

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. О. СААКЯН, Р. А. КОТИКЯН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГИБОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
 ЯДЕР ЖЕСТКОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ
 РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В БЕТОНЕ

В современном строительстве здания и сооружения, возводимые методом подъема перекрытий, получили широкое распространение в сейсмических районах страны [1]. Несущая конструкция таких зданий комплектуется из двух систем — каркаса, воспринимающего, в основном, вертикальные нагрузки, и железобетонных ядер жесткости, воспринимающих поперечные нагрузки.

Напряженно-деформативное состояние ядра жесткости оказывает существенное влияние на эксплуатационные характеристики здания в целом, но этот вопрос до настоящего времени остается недостаточно изученным.

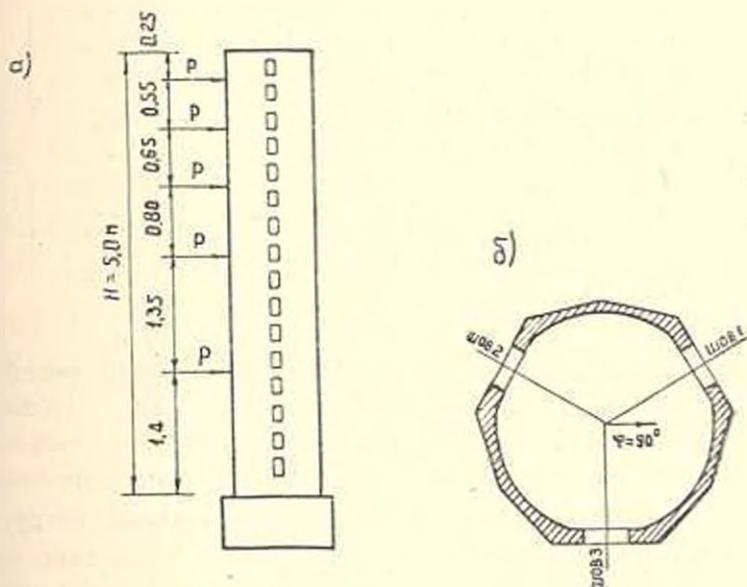


Рис. 1. а) Схема нагружения, б) направления действия внешней поперечной нагрузки.

В статье приводятся результаты исследования прогибов моделей монолитных железобетонных ядер жесткости многоэтажных

зданий по высоте ствола при ступенчато возрастающем их нагружении вплоть до стадии разрушения. Объектом исследований являлось пространственное железобетонное ядро жесткости 16-этажного жилого дома с тремя проемами на каждом этаже. Характерной особенностью проектов таких зданий является форма унифицированного ядра жесткости (рис. 1) с наружным контуром в виде правильного многоугольника. Экспериментальные исследования проводились на 10 крупномасштабных железобетонных моделях ядер жесткости (М 1:10), осуществленных с использованием принципа простого механического подобия [2], позволяющего при статическом нагружении обеспечить совпадение напряжений и деформаций в сходных точках оригинала и модели. При моделировании поперечная нагрузка представлена в виде сосредоточенных сил, приложенных в центрах тяжести равновеликих по площади фигур, на которые была разбита площадь треугольной эяюры. В табл. 1 приводятся основные прочностные и деформативные характеристики бетона и арматуры, примененные в моделях.

Таблица 1

Марка модели	Кубиковая прочность бетона R_b , МПа	Начальный модуль упругости бетона E_b , МПа	Процент армирования			
			Простенков		Перекрышек	
			продольной арматурой	поперечной арматурой	продольной арматурой	поперечной арматурой
I-1к	26,5	1,98	1,6	0,28	1,9	0,078
I-2к	23,5	2,28	1,6	9,28	1,9	0,78
I-3к}	31,9	2,4	1,6	0,28	1,9	0,78
I-5п	27,3	1,91	1,6	0,28	2	0,7
II-2	33,9	2,26	1,6	—	—	—
III-1п	38,2	3,19	1,6	—	2	0,7
III-2к	37,9	2,86	1,6	0,13	1,9	0,78
IV-2к	49,9	3,33	1,6	0,4	1,9	0,7
V-1п	27,1	2,22	1,6	0,4	2	0,7
V-2к	19,7	1,71	1,6	0,4	1,9	0,78

На рис. 2 представлены экспериментальные величины прогибов моделей ядер жесткости 16-этажного жилого дома на разных уровнях по их высоте, в зависимости от внешней поперечной нагрузки. Анализ экспериментальных данных показывает, что до начала трещинообразования при $q \leq q_{т1} = 0,25 - 0,3$ ($q_{т1}$ — интенсивность треугольной нагрузки, при которой в модели возникают первые трещины) пластические деформации бетона малы, а между силой и деформацией ($q/q_{т1} = Y$) наблюдается зависимость, близкая к линейной. С дальнейшим увеличением горизонтальной нагрузки зона трещинообразования по высоте ствола моделей увеличивается, появляются новые трещины и увеличивается шири-

на раскрытия старых трещин, что приводит к интенсивному росту прогибов.

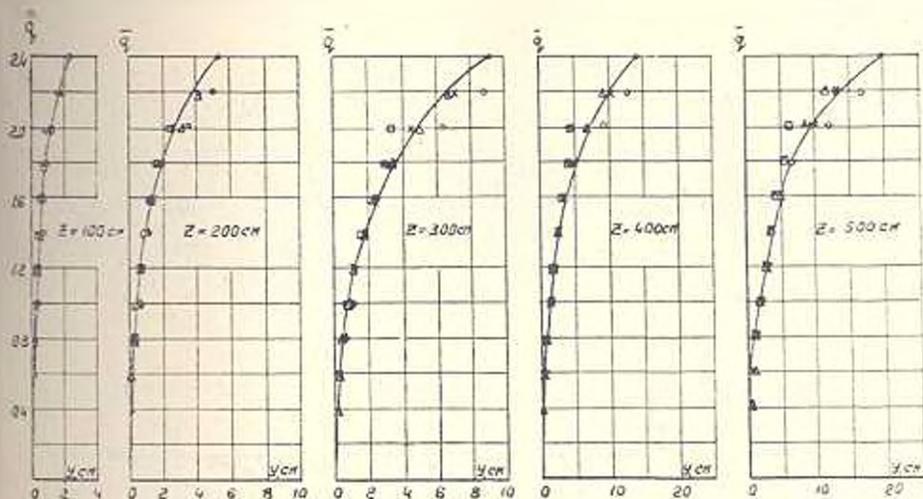


Рис. 2. Прогибы железобетонных моделей. х — модель 1—1к ($\varphi=0^\circ$), \odot — модель 1—2к ($\varphi=180^\circ$), Δ — модель 1—3к ($\varphi=90^\circ$), \square — модель II—2, (кольцевое сечение). — — расчетная кривая согласно (1) и (3).

Анализ экспериментальных данных, подвергнутых статистической обработке, показал, что прогибы железобетонного ядра жесткости на разных высотах от места заделки под действием горизонтальной нагрузки можно представить в виде:

$$Y = (\bar{q}, z) = Y_1 + \alpha(\bar{q})z + \beta(\bar{q})z^2, \quad (1)$$

где Y_1 — прогиб ствола ядра жесткости, вычисленный в предположении упругой работы; второе и третье слагаемые в правой части выражения (1) — прогибы ствола ядра жесткости, обусловленные упруго-пластической деформацией конструкции; $\alpha(\bar{q})$ и $\beta(\bar{q})$ — некоторые параметры; $\bar{q} = q/q_p$ — интенсивность горизонтальной нагрузки в долях от расчетной; z — текущая координата, считая от заделки ствола, см. Параметры $\alpha(\bar{q})$ и $\beta(\bar{q})$ зависят от горизонтальной нагрузки и должны обладать таким свойством, чтобы при

$$\bar{q} \leq q_{тр}, \Rightarrow \alpha = \beta = 0. \quad (2)$$

Для моделей ядра жесткости и зависимости от внешней горизонтальной нагрузки и высоты ствола были получены следующие значения параметров:

$$\begin{cases} \alpha(\bar{q}) = (e^{1,0(\bar{q}-q_{тр})} - 1) \cdot 10^{-5}; \\ \beta(\bar{q}) = 3,08 (e^{1,1(\bar{q}-q_{тр})} - 1) \cdot 10^{-6}. \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 3 штриховыми линиями показаны экспериментальные значения углов поворотов сечений моделей ядра жесткости серии 1—1к (табл. 1) в зависимости от величины внешней горизонтальной нагрузки, а сплошными линиями — кривые по формуле:

$$\theta = \frac{\partial Y(\bar{q}, z)}{\partial z} = \theta_{\text{упр}} + \alpha(\bar{q}) + 2\beta(\bar{q}) \cdot z. \quad (4)$$

Как видно из приведенных графиков, кривая (4) с достаточной точностью описывает экспериментальные значения углов поворота сечений моделей ядра жесткости в зависимости от внешней горизонтальной нагрузки и высоты ствола. Аналогичные данные были получены и для других моделей.

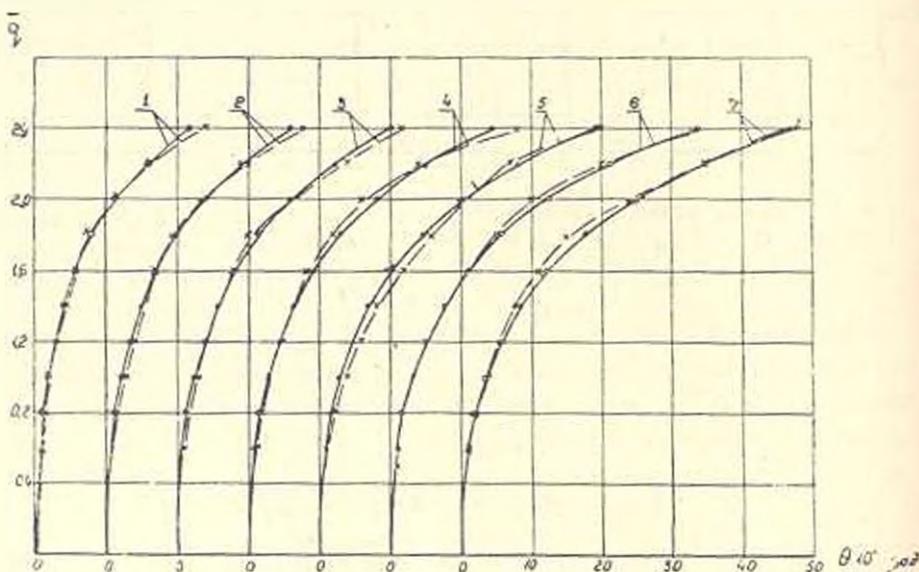


Рис. 3. Углы поворота нормальных сечений модели 1—1к в зависимости от уровня нагружения. 1 — $z=50$ см, 2 — $z=100$ см, 3 — $z=150$ см, 4 — $z=200$ см, 5 — $z=250$ см, 6 — $z=300$ см, 7 — $z=350$ см. x — экспериментальные данные, o — расчетная кривая.

На основании результатов испытаний десяти моделей ядра жесткости, у которых соотношение жесткостей перемычек и простенков $\beta_0 > 15$ [1], было установлено, что параметры $\alpha(\bar{q})$ и $\beta(\bar{q})$ с достаточной для практических расчетов точностью можно представить в виде

$$\begin{cases} \alpha(\bar{q}) = (e^{\beta_0 (\bar{q} - z_{\text{тр}})} - 1) \cdot 10^{-3}; \\ \beta(\bar{q}) = \frac{10^{-3}}{H - z_{\text{тр}}} \cdot \alpha(\bar{q}), \end{cases} \quad (5)$$

где β_0 — коэффициент продольного армирования простенков ядра жесткости и заделки; H — высота ствола ядра жесткости; $H - z_{\text{тр}}$ — зона трещины, считая от заделки ствола ядра жесткости в фундамент.

Анализ экспериментальных данных показал [3] (рис. 4), что $\alpha(\bar{q})$ можно представить в виде:

$$\alpha(\bar{q}) = \frac{a_{\text{тр}}(\bar{q})}{l_{\text{тр}}}, \quad (6)$$

где $a_{\text{тр}}(\bar{q})$ — максимальная ширина нормальных к продольной оси ствола трещин при данном уровне нагрузки; $l_{\text{тр}}$ — средний шаг, нормальных к продольной оси ствола трещин.

Установлено также, что при значении $q/q_{\text{тр}} \geq 1,0-1,2$ вплоть до разрушения ядра жесткости $l_{\text{тр}}$ практически не меняется.

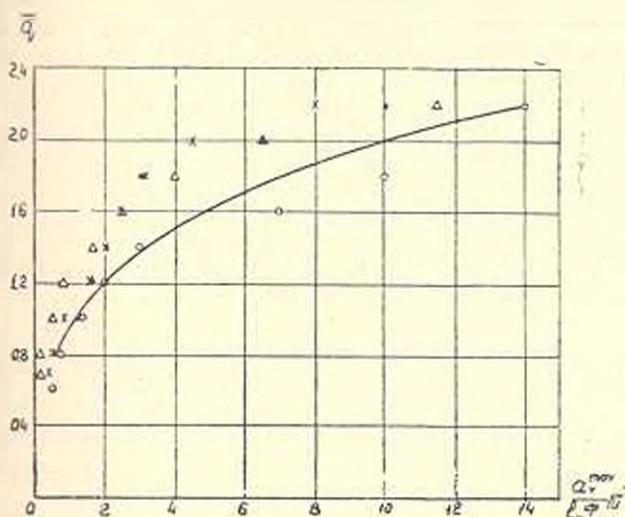


Рис. 4. Коэффициент $\alpha(q)$ в зависимости от уровня нагружения. ● — модель 1—1к, Δ — модель 1=2к, x — модель 1—3к, \odot — модель V—1б, — — расчетная кривая.

По результатам исследования рекомендуется прогибы железобетонных ядер жесткости многоэтажных зданий на сейсмическое воздействие с учетом развития трещин в бетоне определять по формуле (1) с учетом выражения (5).

ВНЭЖТИ

8. V11 1984

Ա. Հ. ՄԱՀԱԿՅԱՆ, Ռ. Ս. ԿՈՏԻԿՅԱՆ

ՐԱԶՄԱՀԱՐԿ ՇԵՆՔԵՐԻ ԵՐԿԱԹԵՐԵՏՈՆՅԱՆ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ
ՃԿՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱ ԲԵՏՈՆՈՒՄ
ԶԱՐԳԱՅՈՂ ՃԱՔԵՐԻ ՀԱՇՎԱՌՄԱՒԵՐ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատանքը նվիրված է բազմահարկ շենքերի երկաթբետոնյա կոշտու-
թյան միջուկների ճկվածքների հետազոտությանը, աստիճանաբար աճող բե-
նափորման զեպրում: Փորձարկվել է և 10 խոշոր մասշտաբային մոդելներ:

Հետազոտման արդյունքների հիման վրա առաջարկվում է բանաձև երկաթ-բետոնյա կոշտության միջուկների սեյսմիկ ազդեցություններից առաջացած ճկվածքների որոշման համար, երբ միջուկները աշխատում են ճաքերի առկայության դեպքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Саакян А. О., Саакян Р. О., Шахназарян С. Х. Возведение зданий и сооружений методом подтема.— М.: Стройиздат, 1982.— 552 с.
2. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел (о теории моделирования).— Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1965.— 348 с.
3. Саакян А. О., Газарян Ю. А., Котикян Р. А. Особенности образования и раскрытия трещин в монолитных железобетонных ядрах жесткости с проемами при действии горизонтальных нагрузок.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1983, т. XXXVI, № 4, с. 34—39.