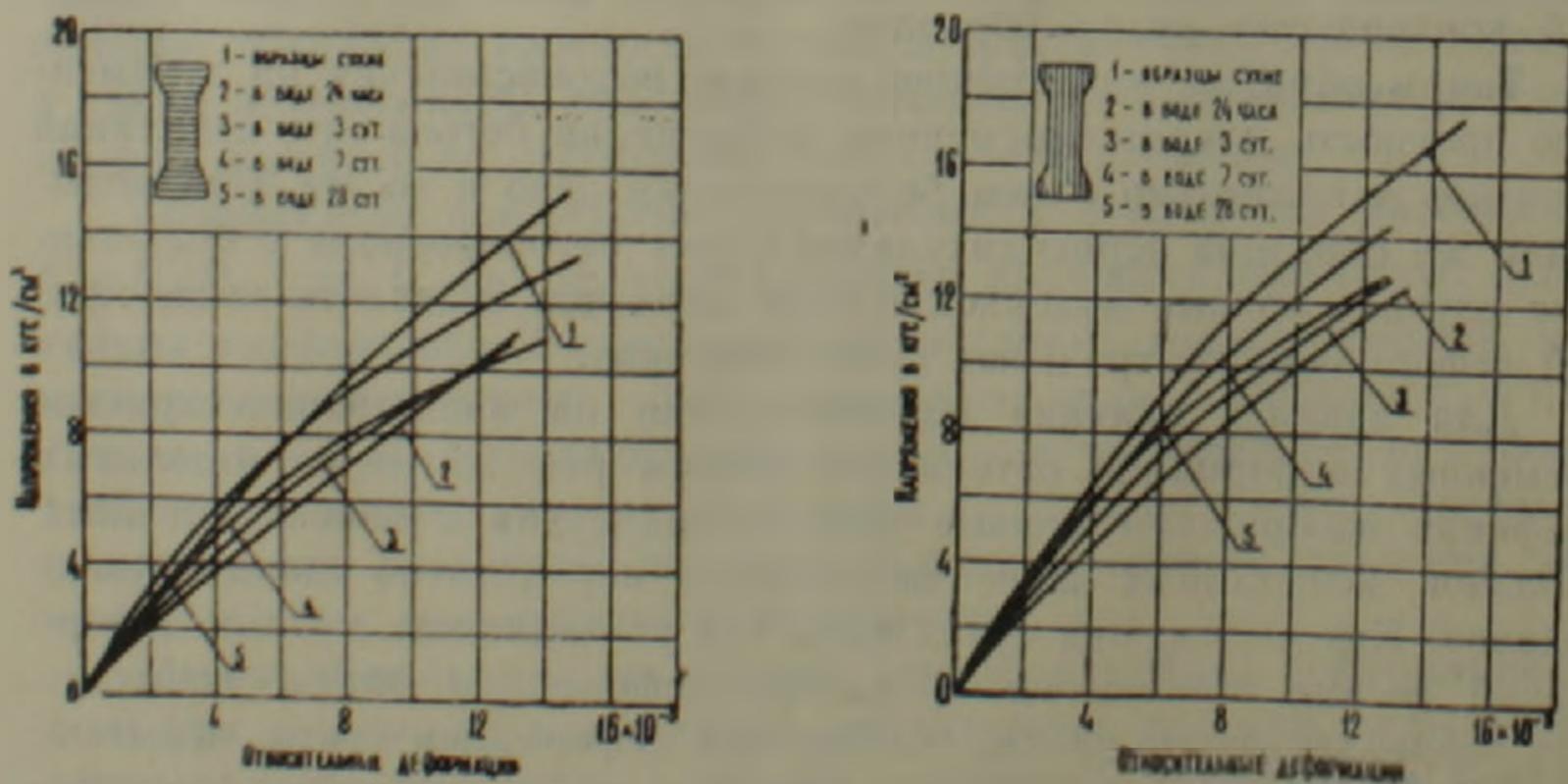


Рис 3. Влияние водонасыщения на деформации бетона при растяжении

увеличиваться, т. е. увеличивается степень анизотропии по этим деформациям. При этом деформации образцов, испытанных перпендикулярно слоям, и в этих случаях больше, чем деформации образцов, испытанных параллельно слоям.

