

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. Б. ПИРАДОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ СПИРАЛЬНО-АРМИРОВАННЫХ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ГИБКИХ КОЛОНН

Вопрос продольного изгиба спирально армированных гибких колонн изучен недостаточно. В Центральной лаборатории заводской технологии НИИЖБ под руководством проф. В. В. Михайлова, автором статьи были проведены исследования с целью выяснения эффективности продольного предварительного напряжения на устойчивость колонны и влияния поперечного спирального армирования при больших гибкостях колонн. Исследования проводились на круглых колоннах диаметром 20 см и длиной 500 см. Колонны собирались из трех спирально армированных элементов, которые стягивались между собой четырьмя пучками 12Ø5 с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} = 170 \text{ кг/мм}^2$. В трех колоннах пучки напрягались предварительно на величину $0,65 \sigma_{\text{в}} = 110 \text{ кг/мм}^2$, а в двух—только стягивались для возможности транспортировки и установки колонны в пресс.

Изготовление колонн осуществлялось следующим образом. Отдельные бетонные цилиндры длиной примерно 170 см бетонировались в металлической опалубке. Для укладки арматурных пучков при бетонировании создавались 4 канала диаметром 35 мм при помощи металлических труб, смазанных маслом и уложенных в специальные шаблоны.

После бетонирования через каждые 5—10 мин трубы прокручивались и по прошествии 1,5 часа после бетонирования вынимались. Укладка бетона сопровождалась интенсивным вибрированием тремя прикрепленными к опалубке вибраторами. На следующий день цилиндр распалубливался и укладывался во влажные опилки. После 28 дней хранения цилиндр обматывался спиралью из высокопрочной проволоки 4 мм $\sigma_{\text{в}} = 160 \text{ кг/мм}^2$, с шагом $S = 12 \text{ мм}$. Предварительное напряжение проволоки составило $0,65 \sigma_{\text{в}} = 104 \text{ кг/мм}^2$. Обмотанные образцы укладывались по три в ряд на стенде для последующей сборки. В оставленные отверстия временно пропускались монтажные стержни $d = 24 \text{ мм}$ с нарезкой на концах. Стыки элементов омоноличивались эпоксидным клеем. Специальные плиты для заанкеривания всех четырех пучков также были приклеены клеем. Состав клея в весовых частях: эпоксидная смола (ЭД-5 или ЭД-6)—100; полиэфир МГФ-9—20; кубовой остаток (отвердитель)—25; цемент (наполнитель)—200. После смазки клеем приклеиваемых поверхностей колонна стягивалась

уложенными в каналы стержнями при помощи гаек. Полимеризация клея длилась 48 часов, после чего стержни удалялись из каналов. В каналы омоноличенной таким образом колонны были пропущены пучки, каждый из 12×5 мм. Расположение проволок в канале фиксировалось шаблонами, установленными с обоих торцов. Предварительное напряжение арматурных пучков осуществлялось домкратами двойного действия, установленными по одному с обоих торцов.

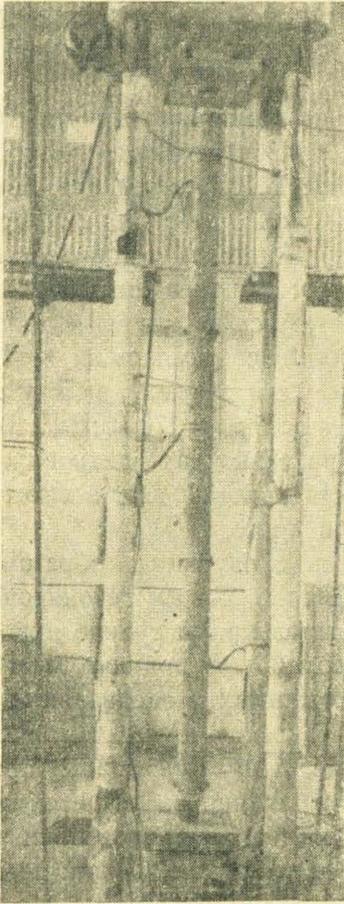


Рис. 1. Спирально армированная колонна с установленными приборами.

