

# КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА

*СБ. Коваль, М.В. Молодцов, С.Г. Головнев*

Исследованы характер изменения и зависимость от различных технологических факторов мгновенных деформаций бетона, загруженного первый раз в раннем возрасте, и деформаций в момент его догружения после твердения под нагрузкой в течение некоторого времени.

В момент приложения внешней нагрузки в конструкциях возникают мгновенные напряжения. В некоторых случаях они могут значительно превосходить расчетные из-за рывков и неточности выполнения монтажных работ. В результате чего, при загрузке монолитных железобетонных конструкций внешней нагрузкой, бетон в начальный момент времени может испытывать значительные деформации. Поэтому одной из основных задач проводимого эксперимента являлась определение скорости нарастания и величины деформаций в момент приложения нагрузки.

Особенно важным моментом проводимого эксперимента явилось не только определение мгновенных деформаций бетона, загруженного первый раз в раннем возрасте, но и исследование его деформаций в момент догружения после твердения под нагрузкой в течение некоторого времени (в проводимом эксперименте - 10 дней).

Из полученных экспериментальных данных, представленных в таблице, видно, что относительные сжимающие деформации достигают своих максимальных значений в момент приложения к бетону внешней нагрузки. После окончания нагружения деформации продолжают расти с тенденцией «затухания» в течение 5 минут, характеризуя собой кратковременную ползучесть бетона.

Причем в величине полных кратковременных деформаций доли деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки, и кратковременной ползучести отличаются по величине. Зависимость соотношения деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, и кратковременной ползучести от номера загрузки и прочности бетона представлены на рис. 1 и 2.

Доля относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, несомненно, выше по сравнению с де-

## Относительные деформации

№ замеса	№ загрузки	Прочность, МПа	Относительные деформации сжатия, $\varepsilon \cdot 10^{-5}$		Полные кратковременные деформации - $\varepsilon_{\Sigma}$
			В момент загрузки - $\varepsilon_{\Sigma 1}$	Кратковременная ползучесть - $\varepsilon_{\Sigma 2}$	
С добавкой $\text{NaNO}_2$					
1	1	6,76	14,46	0,67	15,13
	2	8,82	4,25	0,39	4,64
	3	10,78	4,12	0,39	4,51
2	1	5,49	13,58	1,28	14,86
	2	8,82	2,81	0,84	3,65
	3	11,03	3,55	2,25	5,80
3	1	2,35	8,19	0,00	8,19
	2	6,76	8,18	0,26	8,44
	3	8,33	2,64	0,27	2,91
Без добавки					
4	1	7,06	18,88	0,81	19,69
	2	10,78	4,04	0,27	4,31
	3	11,27	2,28	0,004	2,28
5	1	3,36	13,24	0,80	14,04
	2	5,20	2,96	0,26	3,22
	3	6,86	3,36	0,00	3,36
6	1	1,86	9,01	0,83	9,84
	2	3,92	3,17	0,28	3,45
	3	5,88	1,80	0,14	1,94

