

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К. С. Карапетян

О ползучести туфобетона

Многочисленными опытами [2, 4, 6, 7, 8, 9] установлено, что при загрузке бетона в нем длительное время развиваются деформации ползучести. Известно также, что ползучесть имеет место даже при незначительных по величине напряжениях. Ползучесть в бетоне возникает под действием длительного напряженного состояния, вызванного не только внешней нагрузкой, но также напряженным состоянием, связанным с изменением температуры, усадки, набухания бетона. В зависимости от ряда факторов, как, например, возраста бетона к моменту нагружения, длительности нагружения, напряжения, деформации ползучести иногда в несколько раз превосходят соответствующие упруго-мгновенные деформации.

В настоящее время ведется ряд исследований по теории ползучести бетона. В этом направлении наиболее обобщенные исследования выполнены Н. Х. Арутюняном [1].

Наряду с теоретическими исследованиями необходимо усилить экспериментальные исследования по изучению свойств бетона с целью уточнения предпосылок, положенных в основу теории, а также получения необходимых физико-технических констант для уточнения расчета конструкций. Насколько нам известно, ползучесть легких бетонов на естественных пористых заполнителях не исследовалась. Между тем в некоторых районах СССР, в том числе Армянской ССР, имеются возможности широкого применения естественных пористых материалов в качестве заполнителя для легкого бетона. В связи с этим становится актуальным вопрос исследования ползучести легких бетонов на естественных пористых заполнителях, так как ряд специфических особенностей легкого бетона вызывает большую ползучесть бетона по сравнению с тяжелым.

Ниже приведены опытные данные по ползучести туфобетона при сжатии. Марка исследуемого туфобетона была принята „110“, как наиболее применяемая в легкобетонных и легкожелезобетонных сооружениях. При назначении марки тяжелого бетона для эталонных образцов мы исходили из одинакового расхода цемента на 1 м³ бетона, принятого для туфобетона, а также одинаковой консистенции. Характеристика исследуемых бетонов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Вид бетона	Расход материалов на 1 м ³ бетона в кг				Объемный вес свежеуложенного бетона в т/м ³	Осадка кубов в см	Кубиковая прочность на сжатие в кг/см ²	Модуль упругости в возрасте 28 дней при $\sigma=0,5 R_n$
	цемент	песок	щебень	вода				
Туфобетон	260	458	720	423	1,86	8	116	55000
Тяжелый бетон	262	739	1280	274	2,55	8	136	13500

Туф для изготовления заполнителей был взят из Аринджского карьера (Ереван). Испытание кубиков показало, что предел прочности этого туфа на сжатие колеблется в пределах от 60 до 80 кг/см². В качестве крупного заполнителя для тяжелого бетона был применен базальтовый щебень, при прочности базальта 1200–1400 кг/см², а мелкого заполнителя—кварцевый песок Арташатского карьера—объемным весом 1,63 т/м³.

Как для туфобетона, так и для тяжелого бетона в качестве вяжущего был использован портландцемент активностью „400“, Арагатского цементного завода им. С. Орджоникидзе. Исследование усадки и ползучести бетона производилось на цилиндрических образцах диаметром 14 см и высотой 60 см. Образцы туфобетона были изготовлены из четырех замесов бетона. При испытании контрольных кубиков, взятых из замесов 1, 2 и 4 в месячном и трехмесячном возрасте, разница между прочностями на сжатие в соответствующих возрастах не превышала 5%. Образцы из тяжелого бетона были приготовлены из одного замеса. Бетонирование цилиндрических образцов, а также кубиков 20×20×20 см производилось в металлических формах. Образцы освобождались от форм на третий день. Приготовление бетона производилось вручную, укладка—штыкованием. Образцы с момента освобождения от форм и в период последующего испытания хранились в одном и том же помещении, где температура воздуха колебалась в пределах от 13 до 27°C, а влажность—от 40 до 65%. В период длительного испытания в отдельные месяцы максимальное колебание температуры не превышало 8°C, а влажности—11%. Для исследования ползучести бетона под длительной нагрузкой были изготовлены специальные рамы, которыми с помощью тарированных стальных пружин создавалась постоянная сжимающая нагрузка в 3–3,5 т (фиг. 1). Тарировка пружин показала, что потеря напряжения, благодаря усадке и ползучести бетона во времени, незначительна (0,3 кг/см²) и, что пружины под действием длительной постоянной нагрузки не теряют свои упругие свойства.