Для создания сцепления арматуры с бетоном в каналы был инъецирован раствор. Инъекция производилась ручным насосом по рекомендациям разработанным в НИИЖБе. Состав нагнетаемого раствора: цемент—100 кг; песок—50 кг; вода—40 кг. Водоцементное отношение $V/C=0,4$.

Испытание колонн производилось, после 20 дневного их хранения, на гидропрессе ИПС—1000. Передача нагрузки осуществлялась через шаровые шарниры. Для приближения работы колонны к действительным условиям, передача нагрузки осуществлялась с эксцентриситетом, равным 2 см и только одна колонна с продольным предварительным напряжением для сравнения была испытана на центрально приложенную нагрузку.

Нагрузка поднималась сначала ступенями по 10 т до 40 т, а затем ступенями по 5 т с выдержкой на каждом этапе по 20 мин. До и после выдержки производился замер показаний по всем установленным приборам. При нагрузке, близкой к разрушающей, что фиксировалось заметным нарастанием прогиба по показаниям индикаторов, дальнейшее нагружение прекращалось, и под постоянной нагрузкой образец выдерживался 16–20 часов. Постоянное значение нагрузки поддерживалось непрерывным подкачиванием масла в пресс.

Продольные деформации колонн замерялись индикаторами с ценой деления 0,01 мм на базе 570 мм, в середине каждого элемента, в четырех точках. В местах замера продольных деформаций были приклеены тензодатчики для одновременного замера поперечных деформаций.

ций. Выгиб колонны измерялся прогибомерами с ценой деления 0,1 мм. в пяти точках по высоте колонны: у опор, в третьях и в середине. Общий вид колонны с установленными приборами показан на рис. 1.

Результаты испытания приведены в табл. 1.

При испытании колонн не было обнаружено внезапной потери устойчивости. Все колонны выгибались постепенно и при достижении предельной нагрузки наблюдалось резкое нарастание прогибов при постоянной и даже уменьшающейся нагрузке. Разрушение наступало после появления трещин в бетоне на растянутой стороне колонн. Спираль при этом не разрывалась.

Из рассмотрения графика зависимости выгибов колонн от величины продольной нагрузки (рис. 2) видно, что колонны с предвари-

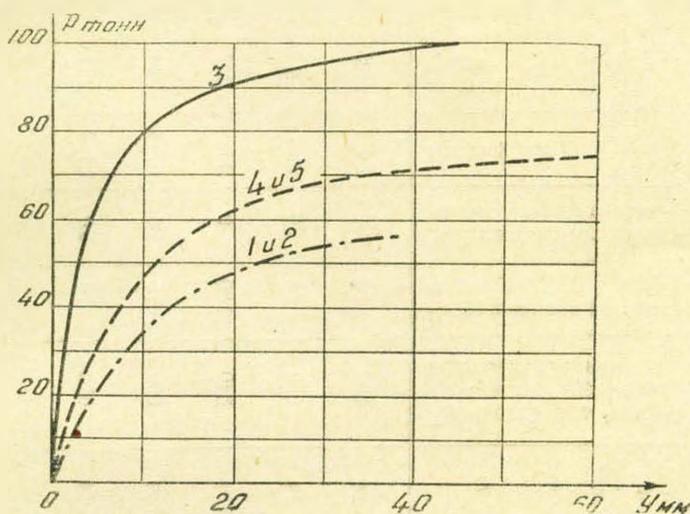


Рис. 2. Средние показатели прогибов колонн в зависимости от прикладываемой нагрузки. 1 и 2—внецентренно нагруженная двухосно предварительно напряженная колонна; 3—центрально нагруженная трехосно предварительно напряженная колонна; 4 и 5—внецентренно нагруженная трехосно предварительно напряженная колонна.

