

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Р. С. МИНАСЯН

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ НАРУЖНЫХ
СТЕН КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Изучение прочности и деформативности наружных стен крупнопанельного здания обусловлено значительными трудностями, преодоление которых требует выполнения комплекса теоретических и экспериментальных работ.

Несмотря на сложность исследуемого вопроса, в практике было предложено несколько удачных решений [1—3], но эти исследования не дали исчерпывающих результатов и при проектировании домов еще часто возникают нерешенные вопросы. Особенно приближенным является изучение напряженно-деформируемого состояния многостолбовых схем наружных стен.

Предлагается метод, который обладает определенной доступностью и точностью для применения в практике проектирования. Изложенный метод основан на идее сведения наружной стены к отдельным самостоятельным многостолбовым диафрагмам. Неразрывность столбов обеспечивается совместной работой столбов диафрагмы и их связей-перемычек.

Для составления расчетной схемы в перемычках на одной вертикали проводятся разрезы, в результате чего образуются отдельные элементы-столбы и перемычки. Взаимное влияние этих элементов имитируется при помощи внутренних сил, возникающих в местах разреза. В расчетной схеме неизвестными силами являются нормальные и сдвигающие усилия в перемычках, находящихся в рядах $i-1$, i и $i+1$. Расчетная схема характеризуется тем, что для определения неизвестных усилий в любом i -ом столбе, кроме своей собственной нагрузки, учитывается и влияние усилий соседних столбов.

Теоретические решения аналогичных задач основаны на теории расчета составных стержней, подробно разработанных в работах [4].

В решаемой задаче в отличие от других методов рассматривается более общий вид связей: непрерывные, нормальные и сдвигающие. При этом отыскание неизвестных усилий усложняется, т. к. кроме неизвестных усилий в связях сдвига $\tau_i(x)$ появляются еще неизвестные усилия в нормальных связях $R_i(x)$. Предлагаемый метод можно использовать также в расчете несущих стен с произвольным номером ряда проемов.

В расчетной схеме (рис.) в качестве внешней нагрузки применяются: вертикальные от собственного веса и горизонтальные, обусловленные действием ветра или сейсмической нагрузкой. Кроме того, в расчетной схеме сосредоточенные связи-перемычки заменяются связями, непрерывно распределенными по высоте здания.

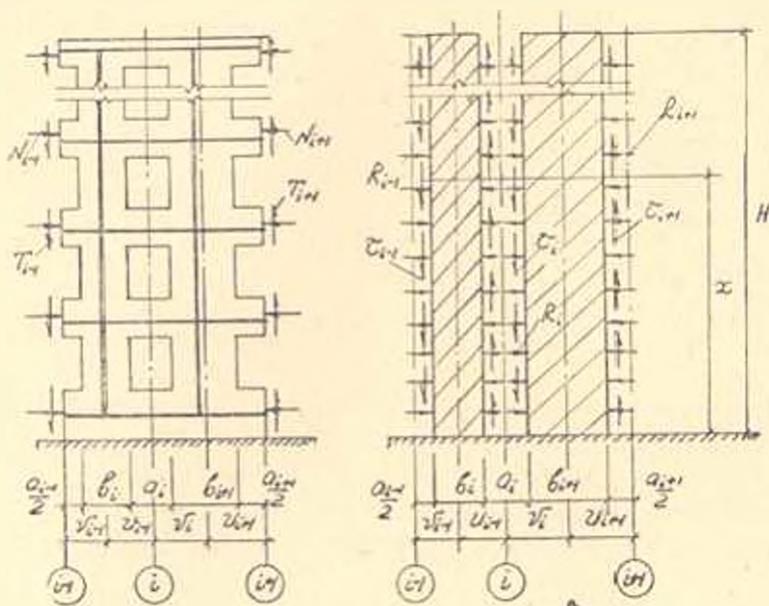


Рис.

Составляя уравнение совместной деформации $(i-1)$, i и $(i+1)$ швов, для связей сдвига и нормальных связей, находим:

$$\begin{aligned}
 & K_{ic} \int \int \int \tau_i(x) dx^2 - \alpha_{i,i} \int \tau_i(x) dx = \alpha_{i-1,i} \int \tau_{i-1}(x) dx + \\
 & + \alpha_{i,i+1} \int \tau_{i+1}(x) dx + \beta_{i,i} \int \int R_i(x) dx^2 + \beta_{i-1,i} \int \int R_{i-1}(x) dx^2 + \\
 & + \beta_{i,i+1} \int \int R_{i+1}(x) dx^2 - \left(\frac{q_i}{B_i} - \frac{q_{i+1}}{B_{i+1}} \right) (H-x); \\
 & -K_{in} R_i(x) + \tau_{i,i} \int \int R_i(x) dx^2 = \tau_{i+1,i} \int \int R_{i+1}(x) dx^2 + \\
 & + \tau_{i-1,i} \int \int R_{i-1}(x) dx^2 + \chi_{i+1,i} \int \tau_{i+1}(x) dx + \\
 & + \chi_{i,i} \int \tau_i(x) dx + \chi_{i-1,i} \int \tau_{i-1}(x) dx,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где K_{ic} , K_{in} — соответственно коэффициенты податливости связей сдвига и нормальных связей;

