

ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗ СЛАНЦЕЗОЛЬНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С НАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРОЙ

А. МОРОЗОВ

1. Введение

В настоящее время все большее применение в строительстве находят армированные конструкции из ячеистых бетонов. Однако таким бетонам свойственна большая деформативность. При применении ячеистых бетонов в изгибаемых элементах для уменьшения прогибов последних наиболее эффективным мероприятием могло бы быть обеспечение их работы в стадии I, т. е. при отсутствии трещин.

В армированных конструкциях из сланцезольного ячеистого бетона автоклавного твердения арматура получает начальные напряжения около 1000 кг/см^2 из-за наличия разности значений коэффициентов линейного расширения ячеистого бетона и металла, но это не обеспечивает работу, конструкций в стадии I, так как значительная часть напряжений теряется в течение первых месяцев.

Поэтому в Институте строительства и строительных материалов в 1958—1961 гг. была проведена работа по проверке возможности применения напряженной стержневой арматуры в изгибаемых элементах из ячеистого бетона. Ввиду отсутствия по этому вопросу данных в литературе, работа была начата с выяснения принципиальной возможности такого применения стержневой арматуры. В первых же опытах, проведенных на изгибаемых элементах из пеносиликальцита, было выяснено, что в этом случае особое значение приобретают вопросы анкеровки арматуры и ее антикоррозионного покрытия.

2. Описание опытов

В табл. 1 приведены данные об испытанных изгибаемых элементах из сланцезольного ячеистого бетона с напряженной арматурой.

Таблица 1

№	Арматура F_n , см^2	Кол-во диаметра арма- туры	Размеры сечения, см			Пролет l_p , см	Объемный вес, кг/м^3		Прочность, кг/см^2		Модуль упру- гости E_0 , кг/см^2	σ_1 , кг/см^2
			h	h_0	b		$\gamma_{\text{сух}}$	$\gamma_{\text{вл}}$	$R_{\text{сух}}$	$R_{\text{рвл}}$		
П-I-4	1,57	2 \varnothing 10 п.	24,5	21,5	25,0	576	830	934	32,1	—	$30 \cdot 10^3$	5810
П-II-4	2,36	3 \varnothing 10 п.	25,0	22,7	45,0	576	830	961	39,3	—	$30 \cdot 10^3$	5690
0-1 } 0-2 } 0-3 }	0,385	1 \varnothing 7 п.	22,0	19,0	12,0	180	845	945	49,8	6,8	$41 \cdot 10^3$	4550

В элементах серии «П» анкеровка арматуры осуществлялась при помощи утолщений на концах арматурных стержней, получаемых высадкой. В серии «О» арматура анкервалась на забетонированные по торцам металлические плитки $6 \times 6 \text{ см}$, через которые она пропущалась.

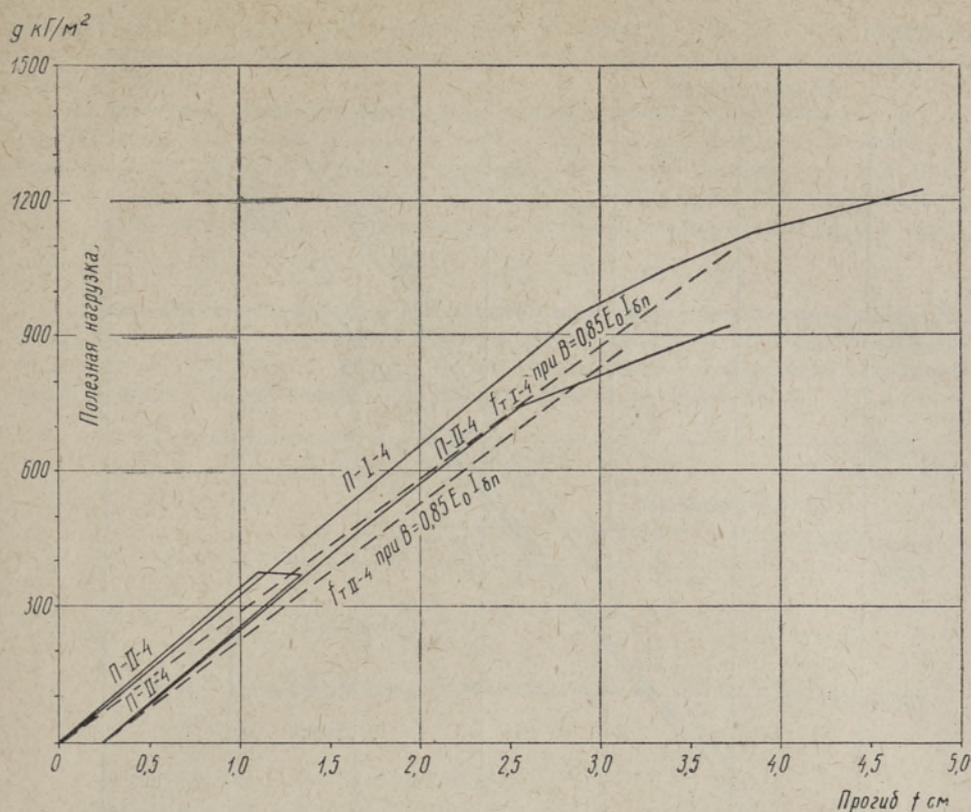


Рис. 1.

Первоначально арматура натягивалась на формы механическим способом. Однако этот метод имел технические недостатки и был трудоемким. Поэтому в серии «О» впервые было применено электротермическое последующее натяжение арматуры, покрытой расплавляющейся антикоррозионной битумной обмазкой. Сущность этого нового метода заключается в том, что при пропускании электрического тока через арматуру в готовом изделии битумная обмазка размягчается, нарушая сцепление с арматурой, что позволяет последней удлиняться в изделии. После выключения электрического тока арматура анкеруется на торцовых пластинках, а обмазка вновь отвердевает, обеспечивая сцепление арматуры с бетоном.

Таблица 2

№	$M_{\text{разр}}^{\text{теор}}$, кгМ	$\xi_p = \frac{x_p}{h_0}$	$M_{\text{разр}}^{\text{фак}}$, кгМ	$\frac{M_{\text{р}}^{\text{теор}}}{M_{\text{р}}^{\text{фак}}}$	Предварительное напряжение σ_0 , кг/см ²
П-I-4	1460	0,528	1603	1,098	1200
П-II-4	2538	0,334	2525	0,995	1100
О-1	307	0,154	307	1,00	1830
О-2	307	0,154	332,5	1,095	5270
О-3	307	0,154	330,5	1,075	1780

В табл. 2 приведены данные о несущей способности испытанных элементов.

Вычисление значений теоретических разрушающих моментов производилось по формуле

$$M_{\text{разр}}^{\text{теор}} = R_n b h_0^2 \xi_p (1 - 0,5 \xi_p), \quad \text{где } \xi_p = \frac{x_p}{h_0} = \frac{F_n \sigma_T}{b h_0 R_n}.$$

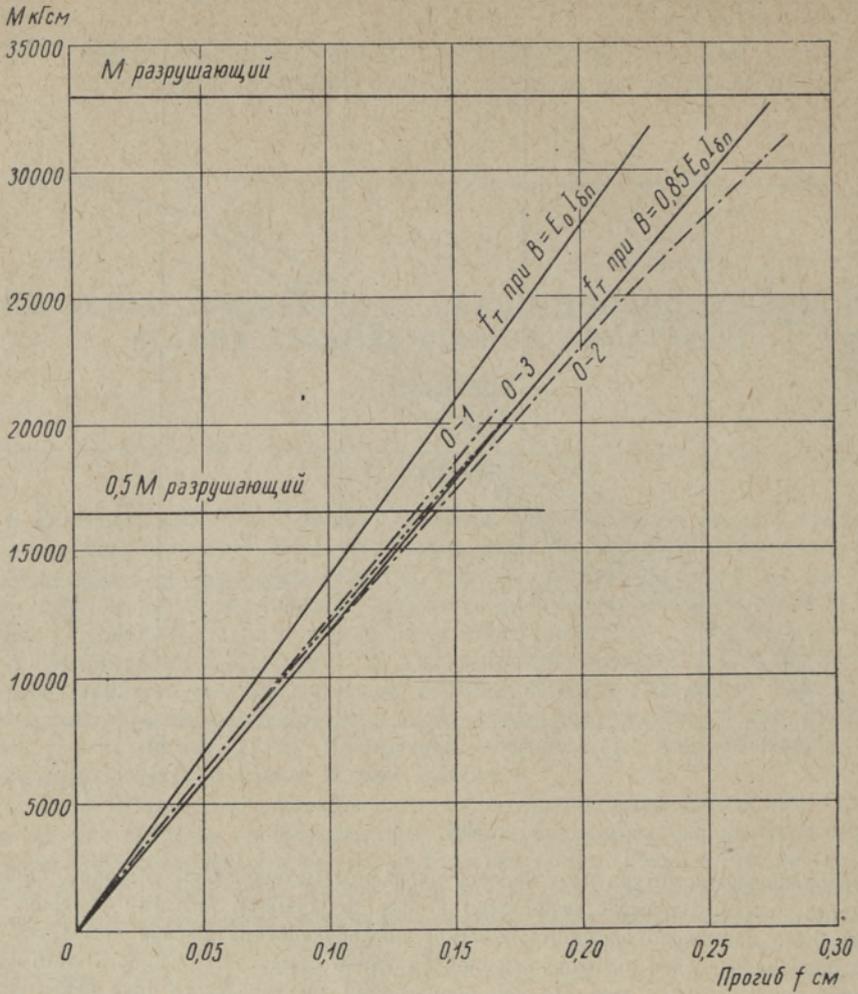


Рис. 2.