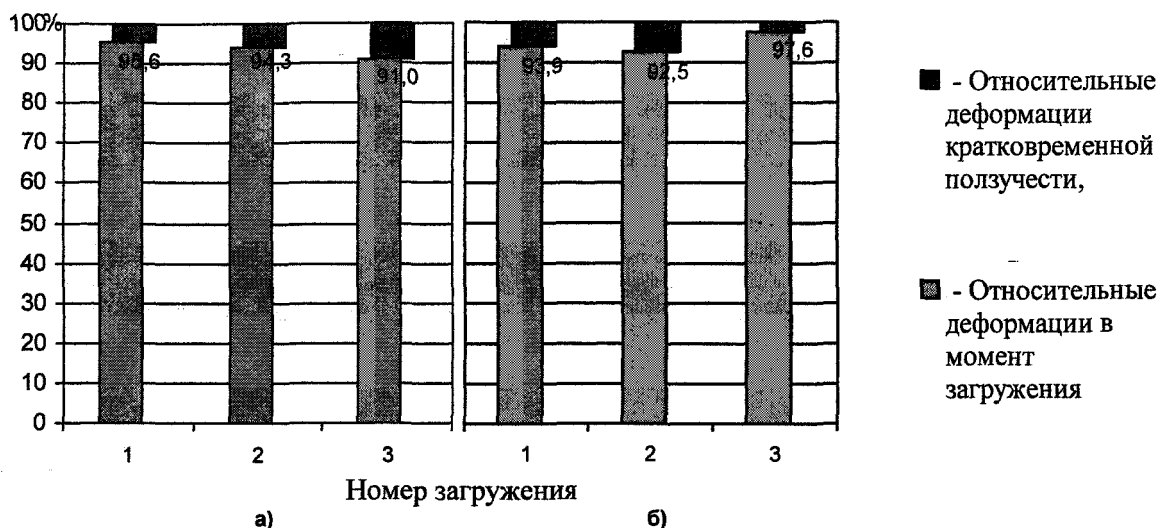


Рис. 1. Соотношение относительных деформаций сжатия, возникающих в момент загрузки и кратковременной ползучести в зависимости от номера загрузки: а – для бетона с добавкой NaNO<sub>2</sub>; б – для бетона без добавки NaNO<sub>2</sub>

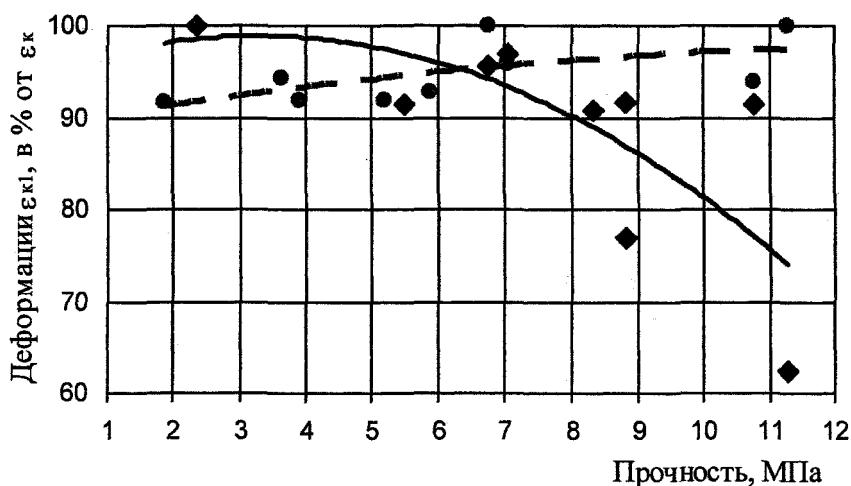


Рис. 2. Соотношение величины относительных деформаций, возникающих в момент загрузки –  $\epsilon_{k1}$  в зависимости от прочности бетона: • – бетон без добавки NaNO<sub>2</sub>; ◆ – бетон с добавкой NaNO<sub>2</sub>

формациями относительной ползучести. Из рис. 1 видно, что номер загрузки не оказывает существенное влияние на изменение соотношения между ними и составляет в среднем 94 % на 6 % соответственно.

В тоже время зависимость соотношения мгновенных деформаций и кратковременной ползучести от прочности в момент загрузки носит более выраженный характер, в особенности для бетонов с добавкой нитрита натрия. Объяснить увеличение доли деформаций кратковременной ползучести с увеличением прочности бетона можно за счет более сформировавшейся при этом структуры бетона.

Несмотря на это, развитие деформаций, возникающих непосредственно в момент приложения нагрузки, более опасно, так как кратковременная ползучесть протекает в течение хоть и небольшого, но промежутка времени. В тоже время величина кратковременной ползучести при любых усло-

виях не превышает значения мгновенных деформаций. В связи с этим необходимо более подробное рассмотрение механизма возникновения мгновенных деформаций и определение их зависимости от различных технологических параметров.

В зависимости от номера загрузки деформации, возникающие в момент загрузки –  $\epsilon_{k1}$ , при первом загрузке больше по сравнению с деформациями последующих загрузке (рис. 3). В тоже время деформации второго загрузке превышают деформации третьего. То есть, с увеличением номера загрузки величина мгновенных деформаций под действием приложенной нагрузки уменьшается. Это объясняется тем, что в процессе первого загрузке происходят существенное обжатие бетона с созданием более плотной структуры. Кроме этого, перед вторым и третьим загрузками бетон в течение 10 дней находился под нагрузкой, под действием которой в нем протекали пластические деформации. Откуда очевид-

но, что более интенсивное уплотнение будет наблюдаться на более ранних этапах загрузки - при меньших значениях прочности.

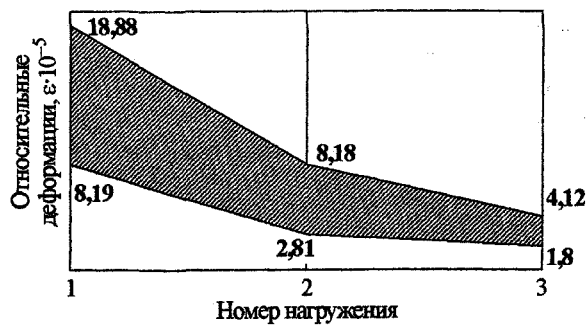


Рис. 3. Область изменения относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки в зависимости от номера загрузки

На величину относительных деформаций, возникающих непосредственно в момент загрузки, помимо номера загрузки оказывает влияние и прочность бетона в момент загрузки. Однако это влияние наиболее наглядно проявляется только в процессе его первого загрузки. Так если принять минимальную прочность первого загрузки и соответствующую ей значение деформации за начало координат, то с процентным увеличением прочности наблюдается прирост деформаций бетона (рис. 4.). Причем, независимо от наличия в его составе противоморозной добавки, эта зависимость носит ярко выраженный линейный характер.

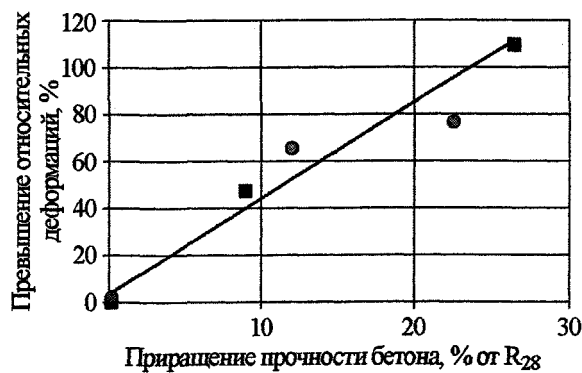


Рис. 4. Превышение относительных деформаций в момент первого загрузки в зависимости от приращения прочности бетона: ■ - бетона без NaNO<sub>2</sub>; ● - бетона с NaNO<sub>2</sub>

Характер изменения представленной зависимости объясняется тем, что при первом загрузке отсутствовали пластические деформации, возникающие в процессе длительного выдерживания под нагрузкой. При этом бетон с меньшей прочностью меньше деформируется из-за присутствия большого количества свободной влаги, которая препятствует (в отличие от сформированной структуры бетона) развитию деформаций от действия внешних сил. Как показывают ранние исследова-

ния [1], наибольшей сжимаемостью обладает «сухой» цемент. С увеличением содержания жидкой составляющей происходит уменьшение сжимаемости цементного теста.

Из двух выше представленных факторов, влияющих на деформации бетона, возникающие непосредственно в момент приложения нагрузки, наибольшее влияние на величину деформаций оказывает не прочность бетона в момент загрузки, а номер загрузки.

Это же подтверждают данные рис. 5, из которых видно, что в зависимости от номера загрузки величина относительных деформаций бетона, имеющего одну и ту же прочность, может изменяться в несколько раз. В то же время при одном и том же номере загрузки деформации в зависимости от прочности бетона меняются в значительно меньшей степени (см. таблицу).

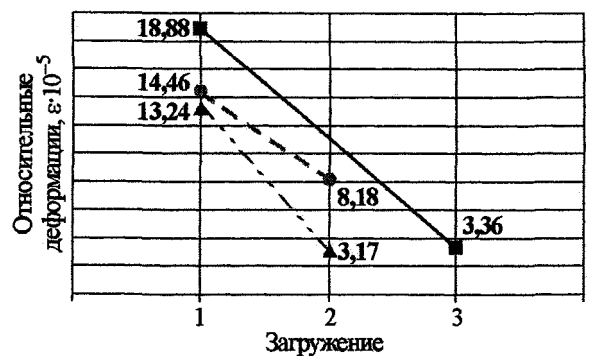


Рис. 5. Деформации, возникающие в момент приложения нагрузки к бетону различной прочности в зависимости от номера загрузки: ■ - прочность бетона 72 кг/см<sup>2</sup> без NaNO<sub>2</sub>; ● - прочность бетона 69 кг/см<sup>2</sup> с NaNO<sub>2</sub>; ▲ - прочность бетона 69 кг/см<sup>2</sup> без NaNO<sub>2</sub>

Общеизвестно, что изменение относительных деформаций в зависимости от величины внешней приложенной нагрузки может приводить как к положительному уплотнению бетона, так и к образованию нежелательных микротрещин, снижающих конечную прочность бетона. Поэтому величину интенсивности нагружения внешней нагрузкой необходимо увеличивать по мере набора прочности бетона [2]. Однако, как показали приведенные выше данные, эта интенсивность загрузки так же должна зависеть и от номера загрузки.

Помимо прочности бетона и номера загрузки на величину деформаций оказывает влияние и наличие в составе бетона различных добавок. Как видно из данных таблицы влияние противоморозной добавки проявляется в должной степени только при первом загрузке бетона, которое представлено на рис. 6.

В процессе второго и третьего загрузки наличие добавки не носит ярко выраженного влияния и может приводить как к увеличению, так и уменьшению относительных деформаций, что объясняется более существенным влиянием других технологических параметров выдерживания

бетона под нагрузкой при реальных температурах наружного воздуха.



Рис. 6. Влияние добавки  $\text{NaNO}_2$  на относительные деформации бетона, возникающие в момент первого нагружения: ■ — без добавки  $\text{NaNO}_2$ ; ● — с добавкой  $\text{NaNO}_2$

Из представленных экспериментальных данных видно, что наличие противоморозной добавки  $\text{NaNO}_2$  приводит к уменьшению величины относительных деформаций. Причиной этого может являться то, что данная добавка способствует снижению пористости за счет уменьшения средней крупности пор и увеличения их однородности по объему бетона [3]. А это позволяет получать более плотную структуру бетона, что препятствует увеличению деформаций при влиянии на бетон внешней приложенной нагрузки. Это объяснение также хорошо согласуется с данными представленными на рис. 2. А именно: в результате более плотной структуры бетона с добавкой при увеличении прочности он менее подвержен мгновенным деформациям в момент непосредственного приложения нагрузки. В результате чего доля кратковременной ползучести возрастает.

Таким образом, на величину кратковременных деформаций бетона, выдерживаемого длительное время под нагрузкой и догружаемого в

процессе твердения, оказывают влияние номер загрузки, величина приложенной нагрузки и наличие в составе бетона добавок (в частности противоморозной добавки  $\text{NaNO}_2$ ). Решающим фактором, обеспечивающим наибольшие деформации в момент приложения нагрузки, является номер загрузки. Величина приложенной к бетону нагрузки и наличие добавки оказывает ощутимое влияние только на первом этапе нагружения, когда бетон не подвергнут длительным пластическим деформациям в результате выдерживания под нагрузкой.

Скорость нарастания кратковременных деформаций достигает наибольших значений непосредственно в момент приложения нагрузки. Соотношение величины мгновенных деформаций и кратковременной ползучести увеличивается в пользу последней только с увеличением прочности бетона к моменту загрузки.

### Литература

1. Ахвердов И.Н. *Высокопрочный бетон (экспериментальные и теоретические исследования по технологии бетона)*. — М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. — 162 с.
2. А.с. 1442618. СССР, Е 04 F 21/20, 1980. *Способ возведения монолитных железобетонных конструкций в зимнее время* / С.Г. Головнев, А.Л. Алабугин, С.Б. Коваль, Н.В. Юнусов (СССР). — № 4068852/29-33; Заявлено 08.09.88; Опубл. 07.12.88, Бюл. № 45, Приоритет 18.02.86. — 2 с.
3. Мягков А.Д. *Совершенствование технологии зимнего бетонирования тонкостенных и малообъемных монолитных конструкций на основе электропрогрева бетона, содержащего противоморозные добавки*: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. — М.: ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1983 — 22 с.