

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Р. С. МИНАСЯН

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕСУЩИХ СТЕН И ОСНОВАНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ

Выявление действительного напряженно-деформированного состояния несущих стен крупнопанельного здания в основном зависит от взаимной работы несущей стены с основанием.

Предлагается достаточно точный и доступный метод определения реактивных усилий вдоль поверхности основания стены, которыми выражается взаимная работа стены и основания. В качестве исходного положения допускаем, что основным критерием совпадения действительного распределения усилий на основание стен фундамента с соответствующими теоретическими решениями является отсутствие больших пластических деформаций в зоне подошвы в пределах эксплуатационных нагрузок. Изложенный метод расчета полностью сохраняет предпосылки теории упругости, но одновременно свободен от громоздких вычислений, свойственных всем методам теории упругости. Приняты следующие дополнительные допущения, касающиеся расчетной схемы грунтового основания здания.

1. Здание поддерживается линейно-деформируемым бесконечным полупространством. Применение этой гипотезы оправдывается в данном случае тем, что нагрузки на фундамент обычно невелики и при обжатии и сдвиге основания фундамент работает как линейно-деформируемое простирающееся тело.

2. В вертикальном и горизонтальном направлениях грунт основания считается однородным.

Расчетная схема взаимодействия стены и основания приведена на рис. а.

Учитывая значительную жесткость здания и трение основания фундамента с грунтом, контактное условие принимается в виде:

$$V_0(x)|_{z=0} = K_0 x + K_1, \quad U_0(x)|_{z=0} = \text{const}, \quad (1)$$

где K_1 — поступательное перемещение основания вдоль оси oz ; K_0 — тангенс угла поворота здания относительно поверхности основания; $V_0(x)$ и $U_0(x)$ — соответственно вертикальное и горизонтальное перемещения поверхности основания, которые определяются из известных

выражений теории упругости для упругого полупространства [1]. В безразмерных координатах они соответственно имеют вид:

$$\begin{aligned}
 V_0(\xi) = & -\frac{1+\nu_0}{\pi E_0} a \int_{-1}^{+1} R(\bar{\xi}) [2(1-\nu_0) \ln |\xi - \bar{\xi}| + 1] d\bar{\xi} + \\
 & + \frac{(1+\nu_0)(1-2\nu_0)}{2E_0} a \left[\int_{-1}^{\xi} q(\bar{\xi}) d\bar{\xi} - \int_{\xi}^{+1} q(\bar{\xi}) d\bar{\xi} \right] d\xi + b_1; \\
 U_0(\xi) = & -\frac{(1+\nu_0)(1-2\nu_0)}{2E_0} a \left[\int_{-1}^{\xi} R(\bar{\xi}) d\bar{\xi} - \int_{\xi}^{+1} R(\bar{\xi}) d\bar{\xi} - \right. \\
 & \left. - \frac{1+\nu_0}{\pi E_0} a \int_{-1}^{+1} q(\bar{\xi}) [2(1-\nu_0) \ln |\xi - \bar{\xi}| + 1] d\bar{\xi} - b_2 \xi + b_3, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где $\xi = \frac{x}{a}$; $\bar{\xi} = \frac{t}{a}$; b_1 , b_2 и b_3 — временно неизвестные постоянные, определяющие из граничных условий задачи; $R(\xi)$ и $q(\xi)$ — соответственно нормальные и сдвигающие условия, которые в качестве исходных функций удобно представить в виде бесконечных четных и нечетных степенных рядов [2]:

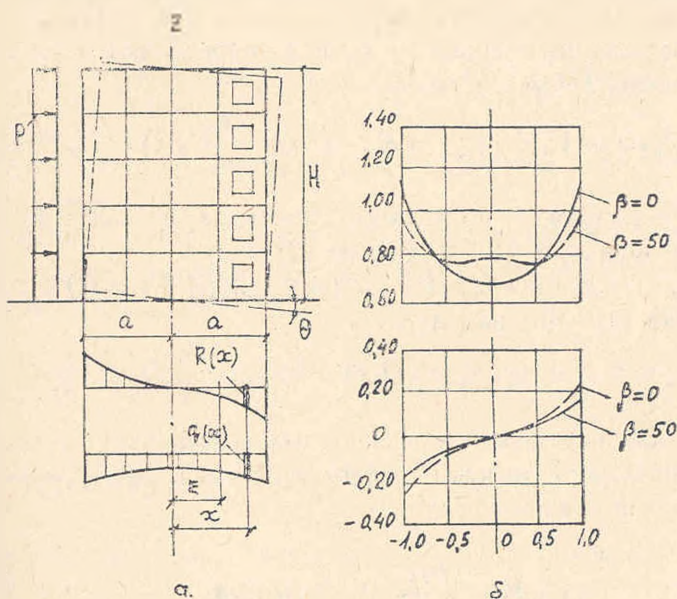


Рис.

$$q(\xi) = \sum_{n=0}^{\infty} D_{2n} p_{2n}(\xi); \quad R(\xi) = \sum_{n=0}^{\infty} c_{2n+1} p_{2n+1}(\xi), \quad (3)$$

где $p_{2n}(\xi)$ и $p_{2n+1}(\xi)$ — полиномы Лежандра I рода.

Дальнейшее решение задачи сводится к определению значений коэффициентов полинома Лежандра c_{2n+1} и D_{2n} . Для этого подставляем в уравнение (2) значения $q(\xi)$ и $R(\xi)$ из (3) и, выполняя интегрирование, получаем значения вертикальных $V_0(\xi)$ и горизонтальных $U_0(\xi)$ перемещений через бесконечные степенные ряды:

$$V_0(\xi) = -\frac{2(1-\nu_0^2)}{\pi E_0} a \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} c_{2n+1} \frac{2}{4n+3} [(Q_{2n+2}(\xi) - Q_{2n}(\xi))] \right\} + \\ + \frac{(1+\nu_0)(1-2\nu_0)}{2E_0} a \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} D_{2n} \frac{2}{4n+1} [p_{2n-1}(\xi) - p_{2n+1}(\xi)] \right\} + b_1; \quad (4)$$

$$U_0(\xi) = -\frac{2(1-\nu_0^2)}{\pi E_0} a \left\{ D_0 [(1+\xi) \ln |\xi+1| + (1-\xi) \ln |\xi-1| - 2] + \right. \\ \left. + \sum_{n=0}^{\infty} D_{2n} \frac{2}{4n+1} [Q_{2n+1}(\xi) - Q_{2n-1}(\xi)] \right\} - \\ - \frac{(1+\nu_0)(1-2\nu_0)}{2E_0} a \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} c_{2n+1} \frac{2}{4n+3} [p_{2n+2}(\xi) - p_{2n}(\xi)] \right\} b_2 \xi + b_3,$$

где $p_{2n}(\xi)$ и $Q_{2n}(\xi)$ — соответственно полиномы Лежандра I и II рода.

Для упрощения последующих вычислений задачи можно для практических целей ряды ограничить конечным числом членом, вследствие чего определение искомых коэффициентов c_{2n+1} и D_{2n} сводится к решению соответствующей конечной системы уравнений.

Неизвестные постоянные b_1 , b_2 и b_3 определяются из следующих условий относительных деформаций:

$$\bar{V}_0(\xi) = [V_0(\xi) - V_0(0)]|_{\xi=0} = K_0; \quad \bar{U}_0(\xi) = [U_0(\xi) - U_0(0)]|_{\xi=\pm 1} = 0. \quad (5)$$

Если сохраняем в полиномах Лежандра первые три члена, то неизвестные функции $q(\xi)$ и $R(\xi)$ из (3) будут:

$$q(\xi) = D_0 + D_2 p_2(\xi) + D_4 p_4(\xi); \quad R(\xi) = c_1 p_1(\xi) + c_3 p_3(\xi) + c_5 p_5(\xi). \quad (6)$$

Согласно (4) — (6) находим:

$$b_1 = b_2 = 0; \quad b_3 = 2D_0(1 - \ln 2) + \frac{1}{3} D_2 + \frac{1}{10} D_4. \quad (7)$$

Теперь для определения неизвестных коэффициентов c_1 , c_3 , c_5 , D_0 , D_2 и D_4 необходимо составить шесть уравнений. Два уравнения получаем из условий равновесия статки:

$$\int_{-1}^{+1} q(\xi) d\xi = \frac{PH}{a}; \quad \int_{-1}^{+1} \xi R(\xi) d\xi = \frac{PH^2}{2a^2}. \quad (8)$$

Остальные четыре уравнения можно составить, исходя из требования тождества

$$\bar{V}_0(\xi) = K_0 \xi, \quad \bar{U}_0(\xi) \equiv 0 \quad (9)$$

методом редукции или коллокации. Здесь удобно использовать метод коллокации, для реализации которого уравнения (4) подставляем в условия (9). Причем, полученные равенства удовлетворяют только конечному номеру разъединенных точек « ξ ».

Необходимые вычисления были произведены для вертикальных и горизонтальных точек 0,4 и 0,8. К полученным четырем уравнениям прибавляем еще два уравнения статики (8), которые также будут содержать искомые неизвестные коэффициенты.

Отметим, что в предлагаемой методике определение коэффициентов полинома Лежандра остается еще сложным. Для радикального упрощения определения коэффициентов, при котором не надо составлять и решать систему уравнений, вводим в уравнения системы аппроксимирующие функции и, решив их относительно c_1 , c_3 , c_5 , D_2 и D_4 , получим простые выражения для искомых коэффициентов (с ошибкой менее 1,5%):

$$c_1 = \frac{3,1 + 0,5\beta}{5 + \beta} \alpha \frac{PH}{2a}; \quad c_3 = \frac{4,5 + 0,82\beta}{5 + \beta} \alpha \frac{PH}{2a};$$

$$c_5 = \frac{1,3 + 0,27\beta}{5 + \beta} \alpha \frac{PH}{2a}; \quad D_0 = \frac{PH}{2a}; \quad (10)$$

$$D_2 = \frac{26,5 - \beta}{41,8 + 1,2\beta + 0,03\beta^2} \cdot \frac{PH}{2a}; \quad D_4 = \frac{12,5 + \beta}{41,8 + 1,2\beta + 0,03\beta^2} \cdot \frac{PH}{2a},$$

где

$$\alpha = \frac{\pi(1 - 2\nu_0)}{4(1 - \nu_0)}; \quad \beta = \frac{6\pi(1 - \nu^2)}{1 - \nu_0^2} \left(\frac{E_0}{E} \right) \left(\frac{a}{H} \right)^3;$$

E_0 , ν_0 и E , ν — соответственно упругие характеристики грунта основания и стены здания.

Реактивные усилия $q(\xi)$ и $R(\xi)$ определяются формулами (6). Если подставить значения функции полиномов Лежандра из [3], то окончательный вид формул будет:

$$R(\xi) = c_1\xi + \frac{1}{2} c_3\xi(5\xi^2 - 3) + \frac{1}{8} c_5\xi(63\xi^4 - 70\xi^2 + 15);$$

$$q(\xi) = D_0 + \frac{1}{2} D_2(3\xi^2 - 1) + \frac{1}{8} D_4(35\xi^4 - 30\xi^2 + 3). \quad (11)$$

Эпюры нормальных и сдвигающих усилий приведены на рис. 6.

На основании предложенной методики можно сравнительно точно определить неизвестные контактные усилия между подошвой фундамента и поверхностью грунта, что является важным фактором при установлении напряженно-деформированного состояния несущих стен и их стыков крупнопанельного здания.

Предлагаемые формулы (10) и (11) были использованы при проектировании крупнопанельных зданий серии 129С, разработанной Армгоспроектom.

Арм СХИ

2 . XII. 1985

Ռ. Ս. ՄԻՆՍՅԱՆ

**ԽՈՇՈՐԱՊԱՆԵԼ ՇԵՆՔԵՐԻ ԿՐՈՂ ՊԱՏԵՐԻ ԵՎ ՀԻՄՔԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՀՈՐԻԶՈՆԱԿԱՆ ՈՒԺԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Ս. մ փ ո փ ո լ մ

Իրտարկվում է հիմքի հատակում հակազդող ուժերի մեծությունների որոշումը հորիզոնական ուժերի ազդեցության դեպքում: Շարադրվող մեթոդում պահանջվում են առաձգականության տեսության բոլոր նախադրյալները: Որոշվող նորմալ և սահքի ուժերը վերլուծվում են կեժանդրի բազմանդամի: Լուծումը պարզեցնելու նպատակով շարքերը սահմանափակվում են վերջավոր թվով: Շարքերի անհայտ գործակիցները որոշվում են ստատիկայի հավասարակշռության հավասարումներից, հիմքերի և նրա հատակի տեղափոխումների հավասարության պայմանից:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Галин Л. А. Контактная задача теории упругости.— М.: Гостехиздат, 1953.— 37 с.
2. Минасян Р. С. Определение давления вдоль поверхности основания несущих стен крупнопанельного здания.— Промышленность Армении, 1986, № 1, с. 75—77.
3. Грaдиштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений.— М.: Ф. М., 1962.— 585 с.