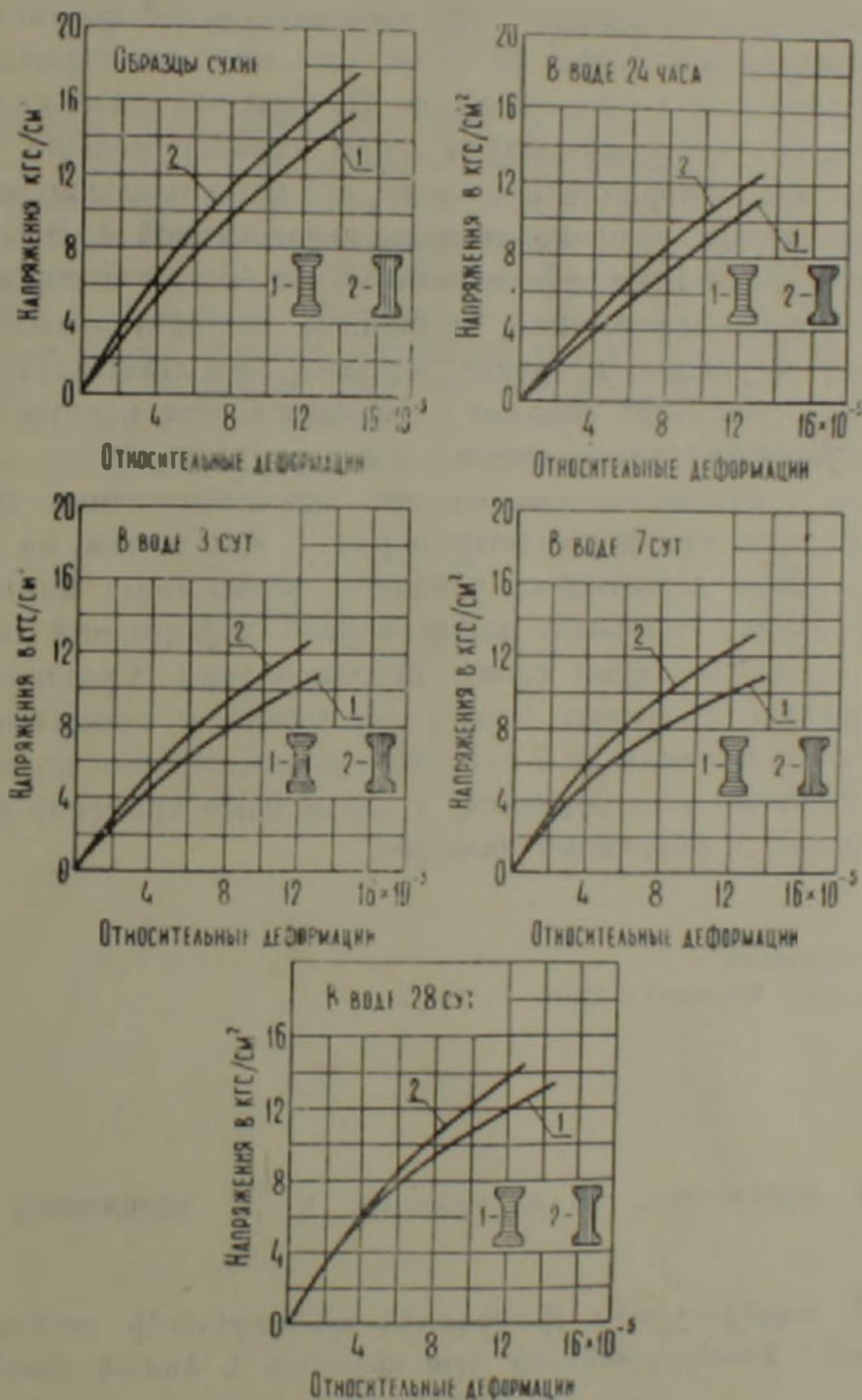


Рис. 4. Влияние водонасыщения на изменения степени анизотропии по деформациям бетона при растяжении

Рассмотрим теперь, как влияет поднасыщение на кратковременные деформации бетона при растяжении (рис. 3). В этом случае более четко вырисовывается закономерность влияния водонасыщения на кратковременные деформации бетона. Независимо от направления растягивающей нагрузки по отношению к слоям бетонирования, водное хранение в течение 24 часов привело к существенному увеличению де-

