

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. В. АКОНЯН, В. А. КАРАШЕТЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ
ТУФОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ

В Армянском научно-исследовательском институте стройматериалов и сооружений в период 1962—63 гг. проводились работы по изучению жесткости изгибаемых туфожелезобетонных балок под длительной нагрузкой. Исследованию были подвергнуты 12 туфожелезобетонных балок, из коих шесть балок при кратковременном нагружении и шесть балок при длительно действующей нагрузке. Для сравнения в качестве эталона при длительной нагрузке были также испытаны две железобетонные балки на обычном (тяжелом) заполнителе. Все балки длиной 280 см имели прямоугольное сечение $10 \times 16 \text{ см}^2$ с односторонней продольной арматурой. Процент армирования туфожелезобетонных балок составлял $\mu = 0,48\%$; $\mu = 1,16\%$ и $\mu = 2,28\%$, а балок эталонов из тяжелого железобетона на базальтовом щебне $\mu = 1,16\%$. В балках с высоким процентом армирования ($\mu = 2,28\%$), где могло быть разрушение от касательных напряжений вне зоны чистого изгиба была установлена добавочная арматура. Балки были армированы круглой гладкой стальной арматурой марки ст. 3 (класса А—1) для $\mu = 0,48\%$ — 2Ф6,4, ($\sigma_t = 2950 \text{ кг/см}^2$), для $\mu = 1,16\%$ — 2Ф10 ($\sigma_t = 3170 \text{ кг/см}^2$), для $\mu = 2,28\%$ — 2Ф14 ($\sigma_t = 3190 \text{ кг/см}^2$). Одновременно с балками были изготовлены контрольные бетонные кубы, восьмерки и призмы. Бетон изготавливался ручным способом, и укладка его производилась с помощью вибратора. Вызревание бетона до 28-дневного возраста происходило во влажных опилках. Далее до 60-дневного возраста образцы хранились в сухом состоянии при относительной влажности воздуха помещения 54—65%.

Длительным испытаниям балок предшествовали кратковременные испытания. Испытание балок под кратковременной и длительной нагрузками производилось с помощью рычажных установок.

Основные результаты кратковременных испытаний туфожелезобетонных балок представлены в табл. 1. Прогобы балок измерялись мессурами с точностью до 0,01 мм. По длине балки в зоне чистого изгиба, с помощью рычажных тензометров с базой 2 см, с точностью до 1 микрон, определялись деформации крайних волокон бетона. Балки под кратковременной нагрузкой доводились до разрушения.

На основании данных, приведенных в табл. 1 можно утверждать,

что расхождение между результатами опыта в формулах СНиП [1] при кратковременном нагружении не превышали $\pm 8\%$.

Таблица 1

Результаты испытания туфожелезобетонных балок расчетным пролетом

$l_p = 2,4$ м под кратковременной нагрузкой

Серия балок	Процент армирования μ	$M_{кр}$ (кг·м)		$M_{раз}$ (кг·м)		f_o —прогиб при $0,5M_{раз}$ (мм)	f_o/h_p
		по опыту	по СНиП [1]	по опыту	по СНиП [1]		
I_k-I	0,48	92	90	276	250	4,0	$\frac{1}{600}$
		88	90	276	250	3,2	$\frac{1}{750}$
I_k-II	1,16	92	90	600	618	4,7	$\frac{1}{510}$
		88	90	600	618	4,9	$\frac{1}{490}$
I_k-III	2,28	102	90	1040	1110	7,7	$\frac{1}{312}$
		88	90	1030	1110	6,9	$\frac{1}{348}$

