несуттєво збільшує навантаження на ґрунт основи фундаментів, особливо при локальному розташуванні горищних приміщень, тому що навантаження від них поширюється під кутом і розподіляється на велику площу порівняно з площею, яку займає приміщення.

Література

1. Тимофієнко В.І. Історико-містобудівнві дослідження Одеси / В.І. Тимофієнко, В.В. Вечерський, О.М. Сердюк, Т.А. Бобровський; за ред. В.В. Вечерського. – К.: Фенікс, 2008. – 156 с.

2. Реконструкция и обновление сложивщейся застройки города: уч. пособие для вузов / под общей ред. П.Г. Грабового, В.А. Харитонова. – М.: АСВ, Реалпроект, 2006. – 264с.

3. Йожеф Косо. Мансарды и чердачные помещения / Йожеф Косо. – М.: Контэнт, 2008. – 141 с.

4. Калинин В.М. Оценка технического состояния зданий: учебник / В.М. Калинин, В.М. Благовещенский, С.Д. Сокова, – М.: ИНФРА-М, 2010. – 268 с.

5. Савельев А.А. Конструкции крыш. Стропильные системы / А.А. Савельев. – М.: Аделанта, 2009. – 119 с.

УДК 620.193.4:624.012.45

Фомин В.М., Фомина И.П.

Одесская государственная академия строительства архитектуры

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В [1,с.43] был предложен алгоритм построения системы дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонной балки в приращениях угловых перемещений с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона при пошаговом методе решения:

$$\sum_{r=1}^{3}[X_{i,r}(s)d\xi_r'' + Y_{i,r}(s)d\xi_r' + Z_{i,r}(s)d\xi_r] + \sum_{k=1}^{3}\widetilde{U}_{1,k}(s)dF_k = 0 \qquad (1)$$

$(i=1,2,3)$ с граничными условиями на левом конце

$$\sum_{r=1}^{3} V_{i,r} d\xi_r(0) + \sum_{r=1}^{3} V_{i,r+3} d\xi'_r(0) + \sum_{k=1}^{3} W_{i,k} dF_k + dM_i = 0 \ (i=1,2,3), \qquad (2)$$

где s – дуговая координата поперечного сечения балки, $d\boldsymbol{\xi}$ – вектор с элементами

$$d\xi_1 = d\phi,\ d\xi_2 = d\psi,\ d\xi_3 = d\theta$$

($d\phi, d\psi, d\theta$ - приращения углов Крылова, определяющие изменение ориентации системы координат y_1, y_2, y_3 (y_2, y_3 – главные центральные оси инерции сечения) относительно неподвижной системы координат x_1, x_2, x_3, вызванные приращениями силы $\boldsymbol{F}$ и момента $\boldsymbol{M}$, приложенных к левому концу балки).

Из равенств [1,с.48]

$$dx'_{C,i} = d\alpha_{1,i} \quad (i=1,2,3)$$

($x_{C,i}\ (i=1,2,3)$ - координаты центра тяжести сечения, $\alpha_{k,i} \quad (i,k=1,2,3)$– направляющие косинусы осей поперечного сечения относительно неподвижной системы координат) следует, что

$$dx'_{C,2} = d\phi, dx'_{C,3} = -d\psi. \qquad (4)$$

С учетом (4) уравнения (2) представляются в следующем виде:

$$\begin{aligned} &X_{i,1}(s)dx'''_{C,2} - X_{i,2}(s)dx'''_{C,3} + X_{i,3}(s)d\theta'' + Y_{i,1}(s)dx''_{C,2} - \\ &- Y_{i,2}(s)dx''_{C,3} + Y_{i,3}(s)d\theta' + Z_{i,1}(s)dx'_{C,2} - Z_{i,2}(s)dx'_{C,3} + \\ &+ Z_{i,3}(s)d\theta = \sum_{m=1}^{3} \tilde{\tilde{U}}_{i,m} dQ_m(0) \ (i=1,2,3), \end{aligned} \qquad (5)$$

где $\tilde{\tilde{U}}_{i,m} = \sum_{k=1}^{3} \tilde{U}_{i,k} \alpha_{k,m}(0)$, а граничные условия (3) – в таком:

$$\begin{aligned} &V_{i,1}dx'_{C,2}(0) - V_{i,2}dx'_{C,3}(0) + V_{i,3}d\theta(0) + V_{i,4}dx''_{C,2}(0) - \\ &- V_{i,5}dx''_{C,3}(0) + V_{i,6}d\theta'(0) = \sum_{m=1}^{3} \tilde{W}_{i,m} dQ_m(0) - dM_i(0) \ (i=1,2,3), \end{aligned} \qquad (6)$$

где $\tilde{W}_{i,m} = \sum_{k=1}^{3} W_{i,k} \alpha_{k,m}(0)$.

