

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Л. Г. Седракан

**К вопросу учета работы хомутов в железобетонных колоннах**

Хомуты в железобетонных колоннах (имеется в виду регламентированное нормами количество и сечение хомутов) обеспечивают совместную работу продольной арматуры с бетоном, а также образуют вместе с продольными стержнями обойму, увеличивающую предельную сопротивляемость бетона в колонне.

Когда предельное состояние колонны наступает после того, как в бетоне напряжение достигает призмочной прочности, а в арматуре напряжения еще не достигли предела текучести, то, очевидно, что хомуты вместе с продольными стержнями будут работать как обойма, обеспечивая дальнейшую сопротивляемость бетонного ядра не только силам, вызывающим в бетоне напряжение, равное призмочной прочности, но и большим силам, соответственно предельным для колонны. При этом напряжение в бетоне больше, чем призмочная прочность, и в зависимости от расстояния между хомутами, процента содержания продольной арматуры, марки и деформационных свойств бетона, могут доходить до кубической прочности бетона.

Если напряжение в бетоне, равное призмочной, наступает значительно ранее, чем предельное состояние элемента, то возможно, что в предельном состоянии колонны напряжение в арматуре не доходит до предела текучести.

Можно принять, в первом приближении, максимальный эффект повышения сопротивляемости бетона в предельном состоянии колонны, являющийся следствием наличия продольных стержней с обыкновенными хомутами, равным  $R - R_{\text{приз}}$ .

Практически работу хомутов следует учитывать исходя из следующих положений:

а) в колоннах из бетона марки выше некоторого фиксированного  $R_1$  предельное состояние наступает тогда, когда напряжение в продольной арматуре становится равным пределу текучести, а в бетоне достигает призмочной прочности. При этом  $R_1$  определяется из условия одновременного наступления напряжений: в арматуре равно пределу текучести и призмочной прочности в бетоне.

б) в колоннах при применении бетона марки ниже чем  $R_2$  предельное состояние наступает тогда, когда напряжение в бетоне рав-

но кубиковой прочности, а в арматуре доходит до предела текучести. При этом  $R_2$  определяется из условия одновременного наступления напряжений: равной кубиковой прочности в бетоне, а в металле—предела текучести.

в) в колоннах из бетона марки от  $R_2$  до  $R_1$  можно считать, что предельное состояние наступает тогда, когда напряжение в бетоне достигает расчетного предельного  $R_{расч}$ , определяемого по прямой интерполяции между  $R$  и  $R_{приз}$ , а в продольной арматуре—до предела текучести. При этом расчетная предельная прочность в промежутке марок  $R_2$  и  $R_1$  меняется прямолинейно от  $R$  для марки  $R_2$  до  $R_{приз}$ , для марки  $R_1$

$$\left[ \text{то есть } R_{расч} = R_{приз} + \frac{R - R_{приз}}{R_1 - R_2} (R_1 - R) \right].$$

Эффективность хомутов в повышении сопротивляемости бетона зависит также от величины эксцентриситета действующих сил. С увеличением эксцентриситета эффективность уменьшается и при эксцентриситетах, близких к  $2/3a$  ( $a$ —расстояние от оси до наиболее удаленной точки сечения в сторону эксцентриситета) равна нулю.

В практических расчетах, когда сила находится в пределах ядра бетонного сечения, эффективность хомутов можно принять независящим от величины эксцентриситета.

$$\text{при } \sigma_r = 2500 \text{ кг/см}^2, E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2, R_{приз} = \frac{1300 + R}{1450 + 3R} R,$$

$$E_{бет} = \frac{1000000}{1,7 + \frac{300}{R}} \text{ и } E_{бет. пр}^{срел} = 0,4 E_{бет},$$

получается

$$R_1 = 208 \approx 200 \text{ кг/см}^2, \text{ а } R_2 = 104 \approx 110 \text{ кг/см}^2.$$

Следовательно, при расчете железобетонных колонн на воздействие сжимающих усилий, действующих внутри ядра сечения, в предельном состоянии следует принимать:

а) при марках бетона менее 110 напряжение в бетоне—равное кубиковой прочности, в арматуре—предела текучести;

б) при марках бетона выше 200 напряжение в бетоне—равное призмной прочности, в арматуре—предела текучести;

в) при марках бетона от 110 до 200 в арматуре напряжение принимается равным предела текучести, а в бетоне—

$$R_{расч} = R_{приз} + \frac{R - R_{приз}}{90} (200 - R).$$

В таблице 1 приведены результаты опытов ЦНИПС<sup>1</sup>, произведенных с целью распространения гипотезы о постоянстве моментов (при малых эксцентриситетах) разрушающей силы относительно менее сжатого края сечения, а также на железобетонные колонны. В опытах

Таблица 1

Величины  $\rho_b \cdot e_0 = \frac{P_b}{F_b \cdot R_{\text{приз}} \cdot d} \cdot \frac{d - a + e_0}{d}$ , определенные из результатов испытания железобетонных колонн и бетонных призм с малыми эксцентриситетами.