тельно напряженной продольной арматурой способны воспринимать большую нагрузку при большем выгибе, чем колонны без продольного предварительного напряжения. График подтверждает большую жесткость предварительно напряженных колонн по сравнению с ненапряженными при эксплуатационных нагрузках. Нарастание продольных деформаций по сжатой и растянутой граням в зависимости от величины действующей нагрузки для всех колонн приведено на рис. 3. Как видно из графика, относительные деформации по сжатой грани у колонн 1, 2 и 4, 5 одинаковы и равны $\epsilon = 230 \cdot 10^{-5}$, а у колонн 4 и 5 $\epsilon = 90 \cdot 10^{-5}$. Это говорит о том, что предельное состояние трещинообразования у ненапряженных колонн достигается раньше, следствием чего является меньшая несущая способность. В центрально нагруженной колонне 3

Таблица результатов испытания спирально армированных колонн

№ колонн	Геометрические размеры колонн		Поперечное армирование $\varnothing 4$ мм $\sigma_b = 160$ кг/мм ²		Продольное армирование $\varnothing 5$ мм $\sigma_b = 170$ кг/мм ²		Прочность бетонного кубика $10 \times 10 \times 10$ см в день испытания	Разрушающая нагрузка т	Эксцентриситет приложения нагрузки мм	Прогиб мм	Деформации $\cdot 10^{+5}$				Вырезанные короткие образцы		Коэффициент продольного изгиба φ из опыта
	диаметр см	длина см	$\mu_{сп} \%$ $F_{сп} \text{ см}^2$	σ_0 кг/мм ²	$\mu_{пр} \%$ $F_{пр} \text{ см}^2$	N т					продольные		поперечные		длина см	разрушающая нагрузка т	
											сжатая грань	растянутая грань	сжатая грань	растянутая грань			
1	20	515	$\frac{2,2}{6,6}$	104	$\frac{3}{9,42}$	14	692	53	20	34,7	225	-110			121	450	0,11
2	20	485	$\frac{2,2}{6,6}$	104	$\frac{3}{9,42}$	14	850	68	20	40	248	-133			121	490	0,138
3	20	485	$\frac{2,2}{6,6}$	104	$\frac{3}{9,42}$	104	640	100	0	44	347	-80	-33	4	118	443	0,232
4	20	515	$\frac{2,2}{6,6}$	104	$\frac{3}{9,42}$	104	600	75	20	67,4	248	-83			118	420	0,178
5	20	485	$\frac{2,2}{6,6}$	104	$\frac{3}{9,42}$	104	619	75	20	61,4	231	-96	-24	20	117	462	0,162

несущая способность оказалась выше на 25% по сравнению с эксцентрично нагруженными колоннами.

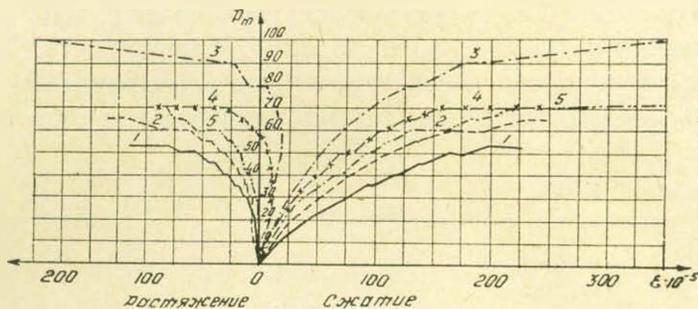


Рис. 3. График продольных деформаций спирально армированных колонн в зависимости от величины прикладываемой нагрузки.

Колонна 2 выдержала сравнительно большую нагрузку, чем колонна 1, так как бетон колонны 2 имел прочность при сжатии 850 кг/см², а колонны 1—700 кг/см².

Из торцов разрушенных колонн вырезались короткие элементы и испытывались с тем же эксцентриситетом приложения нагрузки, как и в колоннах, откуда они были вырезаны. По результатам этих испытаний, приведенных в таблице, вычислялись соответствующие значения φ . Как и следовало ожидать, продольное предварительное напряжение колонн увеличивает значение φ .

Необходимо отметить, что поперечное армирование гибких колонн предварительно напряженной спиралью не влияло на несущую способность колонн. Разрушение колонны происходило при деформативности и прочности характерной для обычных колонн. Спираль является поперечной арматурой и наиболее активно участвует в восприятии нагрузки при больших напряжениях бетона. В гибких же внецентренно сжатых колоннах, ввиду раннего выпучивания разрушение происходило при значительно меньших напряжениях бетона. По всей вероятности, с уменьшением гибкости колонн спиральная арматура в большей мере будет влиять на несущую способность колонны и достигнет полного своего значения при величине $\frac{L}{D} \leq 10$. Поэтому, при

гибкости имевшей место в нашем случае $\left(\frac{L}{D} = \frac{500}{20} = 25\right)$ колонна должна рассчитываться как обычная железобетонная, без учета влияния спирали на несущую способность. В этом случае при расчете указанных колонн по формулам СНиП II—В. 1—62 их несущая способность с заменой R_{np} на R_{np}^n составит:

Для предварительно напряженных колонн

$$N_n = \varphi (R_{np} \cdot F_b + \sigma_c^1 \cdot F_n) = 0,615 [0,420 \cdot 3,14 + 2(3,6 - 10,4) \cdot 4,7] = 35,7 \text{ т.}$$

Для колонн без предварительного напряжения

$$N_n = \varphi (R_{np} F_b + R_a^n F_a) = 0,615 (0,420 \cdot 3,14 + 3,6 \cdot 2 \cdot 4,7) = 102 \text{ т.}$$

Как видно из сопоставления полученных расчетных величин с фактическими они не соответствуют друг другу. Данные, полученные по формулам СНиП для предварительно напряженных колонн являются заниженными и требуют пересмотра. По формуле СНиП получается, что предварительное напряжение отрицательно влияет на несущую способность колонны, тогда как опытами выявлена его положительная роль.

Армянский НИИ
строительных материалов и сооружений

Поступило 19.1.1963

Ա. Բ. ՊԻՐԱԴՈՎ

ՊԱՐՈՒՅՐԱՅԻՆ ԱՄՐԱՆԱՎՈՐՄԱՄԲ ՆԱԽԱՂԱՐՎԱՅ ԺԿՈՒՆ ՍՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԿՄԱՆ ԱՐԿՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա. մ փ ո փ ո Վ մ

Պարուլրալին ամրանավորմամբ ճկուն սյուների երկաշնական ծուծան հարցը անբավարար է ուսումնասիրված: Սյուների երկաթի առանցքալին և եռառանցքալին նախապես լարված գեպքերի համար փորձնական տվյալներ բացակայում են:

Հոդվածի հեղինակի կողմից փորձեր են դրված 20 սմ արամագիծ ունեցող 500 սմ երկարությամբ սյուների վրա: Սյուները հավաքված են եղել պարուլրալին ամրանավորմամբ էլեմենտներից, որոնք միմյանց վրա են ձգվում 12 ՕՅ մմ մետաղալարի չորս փնջերի օղնուկով (Յ_Բ = 17000 կգ/սմ²): Էլեմենտների միջև առաջացող կարանները լցվում են էպոկսիդալին հիմքի վրա պատրաստված մածուկով: Նման եղանակով պատրաստված երեք սյուներում մետաղալարի փնջերը նախապես լարված են եղել 0,65 Յ_Բ չափով, որը նրանց մեջ առաջացնում է 11000 կգ/սմ² լարվածություն: Փորձարկող երկուսը սյուներում մետաղալարի փնջերը ձգված են եղել աջնքան, որ դրանք հնարավոր լինի տեղափոխել և տեղադրել ճնշիչի տակ:

Փորձարկման արդյունքները ցույց են տվել, որ սյուների եռառանցք նախալարման գեպքում վերջիններիս կրողականությունը ավելանում է 25—30%—ով: Մեծ ճկունություն ունեցող պարուլրալին ամրանավորմամբ սյուների գեպքում պարուլրի կիրառությունը սյան կրողականության բարձրացման գործում էֆեկտիվ չէ և նրա հաշվարկի մեջ չպետք է ալն հաշվի առնել:

Սյան փորձարկման արդյունքները նախնական են և կարիք ունեն հետազոտական: