ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտություններ, հատոր XXXVI, № 4, 1983 Серия технических наук

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А. О. СААКЯН, Ю. Х. ГАЗАРЯН, Р. А. КОТИКЯН

ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН В МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЯДРАХ ЖЕСТКОСТИ С ПРОЕМАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

В индустриальном строительстве многоэтажных каркасных зданий преимущественное применение получают железобетонные ядра жесткости с проемами. Расчет таких сложных пространственных конструкций с учетом трещинообразования представляет большой практический и теоретический интерес.

Настоящая работа посвящена исследованию трещинообразования вышеуказанных конструкций на примере железобетонных ядер жесткости 16-этажных зданий. Экспериментальными исследованиями предусматривалось изучение на крупномасштабных железобетонных моделях влияние ориентации проемов по отношению к силовой плоскости внешней горизонтальной нагрузки (рис. 1) на трещинообразование исследуемых конструкций. Программой работ предусматривались также сравнительные испытания моделей кольцевого сечения без проемов.

Модель ядра жесткости состоит из ствола с регулярно расположенными по высоте проемами и фундамента, а ствол представляет собой тонкостенную полую конструкцию постоянного замкнутого поперечного сечения. Толщина стенки эталонных моделей кольцевого сечения без проемов и диаметр срединной поверхности ствола кольцевого сечения назначались из условия сохранения одинаковых площадей и моментов инерций сечений моделей с проемами и без них. Размеры фундамента модели определяли из условия обеспечения в него жесткой заделки ствола.

Модели были выполнены с учетом геометрического подобия (в масштабе 1/10 [1, 2]) и сохранения материалов оригинала (бетон тяжелый М250, арматура из стали класса А-III). Соотношение жесткостей простенков и перемычек оригинала, характеризуемое при изгибе ствола безразмерным параметром β, удовлетворяет условию $\beta \geqslant 14$ [1].

Модели железобетонного ядра жесткости были испытаны в трех направлениях действия внешней поперечной нагрузки: перпендикулярно плоскости проемов, которые оказываются в наиболее сжатой ($\varphi=0°$) и растянутой ($\varphi = 180°$) зонах ствола; параллельно плоскости тех же

проемов ($\varphi = 90°$). Поперечная нагрузка принималась изменяющейся по высоте модели по треугольному закону, которая в опытах с помощью системы полиспастов заменена эквивалентными ей сосредоточенными силами (рис. 1).

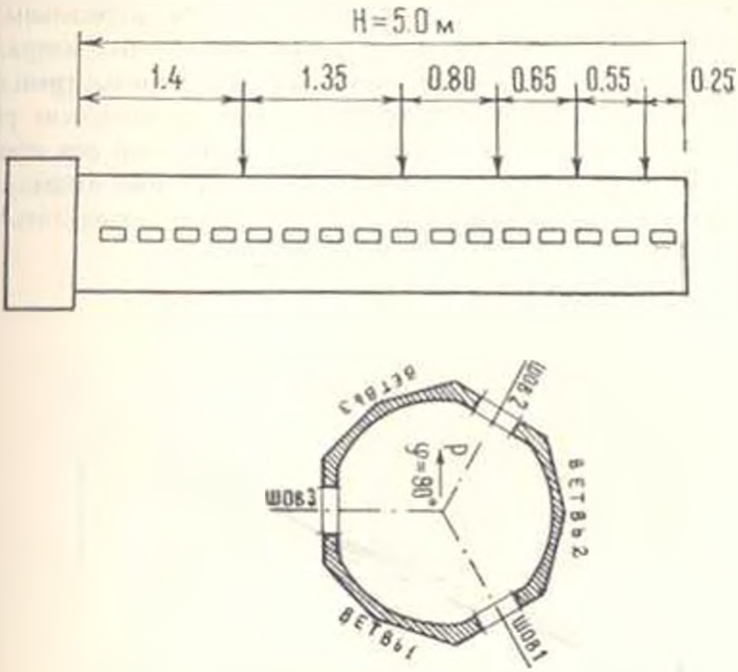

Рис. 1. Схема нагружения железобетонных моделей.

На первом этапе модели нагружали ступенями, равными 0,05 $q_{разр}$ ($q_{разр}$ — ожидаемая разрушающая нагрузка), а на втором — (после трещинообразования) — 0,1 $q_{разр}$ и доводились до разрушения.

На рис. 2 приведены зависимости ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси ствола моделей, от растягивающих деформаций крайнего растянутого арматурного стержня в сечении, которые получены в результате статистической обработки экспериментальных данных и представлены в виде линейных корреляционных уравнений:

$$a_T^{норм} = a + b\varepsilon_a, \tag{1}$$

где значения параметров a и b представлены в табл.

Таблица

Номер модели	Направление испытания φ, *град*	a, *мм*	b, *мм*
1—1к	0	0,01	100
1—3к	90	0,01	50
1—2к	180	−0,01	80
Без проемов	—	−0,03	100

На рис. 2 для сопоставления приведена зависимость $a_T - \varepsilon_a$, полученная согласно СНиП П-21-75 [3]. Как видно, линии $a_T - \varepsilon_a$, полученные для моделей, испытанных при различных направлениях действия внешней поперечной нагрузки, достаточно близко сходятся друг с другом. При этом среднее значение ширины трещин нормальных к продольной оси ствола моделей, испытанных в различных направлениях, мало отличаются от соответствующих величин ширины трещин моделей кольцевого сечения. Следовательно, при практических расчетах ширина раскрытия трещин, нормальных к продольной оси ствола железобетонных ядер жесткости с проемами, независимо от направления действия внешней горизонтальной нагрузки, можно определить по формуле:

$$a_T = -0{,}01 + 90\varepsilon_a. \qquad (2)$$

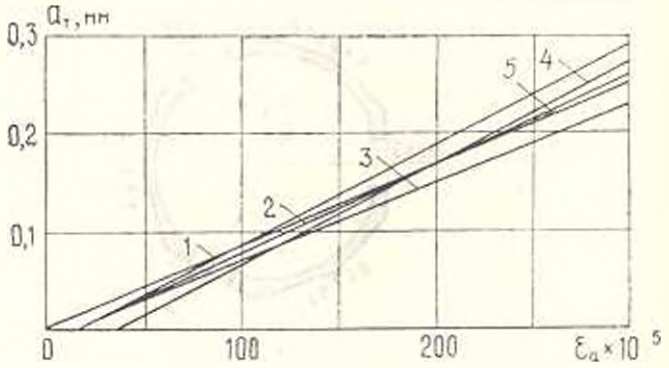

Рис. 2. Зависимость ширины трещин, нормальных к продольной оси ствола моделей от растягивающих деформаций: 1 — $\varphi = 0$; 2 — $\varphi = 90°$; 3 — $\varphi = 180°$; 4 — кольцо без проемов; 5 — согласно СНиП II-21-75.

Ширина раскрытия трещин, нормальных к продольной оси ствола для образцов кольцевого сечения с процентом армирования $\mu_a = (0{,}8—1{,}6)\%$ практически совпадает с результатами расчета, выполненного в соответствии с СНиП II-21-75. Аналогичное уравнение, полученное в [4] для изгибаемых и внецентренно сжатых образцов кольцевого сечения, армированных стержнями $d = 12$-15-К-Т и $\mu_a = (1{,}2—4)\%$, имеет вид:

$$a_T = -0{,}0481 + 98{,}5\varepsilon_a. \qquad (3)$$

Там же отмечается, что для исследованных железобетонных конструкций при малых процентах армирования $\mu_a = (1.2—1.5)\%$ средняя ширина раскрытия трещин, рассчитанная по уравнению (3), меньше расчетной, вычисленной согласно СНиП II-21-75, в среднем, на 15%. В нашем случае это расхождение не превышает 5—10%.

Можно заключить, что расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси ствола железобетонных ядер жесткости с проемами, для которых безразмерный параметр равен $\beta \geqslant 14$, можно произ-

вести согласно СНиП II-21-75, рассматривая их как конструкцию с эквивалентным кольцевым сечением.

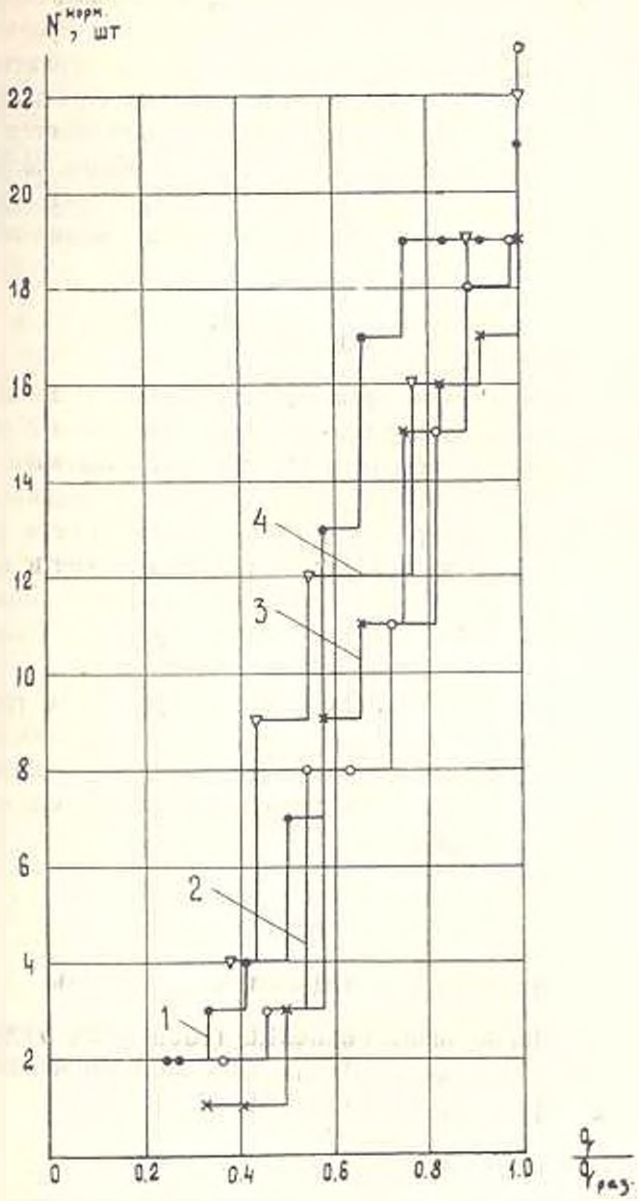

Рис. 3. Зависимость числа горизонтальных трещин в стволе от уровня нагружения: 1 — $\varphi = 0°$; 2 — $\varphi = 180°$; 3 — $\gamma = 90°$; 4 — кольцо без проемов.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что при уровнях нагружения, не превышающих расчетную $\varepsilon_a \leqslant 200 \cdot 10^{-5}$, раскрытие косых трещин в углах проемов (с шириной не более 0,2 мм), практически мало влияет на напряженное состояние простенков ствола, в том числе и на ширину раскрытия в них горизонтальных трещин.

Определенный интерес представляет исследование зависимости общего числа образовавшихся в стволе трещин, нормальных к его продольной оси, а также косых трещин в углах проемов от уровня нагружения (рис. 3). Приведенные на рис. 3 данные показывают, что зависимости $N_{норм} = q/q_{раз}$ для моделей ядра жесткости с проемами, испытанных в разных направлениях, имеют идентичный характер. (Аналогичные зависимости получены и для косых трещин.) При этом зона трещин в стволе моделей по мере их нагружения увеличивается и в стадии разрушения охватывает до 0,7 высоты ствола, а общее количество косых и нормальных трещин в этой стадии у всех трех моделей с проемами, а также у модели эквивалентного кольцевого сечения имеют близкие значения.

Выводы

1. Характер образования трещин, нормальных к продольной оси ствола, в исследуемых железобетонных ядрах жесткости с проемами и эквивалентным кольцевым сечением без проемов идентичен, а ширина раскрытия трещин в этих конструкциях практически одинакова.

2. Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси ствола, исследуемых железобетонных ядер жесткости с проемами $\beta \geqslant 14$ при действии расчетной сейсмической нагрузки, можно произвести согласно СНиП II-21-75, рассматривая их как конструкцию с эквивалентным кольцевым сечением.

3. В стадии разрушения конструкций общее число трещин, нормальных к продольной оси ствола, и косых трещин в углах проемов не зависит от направления действия внешней поперечной нагрузки. При этом число трещин, нормальных к продольной оси ствола с проемами и без них, практически одинаково.

ВНИЭКТИ

20. VIII. 1982

Ա. Հ. ԱԱՀԱԿՅԱՆ, Յ. Խ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ռ. Ա. ԿՈՏԻԿՅԱՆ

ՄԻԱՁՈՒՅԼ ՈՐՄՆԱՆՑՔՈՎ ԵՐԿԱԹՐԵՏՈՆՅԱՆ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐՈՒՄ ՃԱՔԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ԵՎ ԲԱՑՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀՈՐԻԶՈՆԱԿԱՆ ՈՒԺԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ որմնանցքներով երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների ճաքերի բացվածքների լայնության հաշվարկները կարելի է կատարել ըստ СНиП II-21-75-*ի, դիտարկելով դրանք առանց որմնանցքներով էկվիվալենտ շրջանային կտրվածքով կոնստրուկցիաներ։*

Ջնայած երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների փողերի վրա առաջացած ճաքերի տարբեր օրինաչափություններին, կոնստրուկցիաների քայքայման էտապում ուղղահայաց և որմնանցքերի մոտ առաջացած թեք ճաքերի ընդհա-

նուր քիվը կախված չէ արտաքին լայնական ուժի ուղղությունից, ընդ որում ուղղահայաց ճաքերի քիվը որմնանցքերով և առանց որմնանցքերի կոշտության միջուկների բների վրա գործնականորեն նույնն են։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Саакян А. О., Саакян Р. О., Шахназарян С. Х.* Возведение зданий и сооружений методом подъема.— М.: Стройиздат, 1982.— 552 с.
2. *Саакян А. О., Котикян Р. А.* Ползучесть железобетонных моделей ядер жесткости многоэтажных зданий при действии горизонтальных нагрузок.— Изв. АН АрмССР, Механика, 1982, № 4, с. 53—62.
3. СНиП II-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции.— М.: Стройиздат, 1976.— 56 с.
4. *Баташев В. М.* Прочность, трещиностойкость и деформации железобетонных элементов с многорядным армированием.— Киев: Будивельник, 1978.— 120 с.