¹ Высота конуса для туфобетона составляла 40 см [1], для тяжелого бетона—30 см.

Загрузка образцов производилась с помощью специального рычажного приспособления (фиг. 2). Деформации загруженных и незагруженных образцов измерялись стационарными деформометрами. При измерении деформации стационарными деформометрами получаются более надежные результаты, чем при измерении переносными деформометрами, так как стационарные деформометры с момента на-

чала опытов устанавливаются на испытуемых образцах на весь период длительного испытания. В описанных опытах каждый образец был снабжен двумя деформометрами (фиг. 3). Измерение осадочных деформаций было начато через 24 часа после заполнения форм бетоном. Для исследования ползучести бетона образцы из туфобетона нагружались в возрасте 7, 14, 28, 90 и 220 дней, а эталонные образцы из тяжелого бетона — в возрасте 7 и 28 дней. В каждом возрасте под длительную нагрузку устанавливались по два образца под одинаковой нагрузкой, за исключением образцов из туфобетона в возрасте 28 дней, где было установлено 4 образца. В результате полуторогодичного наблюдения за деформациями образцов построены кривые ползучести туфобетона. На фиг. 4 нанесены кривые деформации ползучести туфобетона, соответствующие различным возрастам бе-

тона к моменту нагружения (7, 14, 28, 90 и 220 дней) при напряжении в бетоне 20 кг/см^2 . Аналогичные кривые ползучести тяжелого бетона для возрастов 7 и 28 дней при напряжении 20 кг/см^2 приведены на фиг. 5. Рассматривая кривые ползучести туфобетона и тяжелого бетона, можно отметить, что деформации ползучести существенно зависят от возраста бетона к моменту нагружения. С увеличением возраста бетона ползучесть уменьшается. По фиг. 4 нетрудно заметить, что после определенного промежутка времени (примерно 220 дней), кривые ползучести туфобетона, соответствующие различным возрастам загрузки, параллельны друг другу. Это обстоятельство указывает на то, что скорость нарастания деформаций ползучести после указанного периода почти не зависит от возраста бетона к моменту приложения нагрузки. Эта закономерность,

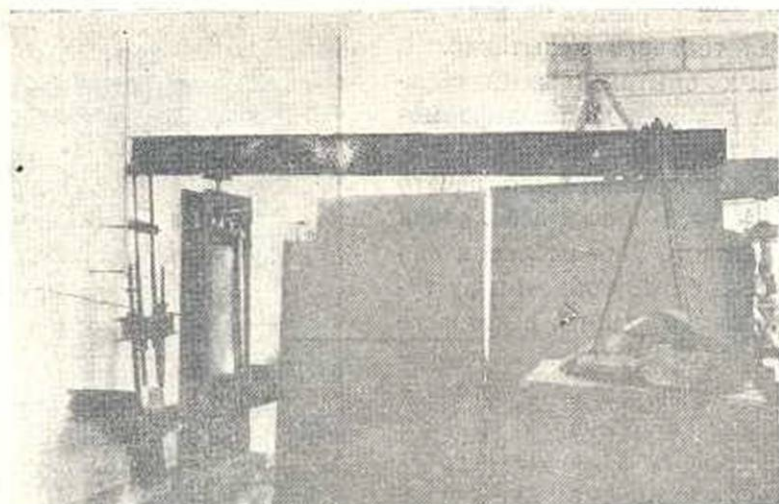


Фиг. 1.

установленная различными исследователями при ползучести тяжелого бетона [8], подтверждается и для туфобетона.

Следуя Н. Х. Арутюняну [1], на основании произведенных опытов для деформации ползучести будем иметь следующее выражение

$$\varepsilon_n = \left(0,26 + \frac{2200 - 10\tau}{\tau^2 + 2100} \right) \left[1 - e^{-0,01(t-\tau)} \right], \quad (1)$$



Фиг. 2.

