

УДК 69.057.45

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Р. А. Котикян

Влияние поперечного армирования на напряженно-деформированное состояние железобетонных ядер жесткости многоэтажных зданий

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Сапонджяном 1/IV 1987)

Одним из перспективных направлений индустриального строительства является возведение многоэтажных зданий с применением ядер жесткости. Пространственная конструкция ядер жесткости обеспечивает прочность, жесткость и устойчивость здания. Определение напряженно-деформированного состояния таких железобетонных конструкций, работающих с трещинами, представляет значительные трудности.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию на крупномасштабных моделях прочности и деформативности железобетонных ядер жесткости 16-этажных зданий в зависимости от насыщения ствола поперечной арматурой. Испытанные модели представляли собой жестко заделанные в фундамент тонкостенные стволы постоянного замкнутого поперечного сечения с регулярно расположенными по высоте дверными проемами. При проектировании моделей принят метод простого механического подобия <sup>(1)</sup> с сохранением материалов оригинала (масштаб моделей — 1/10, тяжелый бетон М—250, 300, арматура из стали класса А—III,  $R_a^u = 360$  МПа).

Исследования проводили на специально спроектированном испытательном стенде <sup>(2)</sup>. Поперечная нагрузка изменялась по высоте ствола по треугольному закону и действовала в направлении, перпендикулярном плоскости одного из проемов (рис. 1). Были испытаны 4

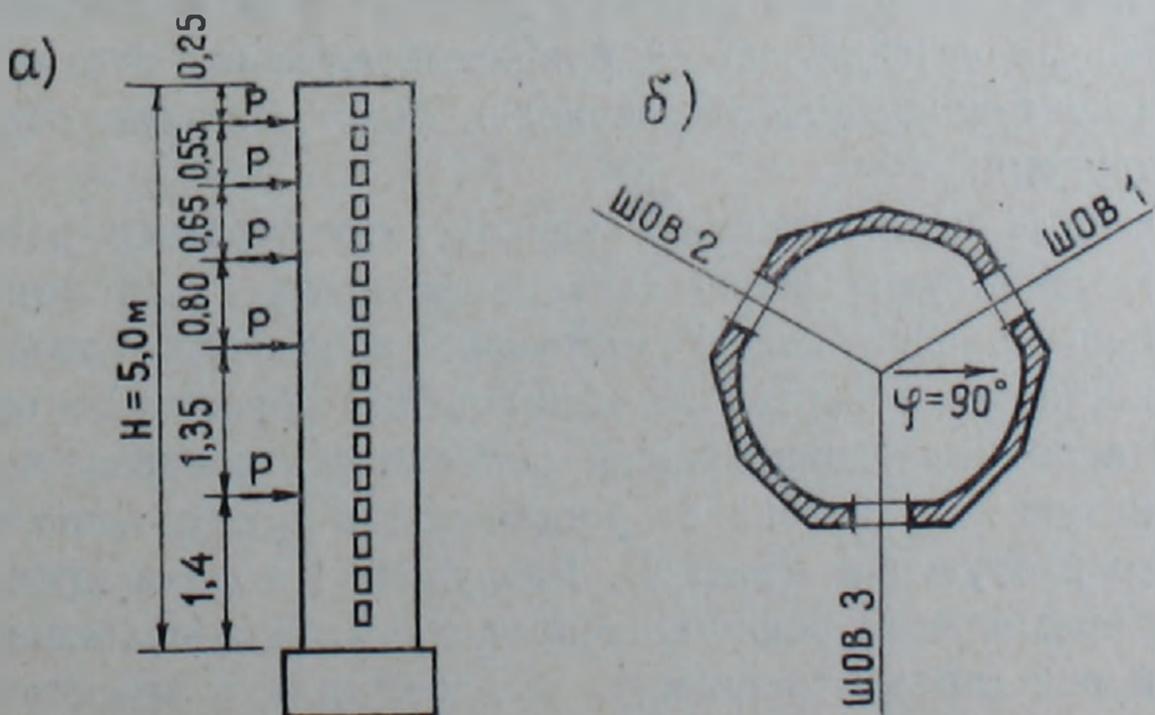


Рис. 1. Схема нагружения модели (а) и направление приложения внешней поперечной нагрузки (б).

модели: модель без поперечного армирования (М—III—Iп); модель, поперечное армирование которой осуществлено согласно требованиям СНиП II—В. 1—62 (М—IV—Iп); модель, поперечное армирование которой осуществлено согласно требованиям СНиП II—21—75 (М—I—5п), и модель, в которой поперечная нагрузка воспринималась только поперечной арматурой (М—V—Iп) без учета бетона. Таким образом, модели отличались друг от друга условным коэффициентом поперечного армирования  $\mu_x$  (таблица). Экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке по методике (1).

Индекс моделей	$\mu_x$ , %	Шаг хому- тов, мм	$q_{раз}$ , кН/м	$R_{пр.}$ , МПа	$E_b \times 10^3$ , МПа
М—III—Iп	0		36	33,1	319
М—IV—Iп	0,13	120	45,6	22,5	257
М—I—5п	0,28	100	48,0	23,2	191
М—V—Iп	0,4	70	48,0	22,5	222

В работе (3) было показано, что поперечное армирование оказывает существенное влияние на ширину раскрытия нормальных к продольной оси ствола трещин. С увеличением условного коэффициента поперечного армирования ширина раскрытия этих трещин уменьшается. При испытании железобетонных моделей ядер жесткости на горизонтальные воздействия выявлено, что в зависимости от степени насыщения ствола поперечной арматурой образуются продольные или слабонаклонные к продольной оси ядра жесткости трещины, отделяющие сжатую зону бетона от растянутой арматуры. Этим в большой мере обусловлено снижение несущей способности изгибаемых железобетонных ядер жесткости.

Количественная оценка условий образования продольных трещин рассмотрена в работе (4). На основании теоретических исследований авторы заключают, что влияние условий образования продольных трещин позволяет по-новому оценить роль поперечного армирования в железобетонных изгибаемых конструкциях.

Как видно из данных таблицы, хомуты не только повышают прочность наклонных сечений, но и препятствуют развитию продольных трещин и в конечном счете обеспечивают более высокую общую прочность конструкций.

Проведенные исследования показали, что характер раскрытия и развития трещины существенно зависит от поперечного армирования. При действии горизонтальной нагрузки в железобетонной модели ядра жесткости без поперечного армирования образуются продольные или слабонаклонные к продольной оси ствола трещины, четко отделяющие сжатую зону бетона от растянутой и существенно влияющие на характер разрушения (рис. 2). Разрушение модели происходило в результате чрезмерного раскрытия продольных или слабонаклонных к продольной оси ствола трещин, т. е. в результате недостаточной сопротивляемости модели поперечной силе (2). Максимальная ширина продольных или слабонаклонных к продольной оси ствола модели

трещин в данном случае на порядок больше, чем максимальная ширина нормальных к продольной оси ствола трещин.

Наличие поперечного армирования существенным образом меняет характер развития трещин в моделях. Хомуты препятствовали разви-

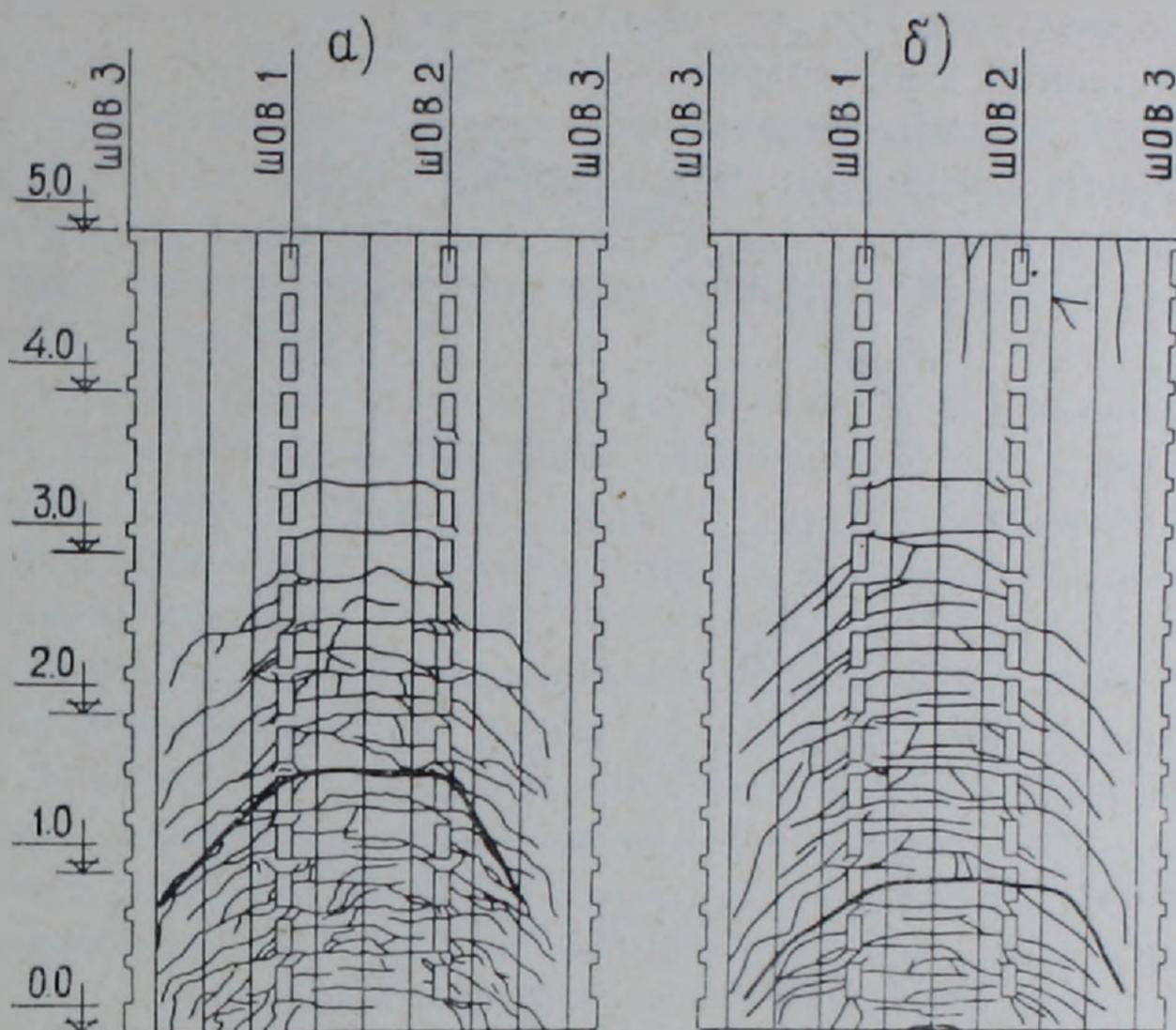


Рис. 2. Развертка железобетонных моделей с проемами с показом трещин в стволе при разрушении. Жирными линиями показаны разрушающие трещины. а—модель М—V—Iп; б—модель М—III—Iп

тию продольных трещин, которые сразу после их появления в пределах шага хомутов превращались в наклонные к продольной оси ствола трещины. Малый процент поперечного армирования ( $\mu_r = 0,13\%$ ) привел к тому, что модель М—IV—Iп не смогла оказать достаточное сопротивление по наклонному сечению. Разрушение модели произошло по наклонным сечениям в результате резкого увеличения ширины наклонных трещин. Несущая способность модели с малонасыщенным поперечным армированием по сравнению с моделью без хомутов увеличилась примерно на 24% (таблица), однако оказалась меньше, чем у модели, поперечное армирование которой осуществлено согласно требованиями СНиП П—21—75.

В моделях серии М—I—5п и М—V—Iп схемы разрушения идентичны (рис. 2). Их разрушение происходило при поперечной нагрузке, превышающей расчетную почти вдвое. При этом разрушение этих моделей происходило в результате недостаточной сопротивляемости нормальных сечений.

Разрушающие трещины в этих моделях располагались более близко к заделке, чем у модели с ослабленными хомутами. Исследования показали также, что чем выше процент поперечного армирования в стволах ядер жесткости с проемами, тем больше число наклонных трещин и меньше их максимальная ширина раскрытия.

На рис. 3,а изображены экспериментальные кривые относительных деформаций наиболее растянутой продольной арматуры железобетонных моделей ядер жесткости в зависимости от внешней горизонтальной нагрузки. Отношения относительных деформаций наиболее растл-

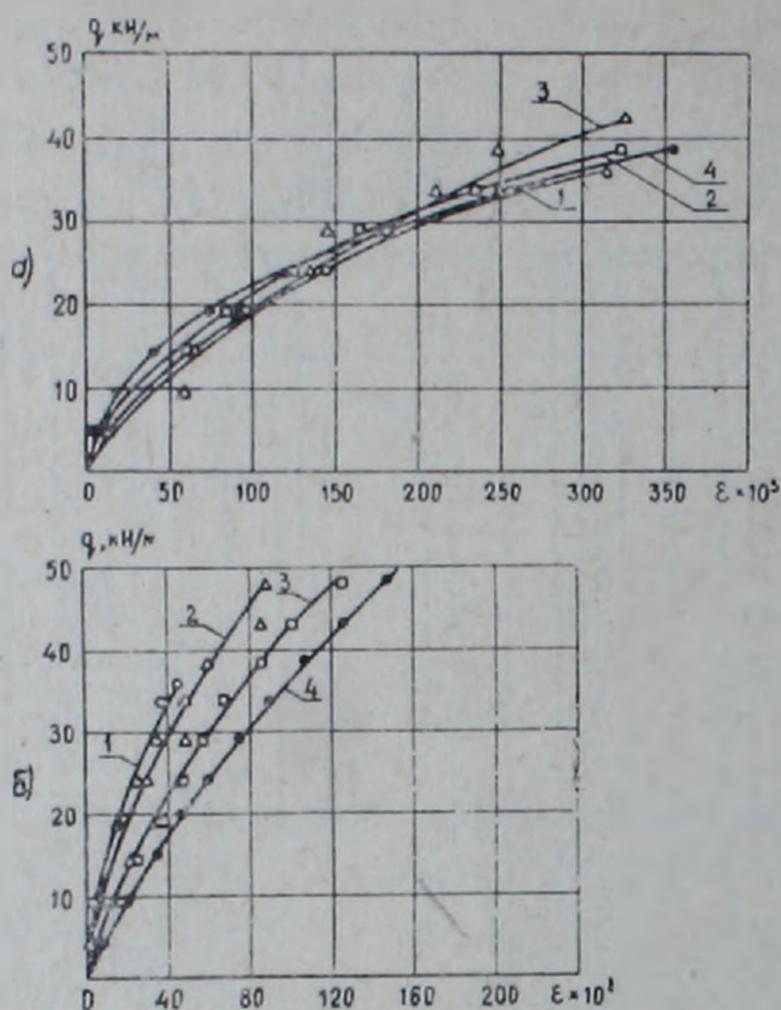


Рис. 3 Зависимости деформаций наиболее растянутой продольной арматуры (а) и крайнего волокна сжатого бетона (б) моделей ядра жесткости от нагрузки на уровне  $z=0,5$  м. 1— $\mu_x=0$ ; 2— $\mu_x=0,13\%$ ; 3— $\mu_x=0,28\%$ ; 4— $\mu_x=0,4\%$

нутой продольной арматуры моделей с  $\mu_x=0, 0,13$  и  $0,28\%$  к продольным деформациям сильнонасыщенной хомутами модели ( $\mu_x=0,4\%$ ) при  $q=20$  кН/м составляют: 1,34; 1,25 и 1,12, а в стадиях, непосредственно предшествующих разрушению моделей, разница между этими отношениями уменьшается. Однако такое явление не оказывает существенного влияния на разрушающую нагрузку тех железобетонных ядер жесткости с проемами, стволы которых содержат поперечную арматуру. Несмотря на то, что наиболее растянутая продольная арматура модели без поперечной арматуры сравнительно быстрее достигает предела текучести, чем арматурные стержни моделей с поперечным армированием, это не может служить критерием исчерпания несущей способности конструкции. Последнее обусловлено свойством многорядного армирования при текучести стержней перераспределять усилия с более нагруженных стержней в менее нагруженные, а хомуты оказывают активное участие в перераспределении напряжений.

Таким образом, можно заключить, что влияние хомутов на напряженно-деформированное состояние продольной арматуры имеет большое теоретическое и практическое применение: при проектировании железобетонных ядер жесткости насыщенностью ствола поперечной арматурой можно регулировать распределение напряжений в нормальных и наклонных сечениях.

На рис. 3,б показаны экспериментальные кривые деформаций сжа-

того бетона испытанных моделей в зависимости от величины внешней горизонтальной нагрузки. Исследования показали, что относительные деформации бетона сжатой зоны в сильнонасыщенной хомутами модели существенно превышают относительные деформации в нормально- и малонасыщенных хомутами моделях. Так, при расчетной нагрузке ( $q=24$  кн/м) отношение деформаций сжатой зоны бетона модели серии М—V—1п к соответствующим деформациям моделей серии М—I—5п и М—IV—1п составляют 1,25 и 2,00. Причем при нагружении моделей вплоть до их разрушения относительные деформации сжатого бетона по мере увеличения внешней горизонтальной нагрузки увеличивались без резких скачков.

Таким образом, с увеличением процента поперечного армирования (при частом расположении наклонных к продольной оси ствола трещин) относительные деформации сжатого бетона железобетонных ядер жесткости с проемами увеличиваются, и тем самым несущая способность сжатой зоны конструкции используется более рационально. При этом предельные деформации сжатого бетона значительно увеличиваются по мере увеличения степени насыщения ствола поперечной арматурой. Аналогичные результаты были получены и при сравнении относительных деформаций сжатой арматуры. Это еще раз подтверждает тот вывод, что сжатая зона в более насыщенной поперечной арматурой железобетонной модели ядра жесткости используется рационально.

Представляет большой практический интерес исследование влияния насыщенности поперечного армирования на прогибы моделей железобетонных ядер жесткости с проемами.

На рис. 4 приведены экспериментальные кривые прогибов по высоте ствола моделей при расчетной нагрузке. Аналогичные кривые были получены и при остальных уровнях внешней горизонтальной