Пусть $z_{j,k}(s)\ (j=1,2,3; k=1,2,\ldots,8)$ - фундаментальная система решений задачи Коши для однородной системы дифференциальных уравнений, соответствующей системе (5), $z_{ч,j,m}(s)\ (j,m=1,2,3)$ - множество частных решений $dx_{ч,C,2}(s), dx_{ч,C,3}(s), \theta_ч(s)$ системы (5) при нулевых начальных условиях и при столбце правых частей, состоящем из элементов $\tilde{\tilde{U}}_{i,m}\ (m=1,2,3)$. Решения однородной системы (5), а также их производные могут быть выражены через фундаментальные решения задачи Коши таким образом:

$$
\begin{aligned}
&dx_{C,2} = \sum_{j=1}^{8} y_j z_{1,j}, dx'_{C,2} = \sum_{j=1}^{8} y_j z'_{1,j}, dx''_{C,2} = \sum_{j=1}^{8} y_j z''_{1,j},\\
&dx_{C,3} = \sum_{j=1}^{8} y_j z_{2,j}, dx'_{C,2} = \sum_{j=1}^{8} y_j z'_{2,j}, dx''_{C,2} = \sum_{j=1}^{8} y_j z''_{2,j},\\
&d\theta = \sum_{j=1}^{8} y_j z_{3,j}, d\theta'(s) = \sum_{j=1}^{8} y_j z'_{3,j},
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Для нахождения dM_i и $dQ_i\ (i=1,2,3)$ используются формула (21)[1,с.48]:

$$
\begin{aligned}
&dM_i = \sum_{r=1}^{3} (M_i)_r^{(3)} d\xi_r + \sum_{r=1}^{3} (M_i)_{r+3}^{(3)} d\xi'_r + \sum_{k=1}^{3} (M_i)_k^{(4)} dF_k,\\
&dQ_i = \sum_{r=1}^{3} (Q_i)_r^{(3)} d\xi_r + \sum_{r=1}^{3} (Q_i)_{r+3}^{(3)} d\xi'_r + \sum_{k=1}^{3} (Q_i)_k^{(4)} dF_k\ (i=1,2,3).
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Для каждого из стержней конструкции можно записать следующее равенство:

$$\boldsymbol{dw}(s) = \boldsymbol{dw}_{одн}(s) + \boldsymbol{dw}_ч(s). \tag{9}$$

Здесь $\boldsymbol{dw}_{одн}$ - вектор с элементами

$$
\begin{aligned}
&dw_{одн,1} = dx_{C,2}, dw_{одн,2} = dx'_{C,2}, dw_{одн,3} = dx''_{C,2},\\
&dw_{одн,4} = dx_{C,3}, dw_{одн,5} = dx'_{C,3}, dw_{одн,6} = dx''_{C,3},\\
&dw_{одн,7} = d\theta, dw_{одн,8}(s) = d\theta',
\end{aligned}
\tag{10}
$$

полученными из решения однородной системы (5), а $\boldsymbol{dw}_ч$ - вектор с теми же элементами, полученными из частного решения $dx_{ч,C,2}, dx_{ч,C,3}(s), d\theta_ч(s)$ неоднородной системы (5) при нулевых начальных условиях. Тогда

$$dw_{ч,j} = \sum_{m=1}^{3} z_{ч,j,m} dQ_m(0) \quad (j, m = 1,2,3) \tag{11}$$

Запишем $\boldsymbol{dw}_{одн}$ следующим образом:

$$\boldsymbol{dw}_{одн} = \boldsymbol{Adw}(0), \tag{12}$$

где

$$A_{1,j} = z_{1,j}, A_{2,j} = z'_{1,j}, A_{3,j} = z''_{1,j}, A_{4,j} = z_{2,j}, A_{5,j} = z'_{2,j},$$
$$A_{6,j} = z''_{2,j}, A_{7,j} = z_{3,j}, A_{8,j} = z'_{1,j} \quad (j = 1,2,\ldots,8).$$

Таким образом, $\boldsymbol{dw}$ представляется в следующем виде:

$$\boldsymbol{dw} = \boldsymbol{Adw}(0) + \boldsymbol{dw}_ч, \tag{13}$$

что совместно с (9) представляет собой основу алгоритма метода граничных элементов при решении задач статики и динамики (в частности, при сейсмических воздействиях) железобетонных каркасных сооружений.

Литература

1. Фомин В.М. Построение дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонных балок и рам с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона// Вісник КНУТД. №1 (106) – Киев, 2016. – с. 43 – 50.

УДК 624.012:691.175

Буренин А.И., Черная Л.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Рассмотрены наиболее целесообразные области применения высокопрочных полимерных композиционных материалов для усиления, ремонта, восстановления и соединения различных элементов строительных конструкций в процессе реконструкции, реставрации и строительства зданий и сооружений.