

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

С. Г. ЮННИСЯН

ЛЕГКИЙ БЕТОН НА ПРИРОДНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ
В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ
КОНСТРУКЦИЯХ СО СТЕРЖНЕВЫМ АРМИРОВАНИЕМ*

Существенной особенностью предварительно напряженных железобетонных конструкций и элементов является то, что предварительное напряжение в бетоне и арматуре с течением времени уменьшается.

При учете потерь предварительного напряжения от усадки и ползучести бетона большое значение имеет величина напряжений в арматуре σ_0 при данном напряжении в бетоне. Расчеты показывают, чем меньше величина предварительных напряжений σ_0 в арматуре при данном напряжении в бетоне, тем большая часть усилия обжатия бетона теряется от усадки и ползучести и, следовательно, тем меньше будут конечные деформации ползучести бетона [1]. Широкие исследования ползучести и усадки легких бетонов [2], выполненные до настоящего времени, позволили выявить, что легкие бетоны обладают несколько повышенной усадкой и ползучестью по сравнению с тяжелыми бетонами. Эти исследования проводились при постоянной по величине сжимающей нагрузке или в элементах с применением проволоочной арматуры с высоким значением σ_0 .

Деформации ползучести бетона в предварительно напряженных конструкциях со стержневой арматурой периодического профиля, для которых характерно относительно низкое значение величины предварительных напряжений в арматуре σ_0 , могут значительно отличаться от деформаций ползучести бетона при постоянной нагрузке, поэтому последние надо исследовать в реальных конструкциях.

Настоящая работа предпринята в связи с исследованием комплекса вопросов, связанных с расчетом и проектированием предварительно напряженных изгибаемых элементов из высокопрочных легких бетонов на природных заполнителях и стержневой арматуры повышенной прочности. Исследованию подверглись бетоны на литоидно-пемзовом заполнителе Лусаванского месторождения и перлитовом заполнителе Арагацского месторождения Армянской ССР. В табл. 1

* Работа выполняется под руководством проф. А. А. Гвоздева.

Таблица 1

Составы исследованных бетонов

Наименование бетона	Марка состава	Расход материалов на 1 м ³ бетона (кг)						Объемный вес бетона, высушенного до постоянного веса кг/м ³
		цемент	вода	песок легкий 5—20 мм	щебень легкий 5—20 мм	песок кварцевый 0—5 мм	щебень тяжелый 5—20 мм	
Легкий бетон	ЛБ-1	230	266	660	590	—	—	1515
	ЛБ-2	331	239	512	690	—	—	1563
	ЛБ-3	411	270	425	750	—	—	1648
	ЛБ-4	577	282	453	550	—	—	1667
	ЛБ-5	648	331	470	515	—	—	1730
Легкий бетон из кварцевого песка (сметанный бетон)	ЛБ-1	510	576	—	457	870	—	1914
Перлитбетон	ПБ-1	520	260	336	780	—	—	1774
Тяжелый бетон	ТБ-1	220	145	—	—	950	1000	2203
	ТБ-2	472	233	—	—	975	840	2358

приведены составы испытанных бетонов. Применялся портландцемент марки 500 Араратского завода.

Опыты проводились на балках прямоугольного сечения 12 × 18 см длиной 260 см, армированных рабочей арматурой 2 Ø 12AIV Ст. 25Г2С и монтажной арматурой 2 Ø 6,5AIII Ст. 25Г2С.

Рабочая арматура балок предварительно упрочнялась на стенде холодной вытяжкой. После упрочнения и старения механические характеристики ее были: $\sigma_T = (6300 - 6900) \text{ кг/см}^2$, $\sigma_B = (7300 - 7600) \text{ кг/см}^2$, относительное удлинение при разрыве δ равному ф. 8—10%, модуль упругости $E_n = 2,08 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$. Переменными параметрами в исследованных были кубиковая прочность бетона (183—520) кг/см², степень предварительного напряжения арматуры (0—5800) кг/см². Применялись бетоны подвижностью 1—2 см по конусу СтройЦНИЛ.

Натяжение арматуры производилось на стенде длиной 32 метра. Арматурная плетель такой длины составлялась из отдельных стержней с помощью сварных накладных стыков. Анкеровку арматуры в силовых упорах стенда производили инвентарными цапговыми захватами ИИИЖБ. Величину натяжения арматуры контролировали по манометру насосной станции и рычажными тензодатчиками на арматуре. Опытные образцы готовились сериями по восемь балок, причем для всех балок одной серии величина предварительных напряжений в арматуре была одной и той же. Это позволило выявить влияние прочности бетона и вида заполнителя на деформации бетона при обжатии предварительно напряженной арматурой. После бетонирования образцы хранились во влажных опилках и освобождались от них за 3—4 дня со спуска натяжения арматуры. При спуске натяжения арма-

туры замерялись деформации арматуры вне бетона, деформации бетона на уровне крайнего волокна будущей сжатой зоны и на уровне нижней арматуры, зона анкеровки арматуры, втягивание арматуры в бетон, выгиб балки. На рис. 1 показана балка в момент спуска натя-

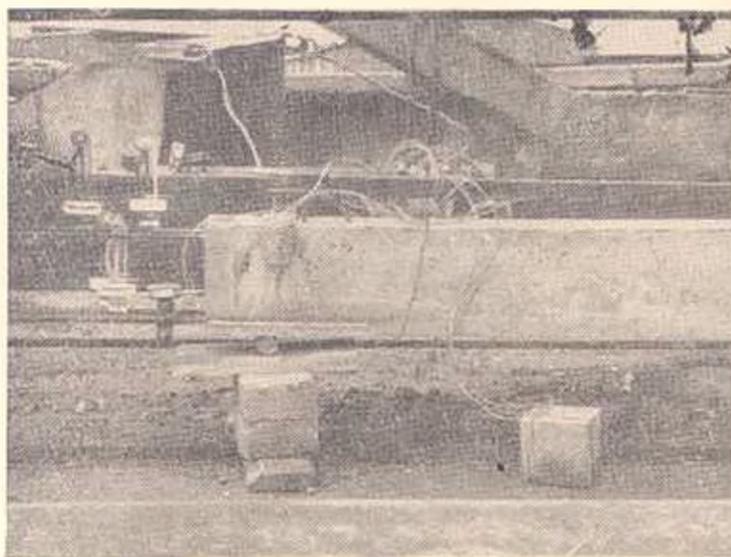


Рис. 1. Спуск натяжения предварительно напряженной арматуры.

жения арматуры. Данные о характеристиках опытных образцов и результатах испытаний приведены в табл. 2.

Зона анкеровки арматуры определялась цепочкой датчиков с базой 40—50 мм, наклеенных на бетон на уровне нижней арматуры торцов балки. Показания датчиков фиксировали с помощью автоматического измерителя деформаций АИ-1.

На рис. 2 и 3 показаны некоторые характерные из полученных опытных кривых анкеровки стержневой арматуры. Из графиков видно, что при прочности легкого бетона 360 кг/см^2 и величине $\sigma_0 = 5800 \text{ кг/см}^2$ стержневая арматура $\varnothing 12\text{AIV}$ анкеруется в бетоне в пределах длины $15d$. Интересно отметить, что в образце из тяжелого бетона прочностью 520 кг/см^2 и величине $\sigma_0 = 5800 \text{ кг/см}^2$ длина зоны анкеровки оказалась равной также $15d$. При прочности легкого бетона 183 кг/см^2 и величине $\sigma_0 = 4200 \text{ кг/см}^2$ длина зоны анкеровки арматуры увеличилась до $25d$. Опыты показали, что для легких бетонов на литонидной пемзе и перлите марок 300 и выше длина зоны анкеровки стержневой арматуры может быть принята равной $15d$, как и для тяжелого бетона, для литонидопемзобетона марки 150 длина зоны анкеровки должна быть принята не менее $25d$.

Деформации в верхней и нижней зонах балок при спуске натяжения и в последующие дни выдержки балок измерялись на балке 40 см переносной мессурой с ценой деления 0,002 мм. Образцы хранились в закрытом помещении, причем в течение первых двух ме-

саяев температурно-влажностный режим помещения практически оставался постоянным. Систематические наблюдения за развитием деформаций бетона позволили выявить, что после 60–65 дней выдержки балок, суммарные деформации усадки и ползучести бетона в дальнейшем увеличиваются незначительно. Это объясняется тем, что за

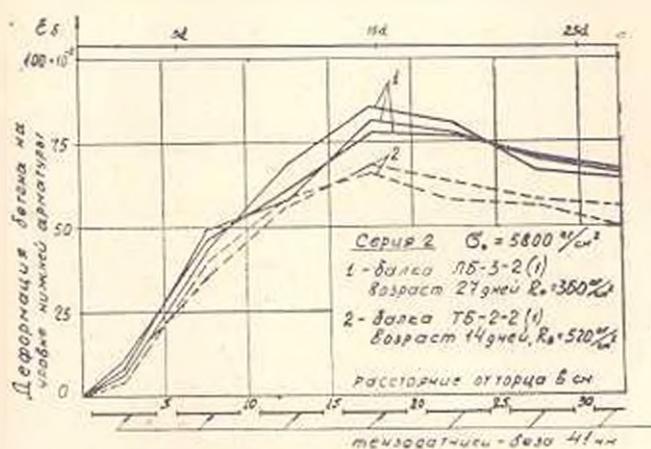


Рис. 2. Кривые анкеровки предварительно напряженной арматуры в бетоне.

такой промежуток времени в конструкции трещается заметная часть усиления обжатия бетона. В столбце (8) табл. 2 приведены максимальные деформации ползучести и усадки бетона, замеренные за период наблюдения. Из результатов испытания первой серии балок видно, что деформации ползучести и усадки в образцах ЛБ-5 оказались на

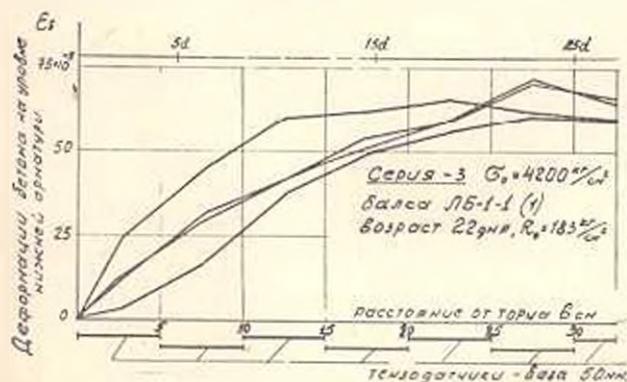


Рис. 3. Кривые анкеровки предварительно напряженной арматуры в бетоне.

30–32% больше, по сравнению с образцами ЛБ-3, хотя относительные напряжения обжатия в последних были выше. Кратковременные статические испытания балок показали, что момент трещинообразования в образцах ЛБ-3 был примерно на 20% выше момента трещинообразования образцов ЛБ-5. Можно заключить, что увеличение расхода цемента с 400 кг до 650 кг на куб. м бетона при напряже-

Характеристика опытных образцов и результаты испытаний

Серия	Образец	Характеристика бетона при спуске натяжения арматуры		Напряжение обжатия в бетоне на уровне нижней арматуры σ_0 кг/см ²	Контролируемое напряжение нижней арматуры σ_0 кг/см ²	σ_0 R_0	Деформация ползучести и усадки бетона на уровне нижней арматуры $(\epsilon_0 + \epsilon_1) \cdot 10^{-5}$	$(\epsilon_0 + \epsilon_1) E_0$ кг/см ²	Продолжительность наблюдений в сутках	Температурно-влажностный режим помещения в течение первых двух месяцев	
		возраст в сутках	R_0 кг/см ²							t°С	P в %
1	ЛБ-3-1 (1)	26	392	73,8	3900	0,188	34,1	710	212	69±3	70±3
	ЛБ-3-1 (2)	26	392	72,4		0,185	30,7	639	212		
	ЛБ-5-1 (1)	21	520	83,0		0,160	45,5	946	220		
	ЛБ-5-1 (2)	21	520	79,0		0,150	40,0	832	220		
	СБ-1-1 (1)	16	400	85,5		0,214	54,0	1122	222		
	СБ-1-1 (2)	16	400	83,3		6,208	—	—	—		
	ПБ-1-1 (1)	14	374	84,5		0,226	40,7	846	173		
	ПБ-1-1 (2)	14	374	83,9		0,224	—	—	—		
2	ЛБ-3-2 (1)	27	360	110,7	5800	0,335	49,4	1030	215	17±3	78±2
	ЛБ-3-2 (2)	27	360	116,5		0,324	42,5	884	215		
	ЛБ-5-2 (1)	20	410	121,9		0,297	43,00	894	220		
	ЛБ-5-2 (2)	20	410	122,6		0,299	41,75	869	218		
	СБ-1-2 (1)	18	448	122,9		0,274	59,25	1231	220		
	СБ-1-2 (2)	18	448	131,2		0,300	50,25	1045	220		
	ТБ-2-2 (1)	14	520	133,5		0,257	37,8	786	212		
	ТБ-2-2 (2)	14	520	141,7		0,272	42,0	874	212		
3	ЛБ-1-1 (1)	22	183	76,9	4200	0,42	46,0	957	66	20±1	70±2
	ЛБ-1-1 (2)	22	183	81,1		0,443	53,0	1111	68		
	ЛБ-2-1 (1)	28	253	82,0		0,324	40,38	840	66		
	ЛБ-2-1 (2)	28	253	81,5		0,322	41,2	857	66		
	ЛБ-4-1 (1)	22	298	80,8		0,271	46,25	962	22*		

* Через 22 дня после спуска натяжения арматуры образец был поставлен под дательную нагрузку.

ниях в арматуре примерно 4000 кг/см^2 чувствительно увеличивает потери предварительных напряжений в литондинопемзобетоне. Поскольку напряжения обжатия в образцах ЛБ-5 серии 1 невелики, порядка $0,15 R_0$, причиной повышенных потерь напряжений, по-видимому, является усадка таких бетонов.

На рис. 4 приведены кривые ползучести и усадки образцов первой серии за 2 месяца наблюдений. При увеличении напряжений об-

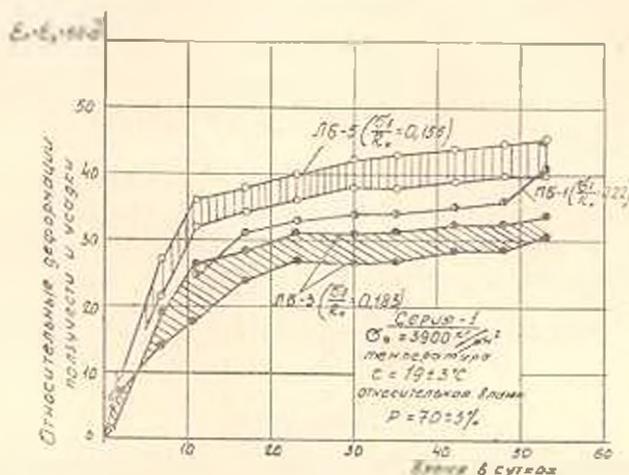


Рис. 4. Деформации усадки и ползучести в балках на уровне нижней арматуры.

жатия в бетоне до $(0,30-0,33) R_0$ в образцах второй серии длительные деформации в бетонах ЛБ-3 и ЛБ-5 примерно подровнялись.

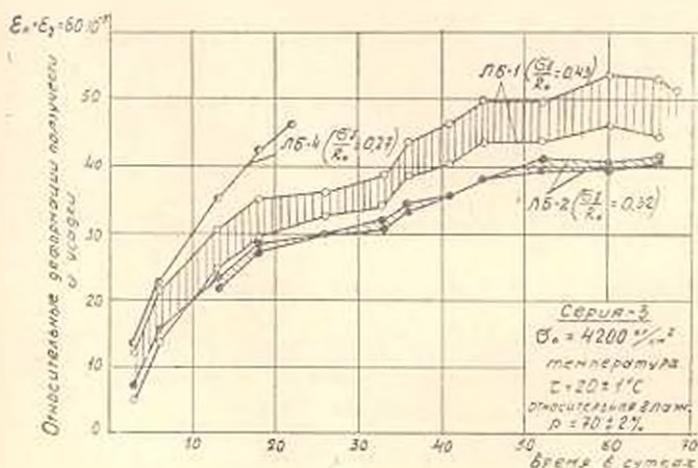


Рис. 5. Деформации усадки и ползучести в балках на уровне нижней арматуры.

Здесь, очевидно, сказалась повышенная влажность помещения в период выдержки балок второй серии. В балках состава СБ-1 длительные деформации в обеих сериях испытаний оказались больше всех. Ре-

зультаты испытаний образцов третьей серии показаны на рис. 5. Здесь видно, что наименьшие деформации ползучести и усадки развились в бетоне состава ЛБ—2. При увеличении или уменьшении расхода цемента (бетоны ЛБ—4, ЛБ—1) длительные деформации возрастают, причем в образцах ЛБ—1, по-видимому, решающую роль в деформациях играет ползучесть бетона, в образце ЛБ—4—усадка. Следовательно, для достижения минимальных потерь предварительных напряжений в литондиопемзобетоне при контролируемых напряжениях в арматуре $\sigma_0 = 1200 \text{ кг/см}^2$ целесообразно ограничить верхнюю границу расхода цемента марки 500 в пределах примерно 400 кг на куб. м бетона и одновременно величину напряжений обжатия принимать не более $0,3 R_0$.

Проведенные испытания показали, что в изгибаемых конструкциях из литондиопемзобетона с расходом цемента до 400—450 кг на куб. м бетона, армированных арматурой класса АIV, суммарные потери предварительных напряжений от усадки и ползучести бетона могут быть приняты при $\frac{\sigma_0}{R_0} = 0,3$ — 1000 кг/см², при $\frac{\sigma_0}{R_0} = 0,4$ — 1200 кг/см².

Ս. Գ. ԻՈՆԻՆՍԿԻՆ

ՔԱՆԿԱՆ ԼՅԱՆՅՈՒԹԵՐՈՎ ԹԻԹԵՎ ԲԵՏՈՆԸ, ԶՈՂԱՅԻՆ ԱՐՄԱՏՈՒՐՈՒՄ ՈՒՆԵՑՈՎ ՆԱԽԱՎԱՐԿԱԾ ՄԹՎՈՎ ԿՈՆՍՏՐՈՒՅԻՄԵՆԵՐՈՒՄ

Ք Վ Փ Ո Փ Ն Ը Մ

Աշխատանքում նշված է, որ նախալարված կոնստրուկցիաներում բնականի սողրից և կծկումից լարումների կորուստի չափը բնականում տրված σ_0 լարումների զնայրում կախված է ամրանի նախնական σ_0 լարման մեծությունից: Բերված են նախալարված АIV կարգի ամրաններով ծափող էլեմենտներում թևի բնանի սողրից և կծկումից լարումների կորուստի թվային նշանակությունները: Փորձական տվյալները ցույց են տալիս, որ АIV կարգի ամրաններով նախալարված բնական լցիչներով թևի բնանի ծափող էլեմենտներում բնանի սողրից և կծկումից լարումների կորուստը կարելի է ընդունել $\frac{\sigma_0}{R_0} = 0,3$ դեպքում՝ 1000 կգ/սմ², $\frac{\sigma_0}{R_0} = 0,4$ դեպքում՝ 1200 կգ/սմ²:

АIV ամրանների խարսխավորման գոտու մեծությունը 150 մարկայի թիթիկային պեմզայով պատրաստված բնանում առաջարկվում է ընդունել ոչ պակաս 25 սմ, իսկ 300 մարկայի դեպքում՝ 15 սմ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С. А. Дмитриев, Б. А. Калитуров. Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций. М., 1963.
2. М. Э. Симоков, К. С. Карипетян. Усадка и ползучесть легких бетонов в предварительно напряженных конструкциях. Журн. «Бетон и железобетон» № 10, 1960.