Длительные испытания балок производились под нагрузкой $0,65 M_{раз}$, которая для балок с малым процентом армирования ($\mu = 0,48\%$) была равна 180 кг·м; при $\mu = 1,16\%$ —400 кг·м; при $\mu = 2,28\%$ —740 кг·м; для балок на тяжелом бетоне—413 кг·м. Разрушающая нагрузка $M_{раз}$ определялась по результатам кратковременных испытаний (табл. 1). Под каждой рычажной установкой испытывались две балки (близнецы). Нагрузка прикладывалась ступенями, равными $0,1 M_{раз}$, двумя равными сосредоточенными силами в третьях пролета. Все испытания были начаты в 60-дневном возрасте бетона, при этом прочность на сжатие туфобетона была равна в среднем 270 кг/см^2 , а на растяжение $15,5 \text{ кг/см}^2$; для тяжелого бетона соответственно 315 кг/см^2 и 19 кг/см^2 . Модуль упругости туфобетона испытанных на сжатие призм оказался равным 180000 кг/см^2 , а тяжелого бетона— 280000 кг/см^2 . Прогобы измерялись в трех местах по длине балки, под грузами и в середине пролета, с помощью переносных индикаторов с ценой деления 0,01 мм. Этим же приборами измерялась возможная осадка опор. Деформация растянутой арматуры и деформация сжатой зоны бетона измерялась стационарными индикаторами на базе 40 см с ценой деления 0,01 мм, а также переносными индикаторами на базе 20 см с ценой деления 0,001 мм. Отсчеты по приборам брались во время приложения нагрузки, через каждые 15 мин; после приложения нагрузки через 30 мин. Затем ежедневно, а в дальнейшем с еще большими интервалами. При снятии отсчетов по приборам велись наблюдения за температурой и относительной влажностью воздуха помещения, а также за

появлением новых и раскрытием старых трещин. Температура в помещении в период длительных испытаний колебалась в пределах от 23 до 26°C; относительная влажность воздуха в пределах 54–65%.

Усадочные деформации туфобетона исследовались на армированных и неармированных призмах. Деформации ползучести туфобетона изучались при центральном сжатии призм при интенсивности напряжения 10 кг/см². Кривые длительной деформации сжатой зоны бетона и растянутой арматуры туфожелезобетонных балок приводятся на рис. 1 и 2.

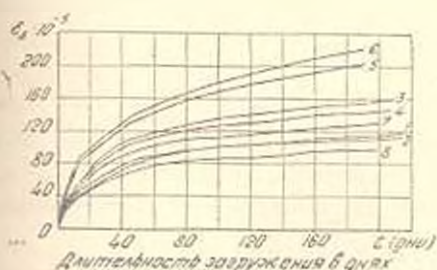


Рис. 1. Относительные деформации бетона в сжатой зоне под длительной нагрузкой. Кривые 1 и 2 относятся к балке I₂—I; кривые 3 и 4—балке I₂—II; кривые 5 и 6 балке I₂—III, кривые 7 и 8—балке II₂—II.

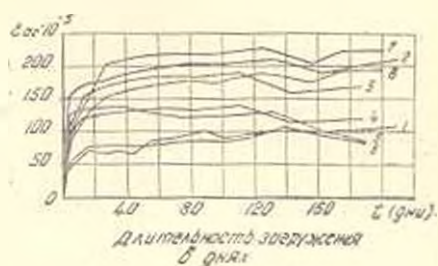


Рис. 2. Относительные деформации растянутой арматуры балок под длительной нагрузкой. Пояснения к кривым даны из рис. 1.

Деформации бетона в сжатой зоне балок за 205 суток увеличились почти в 2,5 раза, а в арматуре—от 1,1 до 1,4 раза. В неармированных призмах, испытанных на сжатие, относительная деформация ползучести за 205 суток составила 0,21 мм/мм, а в армированных призмах—0,11 мм/мм.

Усадка бетона за 205 суток в неармированных туфобетонных призмах составила 0,35 мм/мм, а в армированных—0,20 мм/мм.

На рис. 3 приводятся кривые прогиба балок в середине пролета при различных процентах армирования. Как видно из кривых нарастание прогибов в начальный период испытания протекает интенсивно, и затем их рост плавно затухает. После 80-дневной выдержки под нагрузкой кривые прогибов идут в дальнейшем параллельно друг другу. Чем больше процент армирования балок, тем меньше возрастание прогибов. В табл. 2 приводятся экспериментальные величины прогибов, в середине пролета балок, под кратковременной и длительной нагрузками.

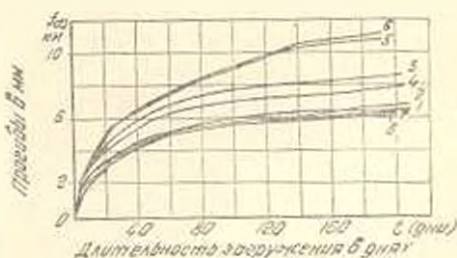


Рис. 3. Прогибы балок под длительной нагрузкой. Пояснения к кривым даны на рис. 1.

Таблица 2

Экспериментальные величины прогибов балок под кратковременной и длительной (205 суток) нагрузкой

Серия балок	Бетон	Процент армирования балок μ	Прогиб от кратковременной нагрузки (м.м)	Прогиб от длительной нагрузки (м.м)	Полный прогиб (м.м)
I_2-I	На гудфоновом заполнителе	0,48	6,00	6,80	12,8
I_2-II		1,16	8,60	8,90	17,5
I_2-III		2,28	10,50	11,0	21,5
II_2-II	Обычный	1,16	7,6	6,3	13,9

Данные, приведенные в табл. 2 показывают, что за 205 суток нагружения балок их прогиб по сравнению с кратковременным прогибом почти удвоился. Рост прогибов во времени в основном следует объяснить увеличением ползучести сжатой зоны бетона, что отмечается и в [2—5].

Следуя [4], путем экстраполяции опытных данных, полученных при загрузении балок в течение 205 суток, были вычислены величины предельных прогибов балок. Эти величины приведены во второй и пятой строке табл. 3. В этой же таблице приведены величины про-

Таблица 3

Сопоставление расчетных и экспериментальных результатов

Серия железобетонных балок	I_2-I	I_2-II	I_2-III	II_2-II
Процент армирования балок μ	0,48	1,16	2,28	1,16
Предельные прогибы балок от ползучести бетона, полученные при экстраполяции экспериментальных данных (м.м)	8,5	10,8	13,0	8,3
Прогибы балок в м.м от ползучести бетона, вычисленные по формуле СНиП [1]	7,8	9,8	17,1	6,3
То же, но с учетом экспериментальных характеристик бетона, полученных авторами	8,5	10,7	12,3	8,2
f_n — предельные полные прогибы балок при экстраполяции экспериментальных данных (м.м)	14,5	19,4	23,5	15,8
Предельные полные прогибы балок вычисленные по СНиП [1]	13,2	19,1	29,3	13,9
То же, но с учетом экспериментальных характеристик бетона, полученных авторами	11,5	19,4	23,5	15,8
$\psi = f_n/f_0$	2,42	2,26	2,24	2,10

гибов балок, вычисленные по формулам СНиП [1] с соответствующими нормативными характеристиками и также величины прогибов балок, вычисленные по тем же формулам СНиП, но с учетом экспери-

ментальных характеристик бетона, полученных авторами для изученных ими бетонов. Отношения экспериментальных величин полных прогибов балок при длительном их нагружении к прогибам балок при кратковременном нагружении приводятся в последней строке табл. 3. Это отношение оказалось равным $2,24 \pm 2,42$ для туфожелезобетонных балок и 2,1 для балки из тяжелого бетона.

Анализ данных, приведенных в табл. 3 показывает, что расчетные формулы Строительных норм и правил по проектированию бетонных и железобетонных конструкций [1] дают результаты довольно близкие к экспериментальным, и особенно при учете действительных характеристик бетона.

АИСМ

Поступило 13.II.64.

2. Գ. ՀԱՊՈՐՑԱՆ, Վ. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ԵՐԿԱԹՅՈՒՆԱՐԵՏՈՆԵ ՀԵԾԱՆՆԵՐԻ
ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ՌԵՍՈՒՄՆԱԽԻՐԵԹՅՈՒՆԸ ԲԵՌԻ ԵՐԿԱՐԱՏԵՎ ԱՋԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հալաստանի Շինանյութերի և կառուցվածքների գիտահետազոտական ինստիտուտում 1962—1963 թվականների ընթացքում աշխատանքներ են տարվել բեռի կարճատև և երկարատև ազդեցությունից երկաթտուֆաբետոնե հեծանների կործանվույնը ուսումնասիրելու ուղղությամբ:

Փորձարկման են ենթարկվել 12 հեծաններ, 6 հեծաններ փորձարկվել են մինչև լարվելու կարճատև ազդող բեռից և ճիշտ այդ հեծաններից 6 հատ տեղադրվել են երկարատև փորձարկման: Համեմատության համար երկարատև ազդող բեռից փորձարկման են տեղադրվել նաև երկու սովորական ծանր բետոնե հեծաններ: Օգտագործվել է Արարատի դրամարանի «600» մարկայի գեմենտ: Հեծանների երկարությունն է 2,8 մ, հաշվալի թռիչքը՝ 2,4 մ, կտրվածքը՝ 16×10 սմ: Ամրանափորումը եղել է փոքր $\mu = 0,48\%$, միջին $\alpha = 1,16\%$ և մեծ $\mu = 2,28\%$ բետոնի խորանարդային ամրությունը բեռնելու պահին տուֆաբետոնի համար $R_b = 270$ կգ/սմ², իսկ սովորական ծանր բետոնինը՝ $R_b = 315$ կգ/սմ². սկզբնական առաձգականության մոդուլը առաջին դեպքում 180000 կգ/սմ², իսկ երկրորդ դեպքում՝ 280000 կգ/սմ². Որպես ամրան սցառադրվել է կլոր հարթ պողպատի Ամրանափորումը բոլոր հեծաններում միափողմանի է, կտրվածքը՝ ուղղանկյուն: Եվ կարճատև և երկարատև փորձարկումները կատարվել են լծակների միջոցով: Երկարատև փորձարկումներում, միաժամանակ մի լծակային սխեմայում փորձարկվել են 2-ական հեծաններ — երկփողակների ձկվածքները, սեղմված բետոնի և ձգված ամրանի դեֆորմացիաների չափումները կատարվել են մշտական և շարժական ինդիկատորների, ինչպես նաև լծակային տենզոմետրերի միջոցով: Բերված են բետոնի ֆիզիկա-մեխանիկական բնութագրերը, որոնք որոշվել են բետոնե խորանարդների, պրիզմաների, սլաբների և հեծանների փորձարկումների միջոցով: Հեծանների երկարատև փորձարկման ընթացքում օդի ջերմաստիճանը կապվել է $24 \pm 2^\circ$, իսկ հարաձգական խոնավությունը՝ $59\% \pm 3\%$: Միաժամանակ փորձարկումներ են կատարվել:

տարվել նաև սողքի և կծկման դեֆորմացիաների արժեքները ստանալու համար: Բերված են երկարատև փորձարկման (միջին հաշվով 20,5 օրվա) ընթացքում հալոնաքերված բոլոր դեֆորմացիաների արժեքները, կատարված են անալիզ և համեմատություններ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СНиП II—В. 1—62 — Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. Госстройиздат. М., 1962.
2. Немировский Я. М. Жесткость изгибаемых железобетонных элементов и раскрытие трещин в них. Сборник статей «Исследования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций» ЦНИПС, Стройиздат, 1949.
3. Уланский М. М., Чжан Чжун-Яо, Гольдберг А. Б. Расчет железобетонных конструкций с учетом вязительных процессов. Киев, 1961.
4. Фигаровский В. В. Увеличение прогибов железобетонных балок при длительном действии нагрузки. Журн. «Бетон и железобетон», № 11, 1962.
5. Власов А. С. Экспериментальные исследования жесткости керамито-железобетонных балок при длительном действии нагрузки. Известия АН АрмССР (серия ТН), XVI, № 5, 1963.