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{1}{B_i} + \frac{1}{B_{i-1}} + \frac{b_i u_{i-1}}{2D_i} + \frac{b_{i+1} v_i}{2D_{i+1}} \right); \\
\alpha_{i,i+1} &= \left(-\frac{1}{B_{i+1}} + \frac{v_i u_{i+1}}{D_{i+1}} \right); \quad \alpha_{i-1,i} = \left(-\frac{1}{B_i} + \frac{v_{i-1} u_{i-1}}{D_i} \right); \\
\beta_{i,i} &= \left(-\frac{b_i}{2D_i} + \frac{b_{i+1}}{2D_{i+1}} \right); \quad \beta_{i-1,i} = -\frac{b_i}{2D_i}; \\
\beta_{i,i+1} &= -\frac{b_{i+1}}{2D_{i+1}}; \quad \gamma_{i,i} = \left(\frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_{i+1}} \right); \quad \gamma_{i-1,i} = \frac{1}{D_i}; \\
\gamma_{i,i+1} &= \frac{1}{D_{i+1}}; \quad \chi_{i-1,i} = \frac{u_{i-1}}{D_i}; \quad \chi_{i,i} = \frac{u_{i-1}}{D_i} - \frac{v_i}{D_{i+1}}; \\
\chi_{i,i+1} &= \frac{v_i}{D_{i+1}};
\end{aligned} \tag{2}$$

B , D_i — соответственно жесткости при растяжении (сжатии) и изгибе i -го столба.

Совместное решение этих двух неоднородных дифференциально-интегральных уравнений дает искомые решения $\tau_i(x)$, $R_i(x)$. Учитывая трудоемкость и сложность решения системы, предполагаются некоторые допущения, которые существенно упрощают решение и одновременно обеспечивают требуемую точность задачи. Так, например, члены $\alpha_{i-1,i} \iint \tau_{i-1}(x) dx^2$ и $\alpha_{i,i+1} \iint \tau_{i+1}(x) dx^2$ представляют влияние относительных перемещений сдвига от сдвигающих усилий в соседних $(i-1)$ и $(i+1)$ на рассматриваемое сечение i и с достаточной точностью это действие можно заменить величиной перемещений сдвига, обусловленной прогибом всего здания

$$(u_{i-1} + v_i) \left| \frac{M(x)}{\sum D} + K' \frac{q(x)}{\sum B_c} \right|, \tag{3}$$

где $\sum D$, $\sum B_c$ — суммарные жесткости соответственно при изгибе и сдвиге столбов.

Кроме того, $\beta_{i-1,i} \iint R_{i-1}(x) dx^2$ и $\beta_{i,i+1} \iint R_{i+1}(x) dx^2$ малые величины высшего порядка относительно других членов уравнения и практически ими можно пренебречь. Учитывая достаточную жесткость здания, приближенно принимаем:

$$\begin{aligned}
\gamma_{i,i-1} \iint R_{i-1}(x) dx^2 + \gamma_{i,i+1} \iint R_{i+1}(x) dx^2 &\simeq \\
&\simeq 2 \left| \frac{M(x)}{\sum D} + K' \frac{q(x)}{\sum B_c} \right|.
\end{aligned} \tag{4}$$

а

$$\gamma_{i-1,i} \int \tau_{i-1}(x) dx + \gamma_{i,i} \int \tau_i(x) dx + \gamma_{i,i+1} \int \tau_{i+1}(x) dx \approx 0.$$

Принимая вышеуказанное допущение и обращая внимание на $M'(x) = -R(x)$ и $T'(x) = \tau(x)$, систему (1) можно преобразовать в виде:

$$K_{ic} T_i'(x) - \alpha_{i,i} T_i(x) = \left[\frac{M(x)}{\sum D} + K' \frac{q(x)}{\sum B_c} \right] (\alpha_{i-1} + \nu_i) + \beta_{i,i} M_i(x) + \left(\frac{\gamma_{i-1}}{B_{i-1}} - \frac{\gamma_i}{B_i} \right) (H-x); \quad (5)$$

$$K_{in} M_i''(x) + \gamma_{i,i} M_i(x) = 2 \left[\frac{M(x)}{\sum D} + K' \frac{q(x)}{\sum B_c} \right].$$

При любой распределенной внешней нагрузке, интенсивность которой определяется полиномом не выше третьей степени

$$q(x) = a + bx + cx^2 + dx^3,$$

решение системы дифференциальных уравнений можно представить в виде:

$$M_i(x) = \frac{2}{\gamma_{i,i} \sum D} \left[M(x) - \frac{Q(0)}{\alpha} e^{-\alpha x} \frac{\sin \alpha(H-x)}{\sin \alpha H + \cos \alpha H} + K' \frac{q(x)}{\sum B_c} \sum D \right]; \quad (6)$$

$$R_i(x) = -\frac{2}{\gamma_{i,i} \sum D} \left[q(x) - \alpha Q(0) e^{-\alpha x} \frac{\cos \alpha(H-x)}{\sin \alpha H + \cos \alpha H} + K' \frac{q''(x)}{\sum B_c} \sum D \right]; \quad (7)$$

$$T_i(x) = \frac{q(x)(\alpha_{i-1} + \nu_i)}{\alpha_{i,i} \omega^2 \sum D} \left[\omega H e^{-\omega x} - \omega^2 \frac{(H-x)^2}{2} \right] + \left(1 + K' \omega^2 \frac{\sum D}{\sum B_c} \right) \left(\frac{\operatorname{ch} \omega x}{\operatorname{ch} \omega H} - 1 \right); \quad (8)$$

$$\tau_i(x) = -\frac{q(x)(\alpha_{i-1} + \nu_i)}{\alpha_{i,i} \omega \sum D} \left[\omega H (e^{-\omega x} - 1) + \omega x \right] + \left(1 + K' \omega^2 \frac{\sum D}{\sum B_c} \right) \frac{\operatorname{sh} \omega x}{\operatorname{ch} \omega H}; \quad (9)$$

где

$$\omega = \sqrt{\frac{\alpha_{i,i}}{K_{ic}}}; \quad \alpha = \sqrt[4]{\frac{\gamma_{i,i}}{4K_{in}}}.$$

Зная условия в нормальных и сдвигающих связях, можно установить напряженно-деформируемое состояние наружных стен крупнопанельного здания.

Независимо от количества столбов, определение усилия в связях может быть легко доведено до конца без использования каких-либо специальных таблиц или графиков, а результаты расчета могут быть непосредственно проверены.

Если учесть невысокую точность исходных данных (в частности, комбинации величин расчетных усилий, упругих характеристик материалов наружных стен и т. д.), то пренебрежение малыми величинами и выраженных дифференциальных уравнений всегда оправдывается, оно значительно упрощает решение задачи и незначительно влияет на величину окончательных результатов. Предлагаемые формулы (6), (7), (8) и (9) были использованы при проектировании крупнопанельных зданий серии 129, разработанной Армгоспроектом.

АрмСХН

2. XII 1985

Ի. Ս. ՄԻՆԱՅԱՆ

ԽՈՇՈՐԱՊԱՆԵԼ ԶԵՆՔԵՐԻ ԱՐՏԱՔԻՆ ՊԱՏԵՐԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ
ԵՎ ԻՆՅՈՐՄԱՑԻՈՆ ՎԻՃԱԿԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Խոշորապանելի շենքերի արտաքին պատերի լարվածային և դեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրման նպատակով առաջարկվում է մի նոր եղանակ, որը համեմատաբար պարզ է և նախազգծման աշխատանքներում օգտագործելու համար ունի բավարար ճշտություն: Եղանակը հիմնված է արտաքին պատերը բազմասյուն, ինքնուրույն պատերի վերածման գաղափարի վրա:

Սյուների համատեղ տեղափոխությունը ապահովվում է բաշխված նորմալ և սահքի կապերի միջոցով, հնդրի լուծումը հիմնված է կազմովի հեծանների տեսության վրա, որն օգտագործվում է հաշվի առնելով խոշորապանելի շենքերի աշխատանքի յուրահատկությունը: Սյան կապերում ներքին ուժերի որոշելու համար ստացված են հարմար բանաձևեր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дроздов И. Ф., Себикин И. М. Проектирование крупнопанельных зданий.— М. ВЛС Строительство, 1967.— 491 с.
2. Косицын Б. А. Статические расчеты крупнопанельных и каркасных зданий.— М. Стройиздат, 1971.— 232 с.
3. Batas J. Szabo. Theoretical and Experimental Analysis of Bearing Walls Weakened by Rows of Holes.— Bratislava, 1965.— 68p.
4. Ржаницын А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций.— Стройиздат, 1948.— 191 с.