где τ — возраст бетона к моменту нагружения,

$t - \tau$ — время, в течение которого бетон находился под нагрузкой.

Приведенная зависимость дает наиболее близкое совпадение с экспериментальными кривыми ползучести. Как видно из фиг. 4, экспериментальные точки имеют небольшие отклонения от кривых ползучести, построенных по формуле (1). В (1) t и τ выражены в днях, при этом деформации ползучести получаются в мм на 1 м.

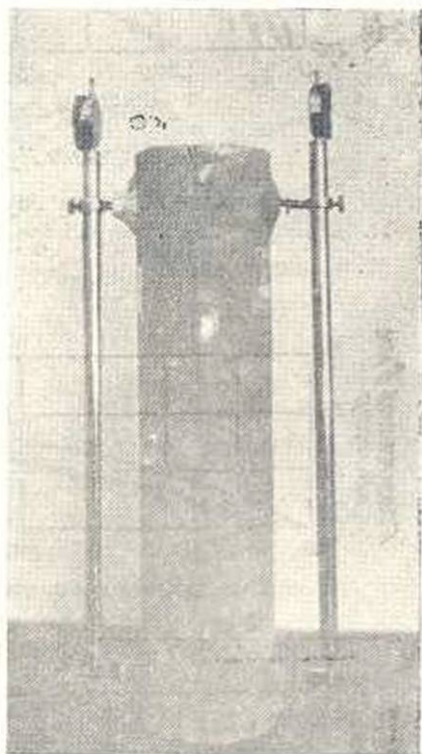
Возвращаясь к рассмотрению кривых ползучести, приведенных на фиг. 4 и 5, замечаем, что деформации ползучести туфобетона загруженного в различных возрастах, достигает 50% от предельного значения при длительности загрузки 2—2,5 месяцев, 80% — при длительности загрузки 5—6 месяцев и 90% — при длительности загрузки примерно 7,5—9 месяцев. Для тяжелого бетона соответственно: 50% — при длительности загрузки 3—4 месяца, 80% — при длительности загрузки 8—9 месяцев и 90% — при длительности загрузки 1 год. Отсюда следует, что деформации ползучести туфобетона развиваются более интенсивно чем это имеет место в тяжелом бетоне.

Сравнение полученных данных по ползучести тяжелого бетона с аналогичными данными, полученными другими исследователями [10], показывает, что полученные нами результаты по деформации

ции ползучести туфобетона, также сопоставимы с данными этих исследований по тяжелому бетону.

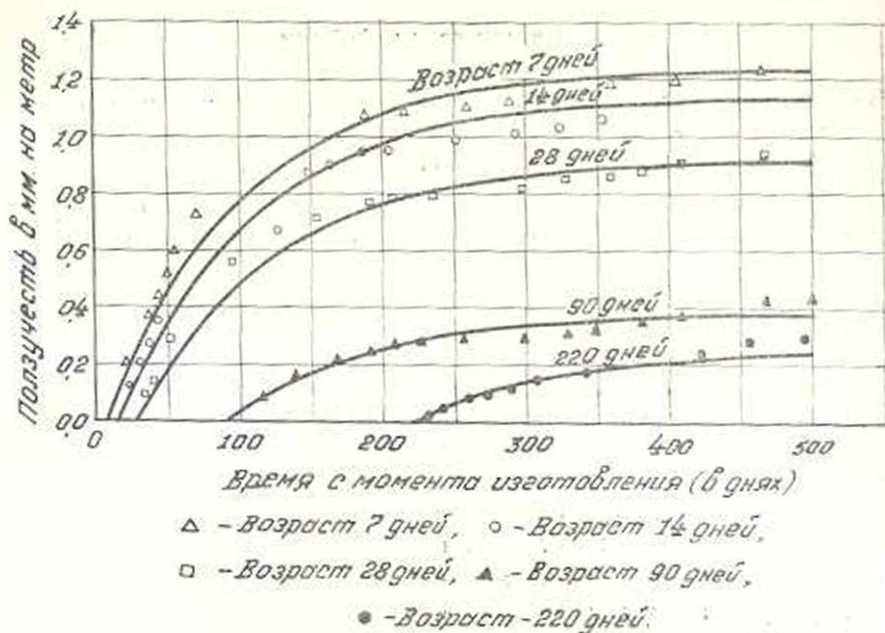
На фиг. 6, по результатам наших опытов, приведены кривые ползучести туфобетона и тяжелого бетона, соответствующие возрастам загрузки 7 и 28 дней. Из фиг. 6 видно, что деформации ползучести туфобетона, загруженного в возрасте 7 дней, 2,7 раза, а загруженного в возрасте 28 дней—2,5 раза больше деформации ползучести тяжелого бетона, загруженного в тех же возрастах. Большую ползучесть туфобетона по сравнению с ползучестью тяжелого бетона следует объяснить тем,

что как прочность, так и модуль упругости туфового заполнителя на много меньше прочности и модуля упругости заполнителя из базальта. Опытами установлено, что чем выше модуль упругости заполнителя, тем меньше ползучесть бетона [3, 8, 10]. Дело в том, что в бетоне, находящемся в длительном напряженном состоянии, происходит перераспределение напряжения между вяжущим и заполнителем. Интенсивность этого перераспределения в большой степени зависит от модуля упругости заполнителя [10, 12]. Относительно большую ползучесть туфобетона по сравнению с тяжелым бетоном следует объяснить так же и тем, что при приготовлении бетона на пористом заполнителе, в частности на ту-

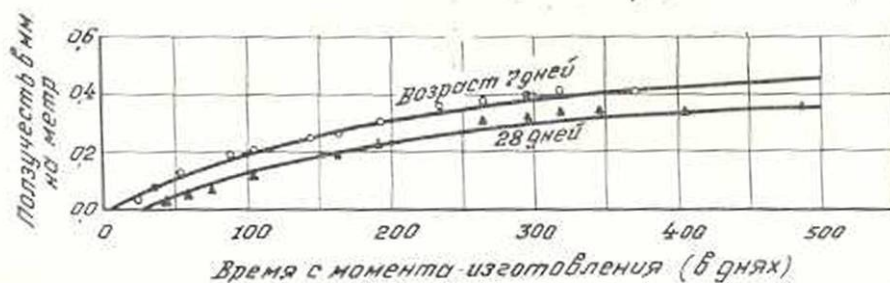


Фиг. 3.

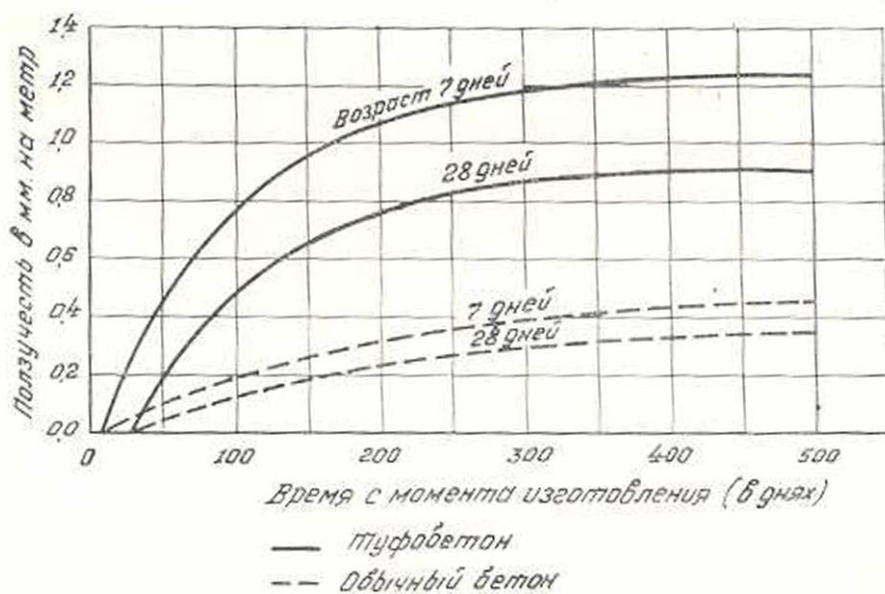
фе, последний интенсивно впитывает в себя влагу, которая вызывает вначале разбухание и в последующем, по мере высыхания, — усадку пористого заполнителя [5, 12]. Это обстоятельство приводит к тому, что благодаря собственной усадке пористый заполнитель оказывает меньшее препятствие ползучести цементного камня и тем самым увеличивает ползучесть бетона. В тяжелом бетоне этот фактор сказывается в гораздо меньшей мере благодаря незначительным объемным изменениям заполнителя из базальта. Кроме этого, при твердении туфобетона, вода из заполнителя постепенно поступает в цементный камень, часть которой способствует твердению цементного камня, а часть испаряется. Капиллярные явления при испарении влаги из пористого заполнителя также способствуют интенсификации