№№ п/п	Бетонные призмы				Железобетонные колонны				Примечание	
	№ образцов	R в кг/см <sup>2</sup>	e <sub>0</sub> в см	ρ <sub>b</sub> · e <sub>0</sub>	№ образ.	R в кг/см <sup>2</sup>	e <sub>0</sub> в см	ρ <sub>b</sub> · e <sub>0</sub>		
1	546'	82	3,45	0,416	535	82	3,7	0,421	В образцах №№ 534, 535 и 536 арматура поставлена только в менее сжатой зоне, без хомутов.	
2	545'	81	3,62	0,420	—	—	—	—		
3	501'	99	3,37	0,396	536	99	3,6	0,367		
4	522'	96	4,50	0,408	—	—	—	—		
5	520'	108	4,05	0,385	534	108	3,2	0,375		
6	519'	107	3,57	0,348	—	—	—	—		
7	506'	106	4,0	0,352	—	—	—	—		
8	534'	108	2,0	0,451	—	—	—	—		
Среднее				0,397					0,389	
9	533'	93	2,0	0,360	533	93	6,4	0,439	Марка бетона меньше 100	
10	528	138	2,12	0,388	528	138	6,5	0,441	Марка бетона от 123 до 160	
11	516	132	4,55	0,420	527	123	6,3	0,403		
12	B'	155	3,81	0,376	431	160	6,5	0,444		
13	B' <sub>2</sub>	155	3,90	0,416	444	150	6,9	0,495		
14	B' <sub>3</sub>	155	4,0	0,382	—	—	—	—		
Среднее				0,396					0,446	
15					411	215	6,5	0,405	Марка бетона больше 200	
16					418	210	6,5	0,457		
17					403	366	6,5	0,446		
18					406	300	6,5	0,364		
Среднее									0,418	

были измерены относительные деформации продольных стержней, что дало возможность вычислить нагрузку, которую берет на себя в предельном состоянии бетонное сечение колонны.

Данные таблицы 2, где сопоставлены теоретические предельные прочности бетона в зависимости от его марки с опытными, по-видимому, подтверждают правильность изложенных выше предположений.

В свете изложенного становится ясным, почему в нормах проектирования ж. б. констр. 1934 г., основанных на опытах с колоннами из бетонов низких марок, прочность бетона в колоннах при-

<sup>1</sup> М. С. Боршанский—Исследование работы внецентрично сжатых железобетонных элементов. „Проект и стандарт“, № 6, 1936 г.

ията равной кубиковой прочности, а в новых нормах, основанных на опытах с колоннами на бетонах более высоких марок как предельное принята призмевая прочность, что, конечно, не полностью учитывает несущую способность бетонного сечения в колоннах из бетонов марки ниже 200.

Таблица 2

Опытные и теоретические предельные прочности бетона в железобетонной колонне в зависимости от марки бетона

Описание элемента	Напряжение в бетоне в предельном состоянии колонны		Расхождение теоретических предельных прочностей от опытных в %	
	Опытное	Теоретическое		
Колонна с арматурой в растянутой зоне, без хомутов, на бетоне марки меньше 110	$\frac{0,289}{0,397} = 0,98 R_{приз}$	$R_{приз}$	- 2,0	
Колонна с хомутами	На бетоне марки менее 100 (-93)	$\frac{0,439}{0,360} = 1,22 R_{приз}$	$1,25 R_{приз}$	- 2,5
	На бетоне марки в среднем 150 (130-160)	$\frac{0,446}{0,396} = 1,12 R_{приз}$	$1,15 R_{приз}$	- 2,6
	На бетоне марки выше 200 (210-366)	$\frac{0,418}{0,40} = 1,04 R_{приз}$	$R_{приз}$	+ 4,0

Институт Сооружений и Строительных Материалов Академии Наук Армянской ССР.

### 1. Փ. Սեդրակյան

## ԵՐԿԱՔԲԵՏՈՆԵ ԱՅՈՒՆԵՐՈՒՄ ԽԱՍՈՒՅՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԱՍԻՆ

### Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Երկաթբետոնե սյուներիում խամութներն ապահովում են երկայնական արժատարաշի և բեռների նամատեղ աշխատանքը և երկայնական ձգվելի նեո միասին բեռների նամար ստեղծում են արտաքին պատյան, որը խանգարելով բեռների ընդլայնական զեֆորմացիաներին, մեծացնում է բեռների սանձանային դիմադրությունը սյան մեջ:

Հարվածում ցույց է արված, որ խամութների զերը սյան մեջ բեռների դիմադրողականությունը մեծացնելու գործում կարված է նաև սյան վրա գործող արտաքին ուժերի ադակենտրոն լինելուց: Որքան մեծ է արտաքին ուժի էքսցենտրիսիտետը, այնքան փոքր է խամութների ներկայությունը պատճառով ստացվող էֆեկտը:

Գործնականում երբ ուժը դործում է կտրվածքի միջուկի սահմաններում, խամութների ներկայության պատճառով ստացվող էֆեկտը կարելի է ընդունել հաստատուն:

Ի նկատի ունենալով խամութների ներկայությունը և սյան բետոնի ու արմատուրայի առաձգական հատկությունները, ցույց են տրված, որ սյան համար սահմանային վիճակ է ստեղծվում՝

ա) եթե սյան բետոնը «110» մարկայից ցածր է, լարվածությունը բետոնում հասել է խորանարդի ամբությանը, իսկ արմատուրայում՝ հոսունության սահմանին:

բ) երբ բետոնը «200» մարկայից բարձր է, լարվածությունը բետոնում հասել է պրիզմային ամբությանը, իսկ արմատուրայում՝ հոսունության սահմանին:

գ) երբ բետոնը «110»—«200» մարկայի է, արմատուրայում լարվածությունը հասել է հոսունության սահմանին, իսկ բետոնում՝

$$R_{\text{բետ}} = R_{\text{պրիզ}} + \frac{R - R_{\text{պրիզ}}}{90} (200 - R).$$

2-րդ աղյուսակում համեմատված են վերը նշված ձևով ստացված սահմանային ամբությունները՝ կախված բետոնի մարկայից, փորձից ստացված ամբությունների հետ (ըստ ЦНИПС-ի փորձերի): Աղյուսակի տվյալները ցույց են տալիս, որ շեղումները 40/0-ից չեն անցնում: