



Розрахункова схема перехресно-ребристої системи

Для балок напрямку OY (u -х балок) повне переміщення k мас під дією інерційних сил $J_{u1}, J_{u2}, \dots, J_{uk}$ можна зобразити у вигляді

$$\begin{aligned}
 y_{1u} &= \delta_{11u} J_{u1} + \delta_{12u} J_{u2} + \dots + \delta_{1ku} J_{ku}; \\
 y_{2u} &= \delta_{21u} J_{u2} + \delta_{22u} J_{u2} + \dots + \delta_{2ku} J_{ku}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 y_{ku} &= \delta_{k1u} J_{u1} + \delta_{k2u} J_{u2} + \dots + \delta_{kku} J_{ku}
 \end{aligned} \tag{2}$$

де δ_{is}, δ_{iu} – відповідно переміщення точок прикладання мас, спричинених силами $P = 1$; J_{iu} – сила інерції мас.

Враховуючи, що $J_{ik} = -m_{ik} y''_{ik}$, і $J_{iu} = -m_{iu} y''_{iu}$ рівняння типу (1) і (2) можна записати в такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 y_{1k} - \delta_{11k} m_{1k} y''_{1k} - \delta_{12k} m_{2k} y''_{2k} - \dots - \delta_{1uk} m_{uk} y''_{uk} &= 0; \\
 y_{2k} - \delta_{21k} m_{1k} y''_{1k} - \delta_{22k} m_{2k} y''_{2k} - \dots - \delta_{2uk} m_{uk} y''_{uk} &= 0; \\
 &\dots \dots \dots \\
 y_{uk} - \delta_{1uk} m_{1k} y''_{1k} - \delta_{1uk} m_{2k} y''_{2k} - \dots - \delta_{ukuk} m_{uk} y''_{uk} &= 0;
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 y_{1u} - \delta_{11u} m_{1u} y''_{1u} - \delta_{12u} m_{2u} y''_{2u} - \dots - \delta_{1ku} m_{ku} y''_{ku} &= 0; \\
 y_{2u} - \delta_{21u} m_{1u} y''_{1u} - \delta_{22u} m_{2u} y''_{2u} - \dots - \delta_{2ku} m_{ku} y''_{ku} &= 0; \\
 &\dots \dots \dots \\
 y_{ku} - \delta_{1ku} m_{1u} y''_{1u} - \delta_{1ku} m_{2u} y''_{2u} - \dots - \delta_{kku} m_{ku} y''_{ku} &= 0.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Система рівнянь (3)–(4) має часткові розв'язки

$$\begin{aligned}
 y_{1k} &= A_{1k} \sin(\omega t + \lambda); \\
 y_{2k} &= A_{2k} \sin(\omega t + \lambda); \\
 &\dots \dots \dots \\
 y_{uk} &= A_{uk} \sin(\omega t + \lambda); \\
 y_{1u} &= A_{1u} \sin(\omega t + \lambda);
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$y_{2u} = A_{2u} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$\dots\dots\dots$$

$$y_{ku} = A_{ku} \sin(\omega t + \lambda),$$
(6)

другі похідні яких мають вигляд:

$$y''_{1k} = -\omega^2 A_{1k} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$y''_{2k} = -\omega^2 A_{2k} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$\dots\dots\dots$$
(7)

$$y''_{uk} = -\omega^2 A_{uk} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$y''_{1u} = -\omega^2 A_{1u} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$y''_{2u} = -\omega^2 A_{2u} \sin(\omega t + \lambda);$$

$$\dots\dots\dots$$

$$y''_{ku} = -\omega^2 A_{ku} \sin(\omega t + \lambda).$$
(8)

Підставивши вирази похідних (7)–(8) $y''_{1k}, y''_{2k}, \dots, y''_{uk}, y''_{1u}, y''_{2u}, \dots, y''_{ku}$ в рівняння (3)–(4), отримуємо

$$y_{1k} = -(\delta_{11k} m_{1k} \omega^2 A_{1k} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{12k} m_{2k} \omega^2 A_{2k} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{1uk} m_{uk} \omega^2 A_{uk} \sin(\omega t + \lambda));$$

$$y_{2k} = -(\delta_{21k} m_{1k} \omega^2 A_{1k} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{22k} m_{2k} \omega^2 A_{2k} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{2uk} m_{uk} \omega^2 A_{uk} \sin(\omega t + \lambda));$$

$$\dots\dots\dots$$
(9)

$$y_{uk} = -(\delta_{u1k} m_{1u} \omega^2 A_{1u} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{u2k} m_{2u} \omega^2 A_{2u} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{uku} m_{uk} \omega^2 A_{uk} \sin(\omega t + \lambda));$$

$$\dots\dots\dots$$

$$y_{1u} = -(\delta_{11u} m_{1u} \omega^2 A_{1u} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{12u} m_{2u} \omega^2 A_{2u} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{1ku} m_{ku} \omega^2 A_{ku} \sin(\omega t + \lambda));$$

$$y_{2u} = -(\delta_{21u} m_{1u} \omega^2 A_{1u} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{22u} m_{2u} \omega^2 A_{2u} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{2ku} m_{ku} \omega^2 A_{ku} \sin(\omega t + \lambda));$$

$$\dots\dots\dots$$

$$y_{ku} = -(\delta_{k1u} m_{1u} \omega^2 A_{1u} \sin(\omega t + \lambda) + \delta_{k2u} m_{2u} \omega^2 A_{2u} \sin(\omega t + \lambda) + \dots + \delta_{kku} m_{ku} \omega^2 A_{ku} \sin(\omega t + \lambda)).$$
(10)

Перехресно-ребриста система володіє $n=ku$ степенями свободи і стількома ж вузлами перетину балок двох напрямів. У будь-якому вузлі перетину виконуються такі умови:

– прогин в вузлі n в напрямку ОХ дорівнює прогину в цьому ж вузлі в напрямку ОУ:

$$y_{uk} = y_{ku} = y_n;$$

– зосереджена маса в вузлі n в напрямку ОХ дорівнює зосередженій масі в цьому ж вузлі в напрямку ОУ: $m_{uk} = m_{ku} = m_n$;

– амплітудне значення в вузлі n в напрямку ОХ дорівнює амплітудному значенню в цьому ж вузлі в напрямку ОУ: $A_{uk} = A_{ku} = A_n$.

Враховуючи вищезазначені умови, прирівнюємо праві частини рівнянь (9) і (10), в яких рівні ліві частини. У результаті отримуємо

$$(\delta_{11k} - \delta_{11u}) m_1 A_1 + (\delta_{12k} - \delta_{12u}) m_2 A_2 + \dots + (\delta_{1uk} - \delta_{1ku}) m_n A_n = 0;$$

$$(\delta_{21k} - \delta_{21u}) m_1 A_1 + (\delta_{22k} - \delta_{22u}) m_2 A_2 + \dots + (\delta_{2uk} - \delta_{2ku}) m_n A_n = 0;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$(\delta_{1uk} - \delta_{1ku}) m_1 A_1 + (\delta_{u2k} - \delta_{k2u}) m_2 A_2 + \dots + (\delta_{uku} - \delta_{kku}) m_n A_n = 0.$$
(11)

Висновки. Отримана система скінченних алгебраїчних рівнянь (11) є достатньою для знаходження невідомих амплітудних значень A_1, A_2, \dots, A_n . Значення коефіцієнтів при невідомих визначаємо з перемноження епюр від одиничних моментів згідно зі способом введення уявних шарнірів [1].

1. Кваша В.Г., Іваник І.Г. Інженерний метод просторового розрахунку плитно-ребристих залізобетонних систем. Проблеми теорії і практики залізобетону // Ювілейна наук.-техн. конф., присвячена 100-річчю від дня народження д. т. н., проф. М.С. Торяника: Зб. наук. статей. – Полтава, 29–31 жовтня 1997 р. – С. 186–189. 2. Кваша В.Г., Попович Б.С., Іваник І.Г. До розрахунку залізобетонних балок зі змінною по довжині жорсткістю // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1997. – № 335. – С. 56–62. 3. Іваник І.Г. Просторовий розрахунок перехресно-ребристих залізобетонних систем з урахуванням фізичної не лінійності: Дис. ...канд. техн. наук. – Львів, 2000. 200 с. – Машинопис. 4. Барнштейн М.Ф., Ильичев В.А., Корнев Б.Г. и др. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.