формаций бетона при растяжении. Как видно, на обоих графиках рис. 3 ниже всех расположены кривые 2, которые соответствуют водному хранению в течение 24 часов, а выше всех — кривые контрольных сухих образцов. Увеличение продолжительности водного хранения до 3, 7 и 28 суток приводит к постепенному уменьшению расходимости кривых деформаций водонасыщенных и сухих образцов, и деформации образцов, которые находились в воде 28 суток, уже мало отличаются от деформаций контрольных сухих образцов. Причем эта разница для образцов, испытанных перпендикулярно слоям, гораздо меньше, чем для образцов, испытанных параллельно слоям, и в первом случае до напряжения  $8 \text{ кгс/см}^2$  кривая 5 проходит даже выше кривой 1. Это говорит о том, что после увеличения деформаций бетона за счет адсорбционных явлений уменьшение деформаций, вызванных положительным эффектом вторичного твердения, в случае образцов, испытанных перпендикулярно слоям, происходит гораздо интенсивнее, чем в случае образцов, испытанных параллельно слоям.

Для анализа изменения анизотропии кратковременных деформаций бетона при растяжении рассмотрим рис. 4. Как видим, на всех пяти графиках кривая деформаций образцов, испытанных параллельно слоям бетонирования, проходит выше кривой деформаций образцов, испытанных перпендикулярно слоям бетонирования. Сравнение этих графиков приводит к выводу, что с увеличением продолжительности хранения бетона в воде до 7 сут. степень анизотропии по деформациям при растяжении увеличивается, а дальнейшее хранение бетона в воде уже приводит к обратному явлению.

Институт механики  
Академии наук Армянской ССР

Կ. Ա. ԿԱՐԱԳԵՏՅԱՆ, Ռ. Ա. ԿՈՏԻԿՅԱՆ, Կ. Ա. ԿԱՐԱԳԵՏՅԱՆ

Ջրահագեցման ազդեցությունը լիտոսիզային պեմզաբետոնի ամրության և դեֆորմատիվ հատկությունների վրա սեղմման և ձգման դեպքում

*Աշխատանքում բերվում են բետոնի ամրության և դեֆորմատիվ հատկությունների, ինչպես նաև նրանց անիզոտրոպիայի վրա ջրահագեցման ազդեցության փորձնական հետազոտության արդյունքները սեղմման և ձգման դեպքում:*

*Փորձերը ցույց են տվել, որ ջրահագեցումը սկզբում բերում է բետոնի ամրության և դեֆորմատիվ հատկությունների մոզայի փոքրացմանը և ապա, մամանակի մեծացման հետ՝ վերջիններիս մեծացմանը: Ջրահագեցման ազդեցությունը էապես կախված է բետոնափորման շերտերի նկատմամբ արտաքին ուժի ազդման ուղղությունից: Այդ է պատճառը, որ ջրային միջավայրում բետոնի*

ամբուսթյան և դեֆորմացիաների մոդուլի անիզատրոպիայի աստիճանը ժամանակից կախված փոփոխվում է:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А — Կ Ր Ո Վ Ը Ն Ս Ո Ւ Մ Ն

<sup>1</sup> А. З. Басевич, «Изв. ВНИИГ», т. 41, 1949. <sup>2</sup> К. А. Мальцов, «Гидротехническое строительство», № 8, 1954. <sup>3</sup> Н. А. Мощанский, «Гидротехническое строительство», № 10, 1956. <sup>4</sup> М. Э. Симонов, Труды совещания по теории технологии бетонов, Изд. АН Арм. ССР, 1956. <sup>5</sup> Г. Д. Цискрели, Сопротивление растяжению неармированных и армированных бетонов, Госстройиздат, М., 1954. <sup>6</sup> К. С. Карапетян, ДАН Арм. ССР, т. 57, № 3 (1973). <sup>7</sup> Б. В. Дерягин, «Природа», № 2, 1943. <sup>8</sup> П. А. Ребиндер, Физико-механические исследования процессов деформаций твердых тел, Юбилейный сборник АН СССР, 1947. <sup>9</sup> К. С. Карапетян, ДАН Арм. ССР, т. 24, № 4 (1957). <sup>10</sup> К. С. Карапетян, «Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат. наук», т. 10, № 6 (1957). <sup>11</sup> К. С. Карапетян, «Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат. наук», т. 18, № 2 (1965).