Таблица 3

		0-1			0-2			0-3		
		по формуле								
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Измеренные	$\varepsilon \cdot 10^{-5}$	19,6	6,0	—	46,3	19,85	—	17,0	6,65	—
	f_{cm}	—	—	0,040	—	—	0,129	—	—	0,040
Вычисленные	σ кг/см ²	8,06	2,55	—	19,00	8,12	—	7,00	2,73	—
	N_0 кг	788	677	650	1856	2145	2090	684	724	650
	$N_{0\text{ср}}$		705			2030			686	
	$\sigma_{\text{ср}}$		1830			5270			1780	
	$N_0/N_{0\text{ср}}$	1,11	0,96	0,92	0,92	1,055	1,030	1,00	1,055	0,950

Элемент П-I-4 разрушился по сжатой зоне. Остальные — от текучести арматуры. Отношение значений теоретических разрушающих моментов к фактическим составило 99,5% — 109,8%.

На рис. 1, 2 представлены фактические и теоретические прогибы элементов, при сопоставлении которых можно сделать вывод о том, что для изгибаемых элементов из сланцезольного ячеистого бетона с напряженной арматурой значение расчетной жесткости в стадии I можно определять по формуле $B_{крI} = 0,85 I_{6п} E_0$. Для стадий II жесткость можно определять как для элементов с обычной арматурой, т. е. $B_{крII} = E_a F_a \cdot h_0^2 \cdot \frac{c}{\psi_a}$; $\alpha = \frac{2\mu n}{\psi_a}$ $\Psi_a = \frac{1 + \mu n}{2,5}$ $ch_0^2 = (1 - x)(1 - 0,5x)$.

В табл. 3 приведены данные о напряжениях в арматуре элементов серии «О», в которых кроме одного напряженного стержня другой арматуры не было. Вычисления производились при упругой стадии работы по замеренным деформациям (напряжениям) крайних волокон бетона и выгиба при обжатии по формулам

$$\sigma_6 = \varepsilon_6 E_0 = N_0 \left(\frac{1}{F_{6п}} + \frac{e_0 y_6}{J_{6п}} \right) \quad (1) \text{ нижнее волокно}$$

$$\sigma'_6 = \varepsilon'_6 E_0 = N_0 \left(\frac{1}{F_{6п}} - \frac{e_0 y'_6}{J_{6п}} \right) \quad (2) \text{ верхнее волокно}$$

$$f E_0 = N_0 \frac{e_0 l^2}{8 J_{6п}}, \quad (3) \text{ выгиб}$$

где σ_6 и σ'_6 — напряжения в крайних волокнах бетона,

f — выгиб,

$N_0 = F_n \sigma_0$ — усилие в арматуре,

$F_{6п}$, $J_{6п}$, e_0 , y_6 и y'_6 — геометрические характеристики приведенного сечения.

Как видно из табл. 3, наибольшее отклонение вычисленных значений N_0 имеет место в 0—1, где оно составляет +11—8%, что говорит о применимости формул (1), (2), (3). Возникновение трещин в растянутой зоне наших опытных элементов наиболее точно можно было определить по формуле $M_T = (kR_p + \sigma_6) W_{6п}$ (4). Отклонения вычисленных по ней значений моментов трещинообразования от фактических моментов составили — 9,5 + 5,6%. $\kappa = \frac{R_{пр}}{R_p}$ по нашим опытам равно 1,8. Наблюдения за опытными призмами из сланцезольного ячеистого бетона с напряженной арматурой показали, что при $\sigma_6 = \frac{1}{3} R_{пр}$ и $\sigma_0 = 2270 - 2800 \text{ кг/см}^2$ потери напряжения в арматуре за 500 дней составили около 480 кг/см², или 17—19% от первоначального.

Выводы

Увеличение жесткости изгибаемых элементов из сланцезольного ячеистого бетона можно осуществить, применяя напряженную стержневую арматуру. Наиболее эффективным является применение последующего электротермического натяжения арматуры с временно расплавляющимися битумными обмазками. Для определения напряжений в бетоне конструкций могут быть использованы формулы (1), (2), (3), а для определения значения момента образования трещин формула (4). Потери предварительного напряжения арматуры во времени являются небольшими и допустимыми с точки зрения сохранения предварительных напряжений.

**PINGESTATUD ARMATUURIGA PÕLEVKIVITUHK-MULLBEToonIST
PAINDEELEMENDID**

A. Morozov

Resüme

Artiklis esitatakse pingestatud varrasarmatuuriga põlevkivituhk-mullbetoonist paindeelementide uurimise tulemused. Bituumenvõõbaga kaetud armatuuri järelpingestamiseks soovitatakse elektrotermilist meetodit.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut*

Saabus toimetusse
14. III 1963

**OIL SHALE FLY ASH CELLULAR CONCRETE FLEXURAL MEMBERS
WITH STRESSED REINFORCEMENT**

A. Morozov

Summary

The results of experimental research of oil shale fly ash cellular concrete flexural members with stressed bar-reinforcement are presented in this paper. The author recommends the use of electro-thermic stressing of reinforcement, covered with bituminous coating after the concrete has been cured.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Building and Building Materials*

Received
March 14th, 1963