

УДК 539.3

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

К. С. Карапетян

О спаде прочности, модуля деформации и изменении
анизотропных свойств гидроизолированного от
высыхания бетона после удаления гидроизоляции

(Представлено чл.-корр. АН Армении Б. Л. Абрамяном 5/XII 1989)

Исследованиями автора (^{1 2}) установлено, что бетон по прочности, модулю деформации и ползучести является анизотропным материалом. Благодаря анизотропии призмная прочность бетона по испытаниям образцов, бетониремых в горизонтальном положении, значительно больше, а деформации при кратковременном и длительном нагружении меньше, чем по испытаниям образцов, бетониремых в вертикальном положении. Это явление подтвердилось и в опытах при испытании призм перпендикулярно и параллельно слоям бетонирования, вырезанных в двух взаимно перпендикулярных направлениях из бетонного элемента.

Учитывая важное значение обнаруженного явления, автор в дальнейшем установил закономерности изменения анизотропных свойств различных бетонов при сжатии и растяжении в зависимости от многочисленных факторов (³). Отметим, что на основании наших исследований для учета анизотропии призмной прочности бетона в СНиП 11—В. 1—62* был введен специальный коэффициент условий работы.

В работе (⁴) исследована анизотропия прочности, модуля деформации и ползучести шлакобетона при сжатии и растяжении в зависимости от влажности среды. Ниже приводятся результаты той неопубликованной части этих исследований, которая касается изучения влияния высыхания на прочностные, деформативные и анизотропные свойства гидроизолированного от высыхания шлакобетона при сжатии после удаления гидроизоляции в различных возрастах.

В качестве мелкого и крупного заполнителя применили песок и щебень из вулканического шлака Абовянского месторождения (г. Ереван), а вяжущего — пуццолановый портландцемент активностью 46 МПа. Состав бетона по массе 1:2,51:2,65 В/Ц=1,18.

Призмы сечением 10×10 см, высотой 60 см для испытаний перпендикулярно слоям бетонирования изготавливали в вертикальных формах, а для испытания параллельно слоям бетонирования — в горизонтальных формах. Приготовление бетона производили вручную, а уплотнение — на виброплощадке при продолжительности вибрации 30 с. Образцы освобождали от форм через 48 час и для исключения испарения сразу гидроизолировали с нанесением нескольких слоев расплавленного парафина.

Для исследования влияния испарения на прочностные и деформативные свойства бетона образцы следующих разновидностей испытывали в возрасте 19 месяцев:

- а) призмы гидроизолированные (эталонные для сравнения);
- б) призмы, гидроизоляции которых удалены в возрасте 135 суток;
- в) призмы, гидроизоляции которых удалены в возрасте 352 суток.

Отметим, что из каждой из этих разновидностей призм испытывали по два образца—один перпендикулярно, другой параллельно слоям бетонирования.

В процессе опытов образцы хранили в обычных лабораторных условиях при температуре $18 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $60 \pm 11\%$.

Испытание призм производили ступенчатым повышением сжимающей нагрузки с выдержкой под каждой ступенью в течение одной минуты. Каждая ступень составляла примерно $0,1 R_{пр}$ ($R_{пр}$ —призменная прочность), с достижением нагрузки $0,7—0,8 R_{пр}$ измерители деформаций снимали и образец доводили до разрушения.

В табл. 1 приведены призмённые прочности и коэффициенты анизотропии по призмённой прочности (отношение прочности призм, испытанных параллельно слоям, к прочности призм, испытанных перпендикулярно слоям).

По данным табл. 1, удаление изоляций призм привело к спаду

Таблица 1

Влияние высыхания на прочность шлакобетона и степень его анизотропии по прочности

Разновидности испытанных образцов	Направление сжимающей нагрузки при испытании по отношению к слоям бетона	Призменная прочность M_{IIa} (над чертой), прочность высыхающих призм в процентах от прочности гидроизолированных призм (под чертой)	Коэффициент анизотропии по призмённой прочности
Призмы гидроизолированные	Перпендикулярно	19.3	0.93
		100	
	Параллельно	18.9	
		100	
Призмы, изоляции которых удалены в возрасте 352 суток	Перпендикулярно	17.4	1.02
		90.2	
	Параллельно	17.8	
		91.2	
Призмы, изоляции которых удалены в возрасте 135 суток	Перпендикулярно	11.7	1.31
		60.6	
	Параллельно	15.3	
		80.1	

призменной прочности; при этом чем меньше возраст бетона к моменту начала высыхания, тем больше спад. Как и следовало ожидать, отрицательное влияние высыхания существенно зависит от направления сжимающей нагрузки по отношению к слоям бетонирования. В результате более чувствительного снижения прочности призм, испытанных перпендикулярно слоям, по сравнению с призмами, испытанными параллельно слоям, изотропный по прочности гидроизолированный шлакобетон стал существенно анизотропным.

Как уже отмечено, в наших опытах высыхание призм происходило в обычных лабораторных условиях, где влажность среды не была уже так низка. В условиях более низкой влажности среды и удаления изоляций в раннем возрасте отрицательное влияние высыхания, несомненно, оказалось бы еще больше и остаточная прочность могла получиться в несколько раз меньше прочности, достигнутой к месячному возрасту.

Экспериментальные кривые полных деформаций описываются зависимостью

$$\varepsilon = \frac{a \frac{\sigma}{R_{np}}}{\left(1 - b \frac{\sigma}{R_{np}}\right)}, \quad (1)$$

где a и b — опытные параметры.

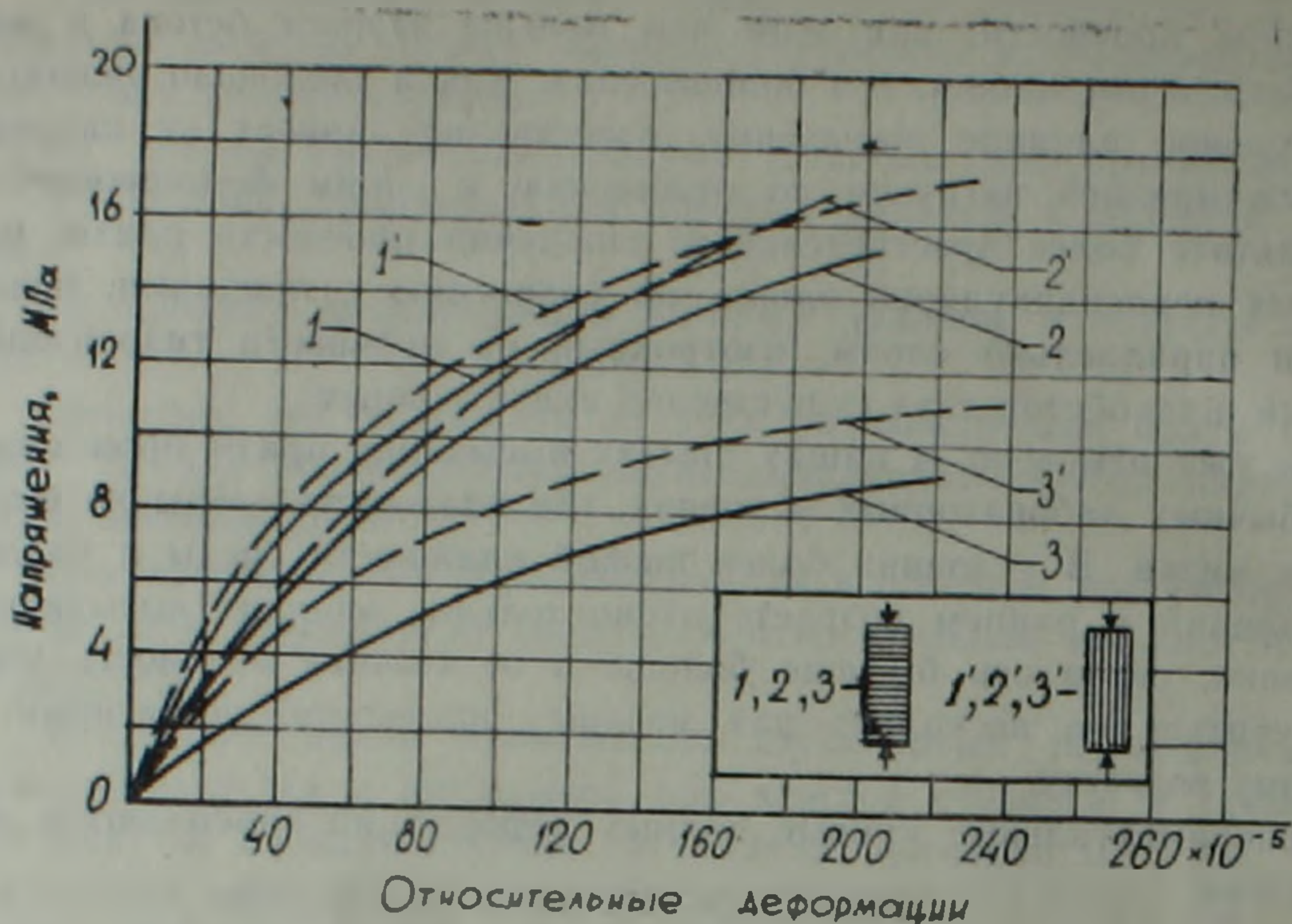
Теоретические кривые полных деформаций шлакобетона, рассчитанные по зависимости (1), изображены на рисунке. Как видим, высыхание привело к существенному увеличению деформаций; чем меньше возраст бетона к моменту удаления изоляций призм, тем больше рост деформаций. При этом, как и следовало ожидать, увеличение деформаций призм, испытанных перпендикулярно слоям, более чувствительно, чем призм, испытанных параллельно слоям, и благодаря этому степень анизотропии по деформациям, а следовательно, по модулю деформации существенно увеличилась.

Более ясное качественное и количественное представление о влиянии высыхания на деформации и степень анизотропии исследованного бетона дают данные табл. 2, где приведены касательные модули деформации при различных напряжениях, рассчитанные по зависимости (2)

$$E = E_0 \left(1 - b \frac{\sigma}{R_{np}}\right)^2, \quad (2)$$

где E_0 — начальный модуль деформации ($E_0 = R_{np}/a$).

Таким образом, на основании этих опытов можно сделать вывод, что даже за длительное время достигнутые процессом твердения уровни прочности и модуля деформации гидроизолированного бетона после удаления гидроизоляции не сохраняются. Высыхание бетона сперва приводит к замедлению и приостановлению процесса твердения, а в дальнейшем к спаду прочности и модуля деформации; чем меньше возраст бетона к моменту начала высыхания и влажность среды,



Теоретические кривые полных деформаций шлакобетона, рассчитанные по зависимости (1). 1,1'—призмы гидронезированные, 2,2'—призмы, изоляции которых удалены в возрасте 352 суток; 3,3'—призмы, изоляции которых удалены в возрасте 135 суток

Влияние высыхания на модуль деформации шлакобетона и степень его анизотропии по модулю деформации

Таблица 2

Разновидность испытанных образцов	Направление сжимающей нагрузки при испытании по отношению к слоям бетона	Модуль деформации $E \times 10^{-3}$ в МПа (над чертой), модуль деформации высыхающих призм в процентах от модуля деформации гидронезированных призм (под чертой) при напряжении, МПа					Коэффициент анизотропии по модулю деформации при напряжении, МПа				
		0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Призмы гидронезированные	Перпендикулярно	23.5	17.65	12.63	8.44	5.06	1.15	1.18	1.22	1.27	1.37
	Параллельно	100	100	100	100	100					
Призмы, изоляции которых удалены в возрасте 352 суток	Перпендикулярно	27.15	20.85	15.37	10.73	6.94	1.07	1.11	1.15	1.19	1.29
	Параллельно	100	100	100	100	100					
Призмы, изоляции которых удалены в возрасте 135 суток	Перпендикулярно	16.17	13.06	10.28	7.81	5.68	1.72	1.73	1.73	1.76	—
	Параллельно	68.7	74.0	81.4	92.5	112.2					
	Перпендикулярно	17.35	14.45	11.79	9.43	7.34	—	—	—	—	—
	Параллельно	63.9	69.3	76.7	87.9	105.9					
	Перпендикулярно	9.80	6.46	3.84	1.87	—	—	—	—	—	—
	Параллельно	41.7	36.6	30.4	22.2	—					
	Перпендикулярно	16.90	11.2	6.66	3.29	—	—	—	—	—	—
	Параллельно	62.2	53.7	43.3	30.7	—					

тем больше это отрицательное влияние. Высыхание бетона приводит и к существенному увеличению степени анизотропии бетона по прочности и по модулю деформации.

Результаты этих опытов еще раз подтвердили справедливость гипотезы, предложенной автором для объяснения причин анизотропии бетона (^{1 2}). Согласно этой гипотезе причиной анизотропии бетона являются водные прослойки, образующиеся под частицами крупного заполнителя в результате внутреннего расслаивания при его укладке и уплотнении. При испарении этих прослоек на их местах остаются пустоты (дефекты), которые ослабляют сечение бетонного элемента и снижают его прочность, увеличивают как кратковременные, так и длительные деформации. При этом отрицательное влияние испарения водных прослоек в случае призм, испытываемых перпендикулярно слоям бетонирования, более существенно, чем в случае призм, испытываемых параллельно слоям бетонирования, так как в первом случае ослабление призм пустотами (дефектами) больше. Именно этим объясняется то, что после удаления гидроизоляции спад прочности и модуля деформаций призм, испытанных перпендикулярно слоям, оказался более чувствительным, чем призм, испытанных параллельно слоям.

Восстановление водных прослоек путем насыщения сухого бетона водой приводит к росту прочности и модуля деформации, а повторное высыхание—к обратному явлению (³). При этом как положительное влияние восстановления водных прослоек, так и отрицательное влияние их испарения для призм, испытанных перпендикулярно слоям, более чувствительно, чем для призм, испытанных параллельно слоям.

Для районов Армянской ССР, где влажность среды низкая, а в некоторых районах в летние месяцы доходит даже до 15—20%, следует максимально сократить сроки строительства объектов, разработать и осуществлять мероприятия для защиты конструкций от высыхания в процессе строительства каждого объекта, существенно повысить качество изготовления элементов железобетонных конструкций на заводах ЖБК и строго контролировать отпускные прочности бетонов.

Институт механики
Академии наук Армении

Կ. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

Զորացումից հիդրոմեկուսացված բետոնի ամրության, դեֆորմացիայի մոդուլի անկման և անիզոտրոպ հատկությունների փոփոխման մասին հիդրոմեկուսիչի հեռացումից հետո

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ նույնիսկ երկար ժամանակվա ընթացքում հիդրոմեկուսացված բետոնի ամրության և դեֆորմացիաների մոդուլի ձևոր բերած ամրացման աստիճանը չի պահպանվում հիդրոմեկուսացուցչի հեռացումից հետո Բետոնի չորացումը սկզբում բերում է ամրացման պրոցեսի

դանդաղեցմանն, իսկ հետագայում՝ ամրության և դեֆորմացիաների մոդուլի անկմանը և որքան փոքր են շորացումը սկսելու պահին բետոնի հասակը և շրջապատի խոնավությունը, այնքան մեծ է այդ բացասական ազդեցությունը։ Բետոնի շորացումը բերում է նաև ամրության և դեֆորմացիաների մոդուլի անիզոտրոպիայի էական մեծացման։

Ստացված արդյունքներից հետևում է՝ որպեսզի ապահովել բետոնե և երկաթբետոնե կառուցվածքների նախապատճառ ամրություններն, անհրաժեշտ է հնարավորին չափ կրճատել շինարարական կառույցների ժամկետը, մշակել և իրականացնել միջոցառումներ կոնստրուկցիաները շորացումից ապահովելու համար կառույցի ամբողջ շինարարության ընթացքում։

ЛИТЕРАТУРА—ԿՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. 24, № 4 (1957). ² К. С. Карапетян, Изв. АН АрмССР. Сер. физ.-мат. наук, т. 10, № 6 (1957). ³ К. С. Карапетян, Тр. VI конф. по бетону и железобетону Рига, 1966. ⁴ К. С. Карапетян, Изв. АН АрмССР. Сер. физ.-мат. наук, т. 18, № 2 (1965). ⁵ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. 57, № 3 (1973).