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

ползучести туфобетона. При этом поступлению влаги из заполнителя в цементный камень, в некоторой степени, несомненно, должна способствовать действующая на бетон внешняя нагрузка.

В заключение автор статьи считает своим долгом выразить глубокую благодарность В. В. Пинаджяну за руководство по проведению исследования.

Институт строительных материалов
и сооружений АН Армянской ССР

Поступило 19 VII 1952

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Арутюнян Н. Х. Теория упругого напряженного состояния бетона с учетом ползучести. ПММ, т. XIII, вып. 6, 1949.
2. Гвоздев А. А. Опыт теории ползучести бетона. Известия АН СССР, Отд. техн. наук, № 9—10, 1943.
3. Завериев К. С. Массивные своды из легкого бетона. Стройиздат, 1948.
4. Королев А. П. Усадка и ползучесть керамзитобетона. «Строительство железных дорог и путевое хозяйство», № 5, 1941.
5. Карапетян К. С. Экспериментальное исследование усадки туфобетона. Известия АН Армянской ССР, т. III, № 7, 1950.
6. Нилендер Ю. А. Механические свойства бетона и железобетона. Справочник проектировщика промышленных сооружений, т. IV, 1935.
7. Столярков Я. В. Введение в теорию железобетона. Стройиздат, 1941.
8. Сатакин А. В. Ползучесть бетона. Сб. Прочность, упругость и ползучесть бетона. Под ред. проф. Н. М. Беляева. Стройиздат Наркомстроя, 1941.
9. Свечин Н. В. Упруго-пластические свойства цементного камня. Сб. Исследования по технологии бетона. Под ред. канд. техн. наук Н. М. Френкеля. Стройиздат, 1950.
10. Улицкий И. И. Ползучесть бетона. Гостехиздат Украины, 1948.
11. Худавердян В. М. Метод проектирования состава туфобетона. Изд. АН Армянской ССР, 1950.
12. Цискредли Г. Д. Физико-механические и деформативные свойства легких бетонов. Сб. тр. ТБИИЖТ, в. XIV, 1947.

Կ. Ս. Կարապետյան

ՏՈՒՖԱԲԵՏՈՆԻ ՍՈՂՔԻ ՄԱՍԻՆ

Ա. Մ. Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողի մածուց համառոտակի բերված են առփարեառնի սողքի փորձառական հետազոտության արդյունքները՝ բնութագրման մոմենտին բետոնի տարրեր հասակի համար:

Փորձերը ցույց են տվել, որ ցեմենտի միկրոսկոպիկ ծախսի և բետոնի միանման կոնսիստենցիայի ղեկավարում առփարեառնի սողքը 2,5—2,7 անգամ մեծ է սովորական բետոնի սողքից:

Տափարեառնի մեծ սողքը պետք է բացատրել լցիչի առաձգականության ցածր մոդուլով՝ համեմատած սովորական բետոնի լցիչի առաձգականության մոդուլի հետ, ինչպես նաև առփի սեփական ավելի մեծ կրճկումով, ըստ որում առփի լցիչը, սեփական մեծ կծկման հետևանքով, նվազ արգելք է հանդիսանում ցեմենտաքարի սողքին: