

ТЕОРИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ

К. С. Карапетян

Влияние анизотропии на ползучесть бетона в зависимости от размеров заполнителя

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 12/VII 1965)

В работе приводятся результаты исследования влияния анизотропии на ползучесть бетона при сжатии и растяжении в зависимости от размеров заполнителя бетона.

Исследования были выполнены над тремя составами шлакобетонов с крупностью заполнителя до 5, 15 и 30 мм. Заполнители были получены путем дробления вулканического шлака Аванского месторождения (г. Ереван). В качестве вяжущего был применен портландцемент Ара-ратского завода, активностью $R_{ц}=560\text{кг/см}^2$. Составы бетонов приведе-ны в табл. 1.

Таблица 1

Составы бетонов

№ составов	Наибольшая крупность заполнителя в мм	Состав бе- тона по весу	Расход материалов на 1 м³ бетона в кг				$\frac{В}{Ц}$	γ_b в т/м³
			цемент	песок	щебень	вода		
1	5	1:3,97	317	1261	—	396	1,25	1,974
2	15	1:2,37:2,81	268	635	760	323	1,20	1,986
3	30	1:2,38:3,14	261	621	820	309	1,18	2,011

Опыты были поставлены на призматических образцах и восьмерках, изготовленных в вертикальных и горизонтальных формах (1-7). Призмы и восьмерки имели сечение 10X10 см. Высота призм составляла 40 и 60 см, а восьмерок 60 см.

Всего из всех составов бетонов были изготовлены 55 призм и 55 восьмерок, включающих равное количество образцов для испытания перпендикулярно и параллельно слоям укладки бетона. Приготовление бетона производилось вручную, а уплотнение на виброплощадке при продолжительности вибрации 30 секунд.

Для исследования влияния анизотропии на ползучесть бетона при сжатии и растяжении в зависимости от размеров заполнителя под дли-тельную нагрузку, в возрасте 28 дней, были установлены 17 призм и 17 восьмерок. Из каждого состава бетона образцы загружались как пер-

пендикулярно, так и параллельно слоям укладки бетона. Напряжение для всех призм составляло 30 кг/см^2 , а для восьмерок— 4 кг/см^2 . Параллельно на аналогичных 36 образцах-близнецах определялись усадочные деформации бетонов.

В процессе длительных опытов образцы находились в помещении, где температура $T = 18 \pm 4^\circ\text{C}$, а относительная влажность $P = 68 \pm 10\%$.

Результаты испытания кубиков размерами $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ и призм $10 \times 10 \times 40 \text{ см}$ в 28-дневном возрасте приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние анизотропии на прочность бетона при сжатии в зависимости от размеров заполнителя

№ составов	Наибольшая крупность заполнителя в мм	Прочностные характеристики бетонов, когда направление сжимающей силы по отношению к слоям бетона						$\frac{R_{\text{пр.}}'}{R_{\text{пр.}}}$
		перпендикулярно			параллельно			
		R в кг/см ²	$R_{\text{пр.}}$ в кг/см ²	$\frac{R_{\text{пр.}}}{R}$	R' в кг/см ²	$R_{\text{пр.}}'$ в кг/см ²	$\frac{R_{\text{пр.}}'}{R'}$	
1	5	84	87	1,04	95	85	0,90	0,97
2	15	140	99	0,71	143	115	0,80	1,16
3	30	150	119	0,79	151	106	0,70	0,90

В табл. 2 обращают на себя внимание низкие показатели кубиковых и призмных прочностей мелкозернистого бетона (состав № 1). Несмотря на большой расход цемента (на 20%), прочностные показатели получились заметно меньше, чем в случае бетонов остальных двух составов.

Как видно из табл. 2, с увеличением крупности заполнителя кубиковые и призмные прочности увеличиваются. Исключение составляет только призмная прочность бетона состава № 3 по испытаниям образцов параллельно слоям, которая по неизвестным причинам получилась меньше, чем это должно было быть, исходя из общей закономерности зависимости прочности от крупности заполнителя и анизотропии бетона. Поэтому, если не принять во внимание эти данные, можно заметить, что с увеличением крупности заполнителя отношение $\frac{R'_{\text{пр.}}}{R_{\text{пр.}}}$ возрастает. Последнее означает, что с увеличением размеров заполнителя влияние анизотропии на призмную прочность увеличивается.

На фиг. 1 представлены кривые ползучести трех исследуемых составов бетонов при сжатии, где во всех случаях кривые ползучести призм, нагруженных перпендикулярно слоям, расположились выше кривых ползучести призм, нагруженных параллельно слоям. Эти опыты еще раз показывают, какое большое влияние оказывает анизотропия на ползучесть бетона при сжатии.

Для того чтобы составить более ясное представление о влиянии анизотропии на ползучесть бетона в зависимости от крупности заполнителя, обратимся к табл. 3.

Рассматривая данные табл. 3, необходимо обратить внимание на существенное уменьшение ползучести с увеличением крупности заполнителя. Отношение ползучести бетона состава № 1 к ползучести бетона состава № 2 по испытаниям призм перпендикулярно слоям составляет 1,85, а по испытаниям призм параллельно слоям—2,2. Однако дальней-

Таблица 3
Влияние анизотропии на ползучесть бетона при сжатии в зависимости от крупности заполнителя

№ составов	Наибольший размер заполнителя в мм	Ползучесть при $t=180$ дней, когда направление сжимающей силы по отношению к слоям бетона		$\frac{\epsilon_{\text{п}}}{\epsilon_{\text{п}}'}$
		перпенд. ($\epsilon_{\text{п}} \times 10^5$)	парал. ($\epsilon_{\text{п}}' \times 10^5$)	
1	5	161	132	1,22
2	15	87	60	1,45
3	30	85	70	1,21

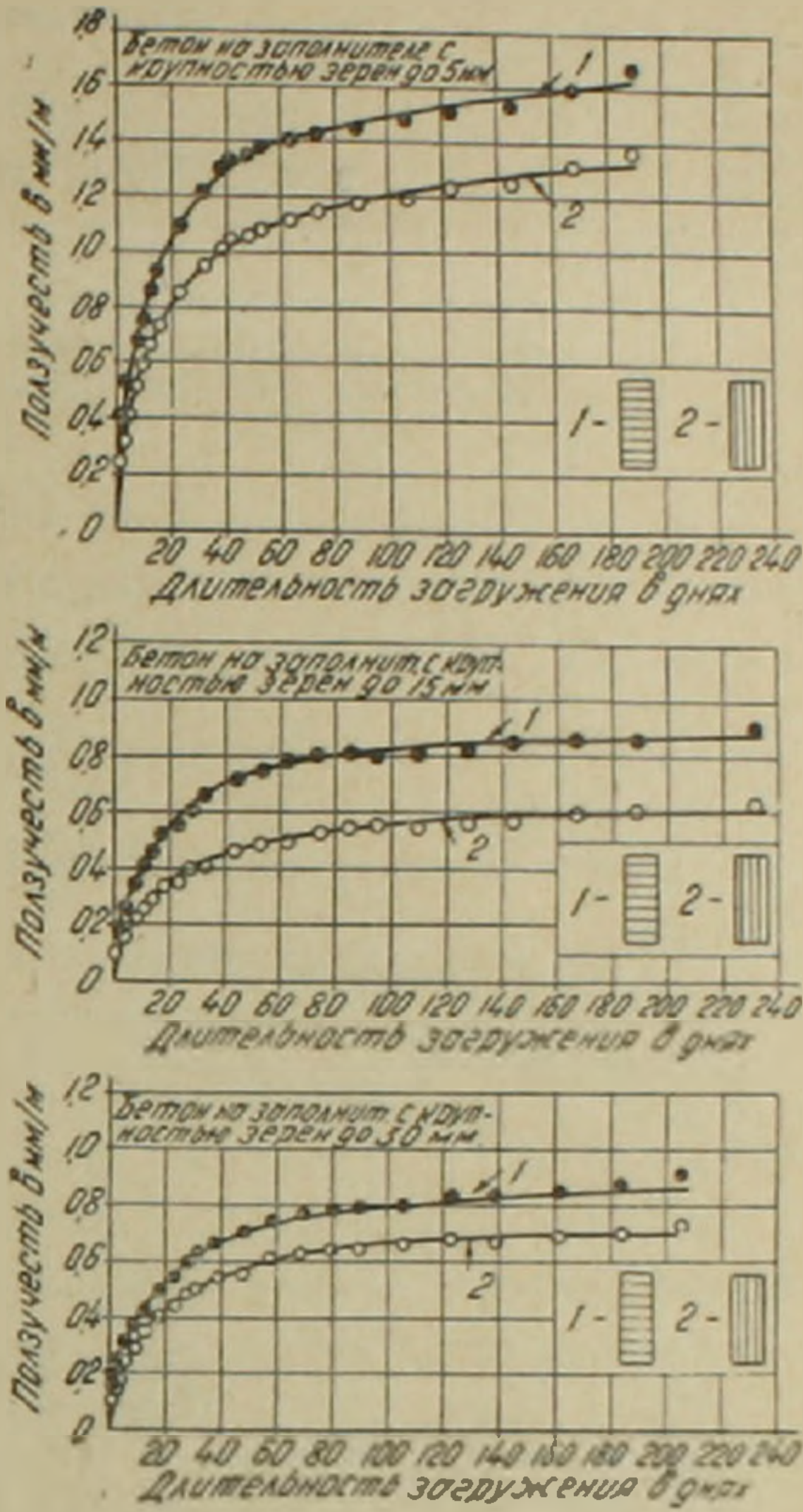
шее увеличение крупности заполнителя как будто уже не играет существенной роли в уменьшении ползучести бетона.

В табл. 3 наблюдается несоответствие ползучести призм из бетона состава № 3, испытанных параллельно слоям, общей закономерности влияния размеров заполнителя на ползучесть. Ползучесть этих призм, несомненно, должна была быть меньше ползучести аналогичных призм из бетона состава № 2, где наибольшая крупность заполнителя составляла 15 мм. Фактически по неизвестным причинам наблюдается обратное явление. Весьма возможно, что это является следствием того, что дальнейшее увеличение крупности заполнителя (свыше 15 мм) уже практически не влияет на ползучесть бетона.

Если исходить из данных, относящихся к первым двум составам бетонов, то можно отметить, что с увеличением крупности заполнителя до определенных размеров влияние анизотропии на ползучесть бетона при сжатии увеличивается.

В табл. 4 приведены прочностные показатели бетонов при растяжении.

Данные табл. 4 показывают, что с увеличением крупности заполнителя предел прочности бетона на растяжение по испытаниям образцов как перпендикулярно, так и параллельно слоям увеличивается.



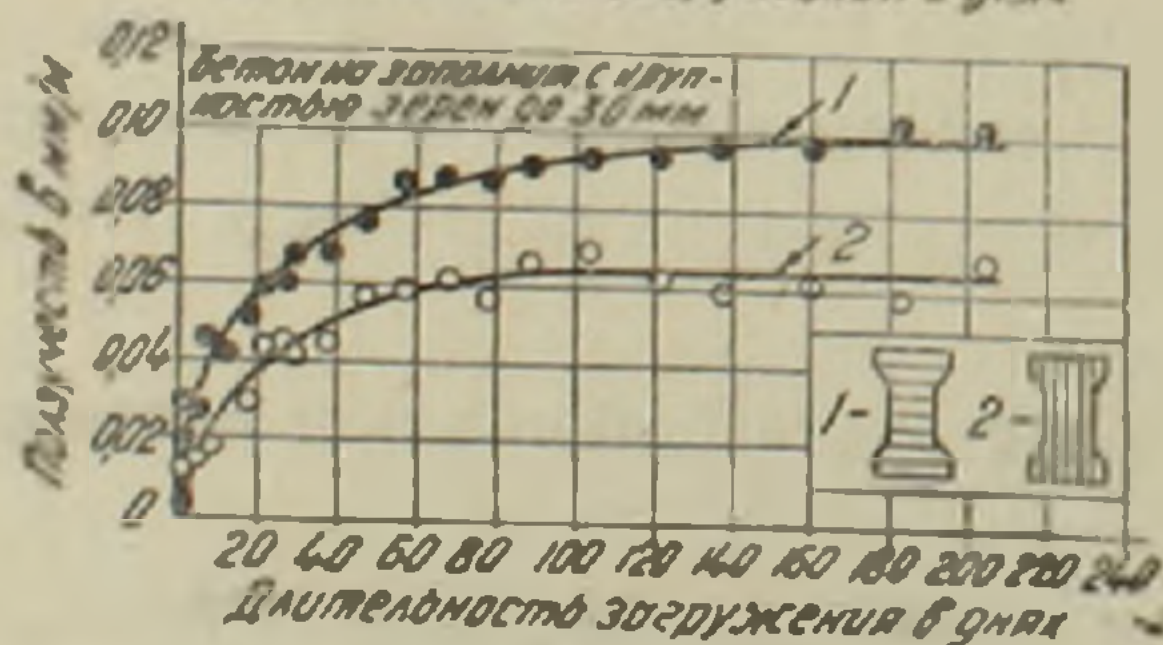
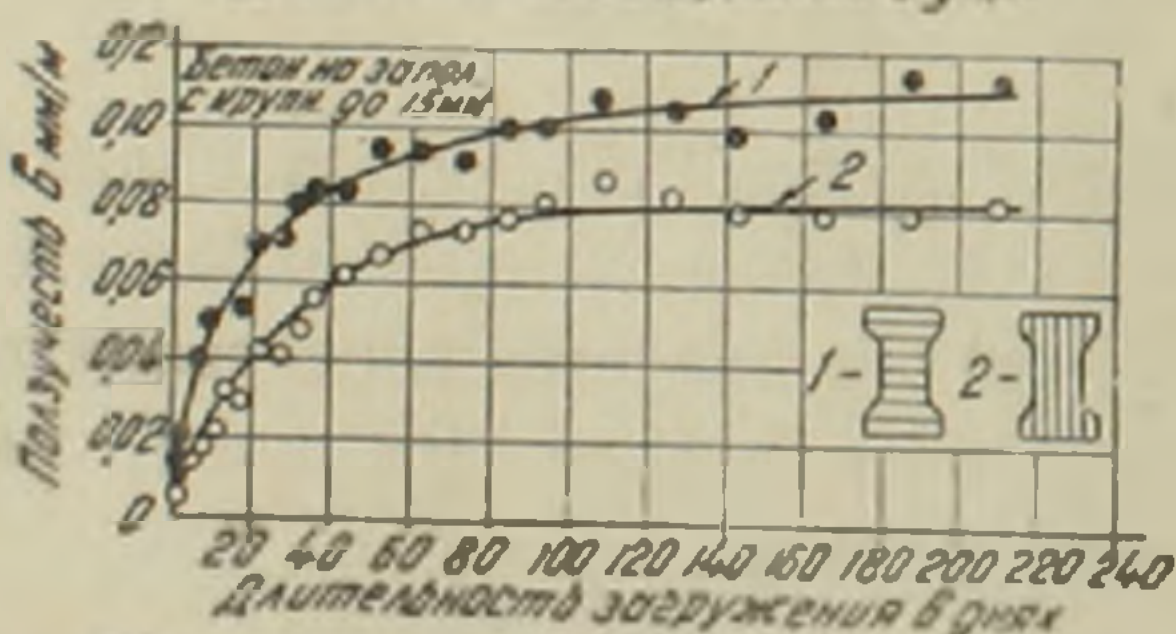
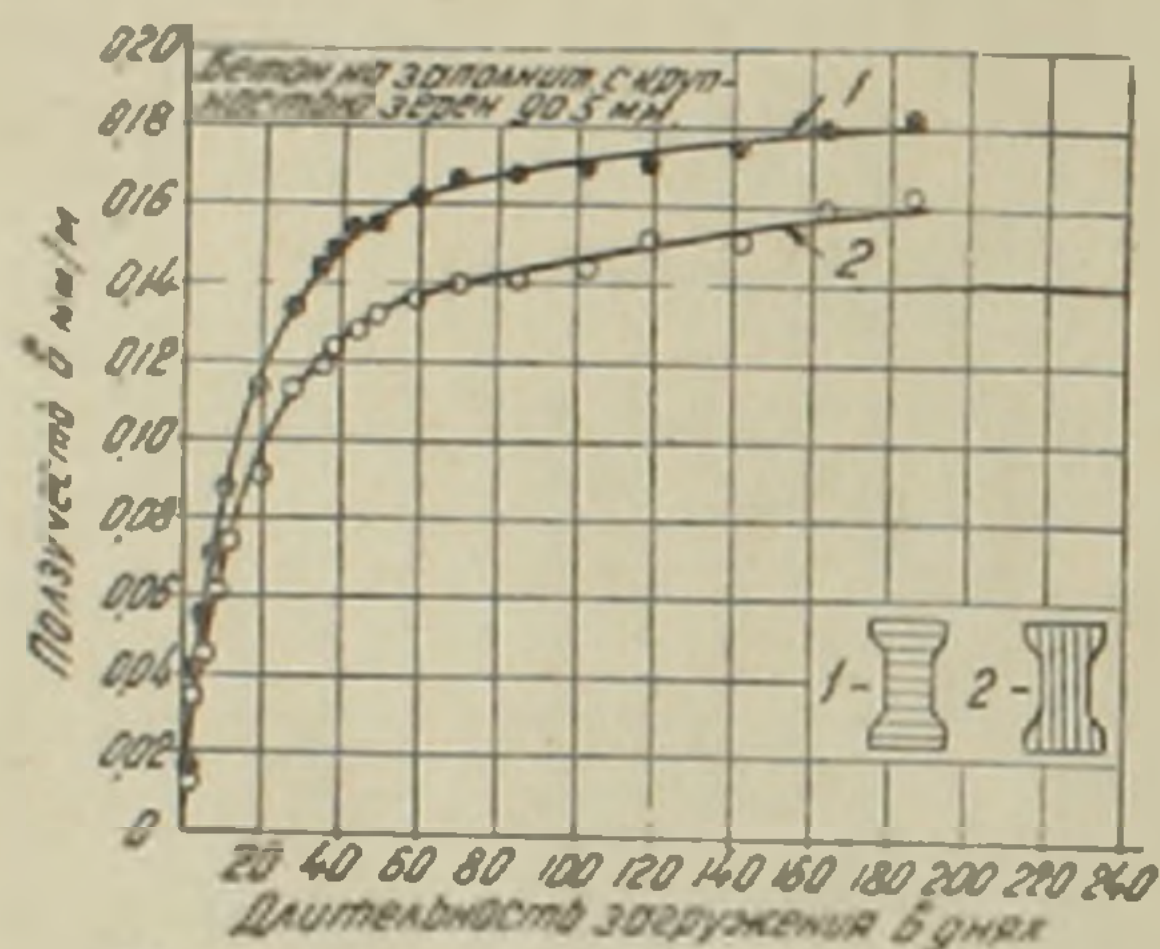
Фиг. 1.

Влияние анизотропии на прочность бетона при растяжении в зависимости от крупности заполнителя

№ составов	Наибольшая крупность заполнителя в мм	Прочностные характеристики бетонов, когда направление растягивающей силы по отношению к слоям бетона						$\frac{R_p'}{R_p}$
		перпендикулярно			параллельно			
		R в кг/см ²	R_p в кг/см ²	$\frac{R_p}{R}$	R' в кг/см ²	R_p' в кг/см ²	$\frac{R_p'}{R'}$	
1	5	84	8,7	0,104	95	9,8	0,103	1,13
2	15	140	9,0	0,064	143	10,9	0,076	1,21
3	30	150	9,5	0,063	151	11,5	0,077	1,21

Как видно из табл. 4, во всех случаях прочность бетона на растяжение по испытаниям образцов параллельно слоям больше, чем по испытаниям образцов перпендикулярно слоям. Причем их отношение $\left(\frac{R'_p}{R_p}\right)$ с увеличением крупности заполнителя увеличивается.

Таким образом, на основании этих опытов можно заключить, что



Фиг. 2.

влияние анизотропии на прочность бетона при растяжении с увеличением размеров заполнителя увеличивается.

На фиг. 2 приведены кривые ползучести исследуемых составов бетонов при растяжении по испытаниям образцов перпендикулярно и параллельно слоям. Здесь также мы наблюдаем существенное уменьшение ползучести с увеличением размеров заполнителя. Однако и в этом случае влияние размеров заполнителя на ползучесть чувствительно до определенного размера заполнителя (до 15 мм).

На фиг. 2 все кривые ползучести образцов, испытанных перпендикулярно слоям, расположились выше кривых ползучести образцов, испытанных параллельно слоям. Причем нетрудно заметить, что с увеличением крупности заполнителя расхождение кривых ползучести образцов, испытанных перпендикулярно и параллельно слоям, увеличивается.

Таким образом, на основании этих опытов с увеличением размеров

заполнителя влияние анизотропии на ползучесть бетона при растяжении, так же как при сжатии, увеличивается.

Более наглядное представление о влиянии анизотропии на ползучесть бетона при растяжении, в зависимости от размеров заполнителя, можно получить из данных табл. 5.

В работах (1-2) автором на основании первых исследований была предложена гипотеза, согласно которой анизотропия бетона является следствием внутреннего расслаивания, которое имеет место при его укладке и уплотнении. Справедливость данной гипотезы подтвердилась в многочисленных дальнейших исследованиях (3-7).

При укладке и уплотнении бетона излишняя вода отжимается наверх, часть которой по пути задерживается под частицами заполнителя, образуя множество водных прослоек. В дальнейшем по мере твердения бетона, особенно когда это происходит в условиях невысокой влажности, вода из указанных прослоек испаряется. Степень отрицательного влияния образовавшихся пустот зависит от их расположения. Если внешняя нагрузка направлена перпендикулярно слоям укладки бетона, отрицательное влияние получается наибольшее, так как в этом случае сечение бетонного элемента ослабляется больше. Именно по этой причине призмочная прочность и прочность бетона на растяжение по испытаниям образцов перпендикулярно слоям получается меньше, а деформации больше, чем по испытаниям образцов параллельно слоям.

Исходя из этой гипотезы, можно было заранее предсказать, что с увеличением размеров заполнителя влияние анизотропии должно увеличиваться, так как чем больше размеры заполнителя, тем больше размеры тех дефектов, которые образуются в бетоне под частицами заполнителя благодаря внутреннему расслаиванию.

Таким образом, полученные результаты еще раз подтверждают справедливость указанной гипотезы.

На основании проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Анизотропия бетона оказывает существенное влияние на призмочную прочность, деформативность и ползучесть бетона при сжатии и растяжении.
2. Влияние анизотропии на прочность, деформативность и ползучесть бетона при сжатии и растяжении в большой мере зависит от размеров заполнителя бетона. Чем больше размеры заполнителя, тем больше влияние анизотропии.

Таблица 5
Влияние анизотропии на ползучесть бетона при растяжении в зависимости от размеров заполнителя

№ составов	Наибольшая крупность запол- нителя в мм	Ползучесть при $t=180$ дней, когда направление растягивающей силы по отношению к слоям бетона		$\frac{\epsilon_{\perp}}{\epsilon_{\parallel}}$
		перпенд. ($\epsilon_{\perp} \times 10^5$)	парал. ($\epsilon_{\parallel} \times 10^5$)	
1	5	17,9	15,8	1,13
2	15	10,9	8,2	1,33
3	30	9,9	6,5	1,52

3. Увеличение влияния анизотропии на прочность, деформативность и ползучесть бетона с увеличением размеров заполнителя обусловлено тем, что чем больше размеры заполнителя, тем больше размеры тех дефектов, которые образуются в бетоне под частицами заполнителя благодаря внутреннему расслаиванию.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Կ. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

Անիզոտրոպիայի ազդեցությունը բետոնի սողի վրա կախված լցիի չափսերից

Հոդվածը նվիրված է բետոնի սողի վրա անիզոտրոպիայի ազդեցության ուսումնասիրությունը կախված լցանյութի չափսերից:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ անիզոտրոպիան մեծապես ազդում է բետոնի ամրության, դեֆորմատիվ հատկությունների և սողի վրա և այդ ազդեցությունը կապես կախված է բետոնի լցանյութի չափսերից: Որքան մեծ են լցիլի չափսերը, այնքան մեծ է անիզոտրոպիայի ազդեցությունը:

Բետոնի լցիլի չափերի մեծացումից կախված անիզոտրոպիայի ազդեցության մեծացումը պայմանավորված է նրանով, որ որքան մեծ են լցիլի չափսերը, այնքան մեծ են այն դեֆեկտների չափսերը, որոնք առաջանում են լցիլի մասնիկների տակ, բետոնի ներքին շերտայնության հետևանքով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. XXIV, № 4, (1957). ² К. С. Карапетян, „Известия АН АрмССР“ (серия физ.-мат. наук), т. 10, № 6, (1957). ³ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. XXXIV, № 1 (1964). ⁴ К. С. Карапетян, „Известия АН АрмССР“ (серия физ.-мат. наук), т. 17, № 4 (1964). ⁵ К. С. Карапетян, „Известия АН АрмССР“ (серия физ.-мат. наук), т. 18, № 2, (1965). ⁶ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. XI, № 4 (1965). ⁷ К. С. Карапетян, ДАН АрмССР, т. XI, № 5 (1965).