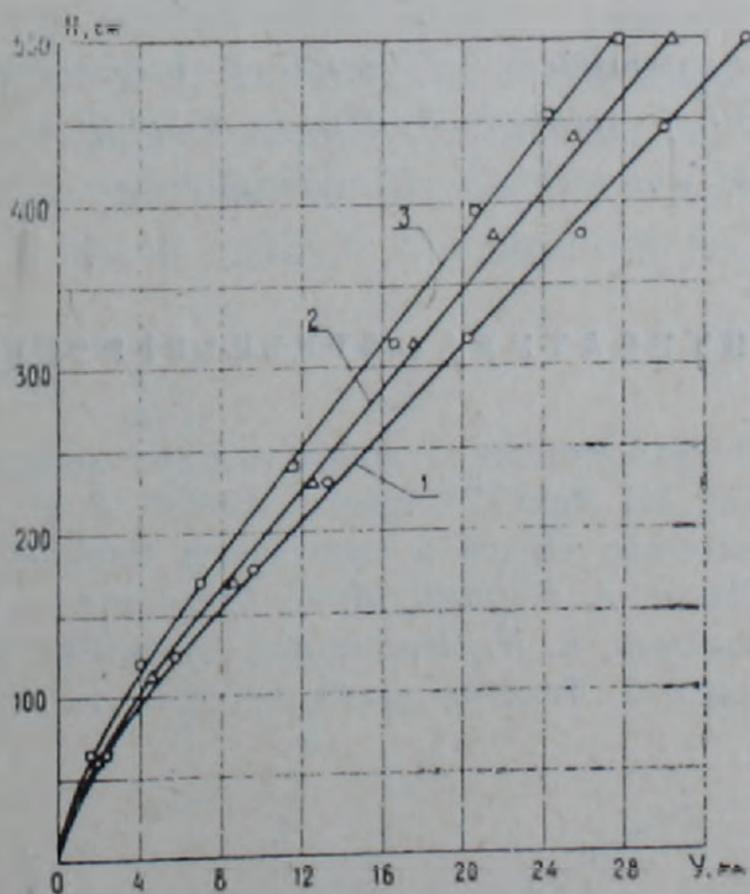


Рис. 4. Прогибы ( $Y$ ) по высоте ствола ( $H$ ) моделей при расчетной нагрузке.  
 1— $\mu_x=0$ ; 2— $\mu_x=0,13\%$ ; 3— $\mu_x=0,28\%$

нагрузки. Как видно из приведенных графиков, с увеличением условного коэффициента поперечного армирования  $\mu_x$  прогибы железобетонных моделей ядер жесткости уменьшаются.

Таким образом, поперечная арматура оказывает существенное влияние на деформации крайней растянутой продольной арматуры, сжатой арматуры, сжатого бетона и на прогибы по высоте ствола. С увеличением процента поперечного армирования деформации крайней растянутой арматуры и прогибы по высоте ствола уменьшаются, а деформации сжатой арматуры и сжатой зоны бетона увеличиваются.

Всесоюзный проектно-экспериментальный  
конструкторский и технологический  
институт

Ի. Ա. ԿՈՏԻԿՅԱՆ

Ընդլայնական ամրանավորման ազդեցությունը  
բազմահարկ շենքերի երկաթբետոնյա կոշտության  
միջուկների լարվածային-դեֆորմացված վիճակի վրա

Աշխատանքը նվիրված է բազմահարկ շենքերի երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների ամրության և դեֆորմատիվության կախման էքսպերիմենտալ հետազոտությանը փողի ընդլայնական ամրանավորման հազեցվածության աստիճանից:

Ստացված է, որ ընդլայնական ամրանը մեծ ազդեցություն է թողնում բազմահարկ շենքերի երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների ամրության և դեֆորմատիվության վրա:

Ընդլայնական ամրանավորման տոկոսի ավելացումից կախված փոքրանում է կոշտության միջուկների ճկվածքները և ձգված ամրանների դեֆորմացիաները, իսկ սեղմված ամրանների և բետոնի դեֆորմացիաները մեծանում են:

Երկաթբետոնյա կոշտության միջուկների նախագծման ժամանակ բնի ընդլայնական ամրանների հազեցվածությամբ կարելի է կարգավորել նորմալ և թեք կտրվածքների լարումների վերաբաշխումը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> А. Г. Назаров, О механическом подобии твердых деформируемых тел (к теории моделирования), Изд. АН АрмССР, Ереван, 1965. <sup>2</sup> А. О. Саакян, Р. О. Саакян, С. Х. Шахназарян, Возведение зданий и сооружений методом подъема, Стройиздат, М., 1982. <sup>3</sup> А. О. Саакян, Р. А. Котикян, А. С. Шахназарян, ДАН АрмССР, т. 79, № 4 (1984). <sup>4</sup> П. И. Васильев, Е. Н. Пересыпкин, Строительство и архитектура, № 9, 1983. <sup>5</sup> А. К. Митропольский, Техника статистического вычисления, Физматгиз, М., 1961,