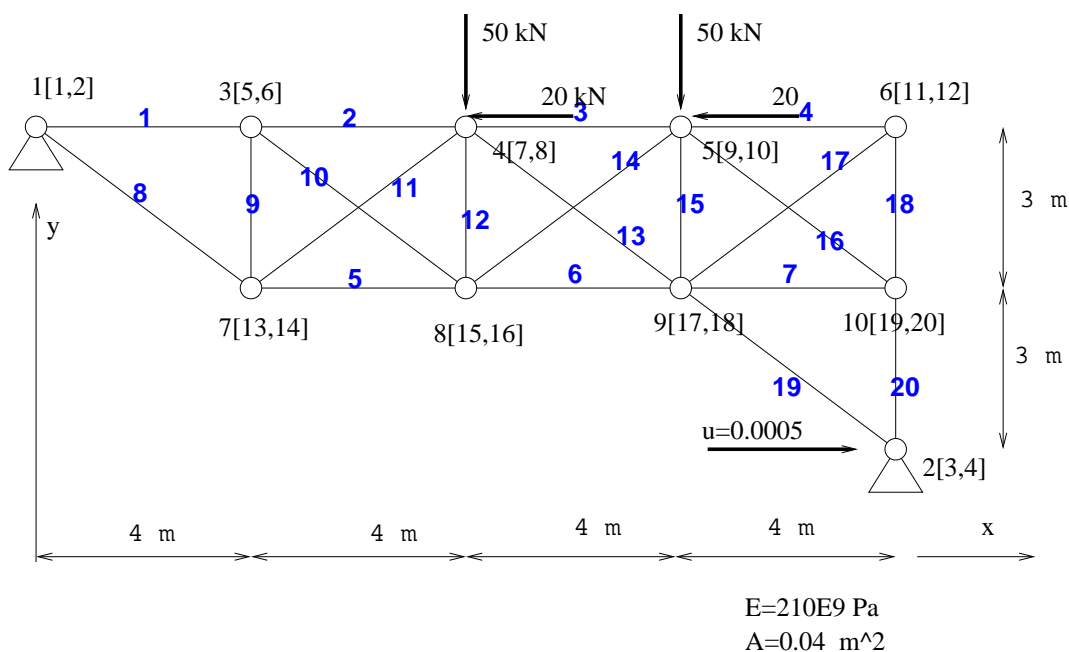


Cvičení č. 2

1 Příklad č. 1 - Příhradová kce



Počítat budeme v [kPa, kN, m].

$$K_i = \frac{8.4e6}{l} * \begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix}; \quad \begin{aligned} c &= \cos(\phi^e) \\ s &= \sin(\phi^e) \end{aligned}$$

Úlohy:

- 1) Sestavte podmínky rovnováhy v uzlu 2 a vyjádřete pomocí koncových posunutí
- 2) Sestavte podmínky rovnováhy v uzlu 4 a vyjádřete pomocí koncových posunutí
- 3) Napište 7 a 8 řádek globální matice tuhosti konstrukce a pravou stranu

- 4) Spočítejte prvek matice tuhosti konstrukce $K(6, 15)$ a $K(15, 6)$
- 5) Jaký je fyzikální význam prvku $K(6,15)$
- 6) Spočítejte prvek matice tuhosti konstrukce $K(5,17)$

Vektor uzlových posunutí

```
-----
1: { 0.00000000e+00, 0.00000000e+00}
2: { 5.00000000e-04, 0.00000000e+00}
3: {-1.11746410e-05, -3.54350706e-04}
4: {-5.34426646e-05, -5.21492119e-04}
5: {-1.30330188e-04, -4.28728680e-04}
6: {-1.64278665e-04, -5.92388540e-05}
7: {-1.44262646e-04, -3.36860678e-04}
8: {-6.43719772e-05, -5.06252838e-04}
9: { 5.06134013e-05, -4.34169101e-04}
10: { 8.80299661e-05, -4.01428359e-05}
```

- 7) Určete osovou sílu v prutech 8, 2, 19 a 20
- 8) Spočítejte reakce ve styčnicku 2
- 9) Ověřte rovnováhu v uzlu 2

Řešení

Úloha č. 1:

$$\begin{aligned} \leftarrow F_{1x}^{19} + F_{1x}^{20} - R_{2x} &= 0 \\ EA * \left(\frac{1}{5} \{ (4/5)^2, -(4/5)(3/5), -(4/5)^2, (4/5)(3/5) \} \{ u_2, v_2, u_9, v_9 \}^T + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{3} \{ 0, 0, 0, 0 \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T \right) - R_{2x} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \leftarrow F_{1y}^{19} + F_{1y}^{20} - R_{2y} &= 0 \\ EA * \left(\frac{1}{5} \{ -(4/5)(3/5), (3/5)^2, (4/5)(3/5), -(3/5) \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{3} \{ 0, 1, 0, -1 \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T \right) - R_{2y} = 0 \end{aligned}$$

Úloha č. 2:

$$\begin{aligned} \leftarrow F_{2x}^2 + F_{1x}^3 + F_{2x}^{11} + F_{1x}^{13} + F_{1x}^{12} + 20 &= 0 \\ EA * \left(\frac{1}{4} \{ (-1), 0, 1, 0 \} \{ u_3, v_3, u_4, v_4 \}^T + \right. \\ &\quad \frac{1}{4} \{ 1, 0, -1, 0 \} \{ u_4, v_4, u_5, v_5 \}^T + \\ &\quad \frac{1}{5} \{ -(4/5)^2, -(4/5)(3/5), (4/5)^2, (4/5)(3/5) \} \{ u_7, v_7, u_4, v_4 \}^T + \\ &\quad \frac{1}{5} \{ (4/5)^2, -(4/5)(3/5), -(4/5)^2, (4/5)(3/5) \} \{ u_4, v_4, u_9, v_9 \}^T + \\ &\quad \left. \frac{1}{3} \{ 0, 0, 0, 0 \} \{ u_4, v_4, u_8, v_8 \}^T \right) + 20 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\leftarrow F_{2y}^2 + F_{1y}^3 + F_{2y}^{11} + F_{1y}^{13} + F_{1y}^{12} + 50 = 0 \\
EA * \left(\frac{1}{4} \{0, 0, 0, 0\} \{u_3, v_3, u_4, v_4\}^T + \right. \\
\frac{1}{4} \{0, 0, 0, 0\} \{u_4, v_4, u_5, v_5\}^T + \\
\frac{1}{5} \{-(4/5)(3/5), -(3/5)^2, (4/5)(3/5), (3/5)^2\} \{u_7, v_7, u_4, v_4\}^T + \\
\frac{1}{5} \{-(4/5)(3/5), (3/5)^2, (4/5)(3/5), -(3/5)^2\} \{u_4, v_4, u_9, v_9\}^T + \\
\left. \frac{1}{3} \{0, 1, 0, -1\} \{u_4, v_4, u_8, v_8\}^T \right) + 50 = 0
\end{aligned}$$

Úloha č. 4:

$$F_{1y}^{10}(u_8) = \frac{EA}{5}(4/5)(3/5)$$

Úloha č. 5:

Síla, která vznikne ve svislém směru v uzlu 3 od jednotkového vodorovného posunu uzlu 8

Úloha č. 6:

$$K(5, 17) = 0$$

Úloha č. 7:

$$\begin{aligned}
S_8 &= \frac{EA}{5} \left[-\frac{4}{5}, \frac{3}{5}, \frac{4}{5}, -\frac{3}{5} \right] \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1.44262646e-04 \\ -3.36860678e-04 \end{Bmatrix} = 145.67 \text{ kN} \\
S_2 &= \frac{EA}{4} [-1, 0, 1, 0] \begin{Bmatrix} -1.11746410e-05 \\ -3.54350706e-04 \\ -5.34426646e-05 \\ -5.21492119e-04 \end{Bmatrix} = -88.763 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$S_{19} = \frac{EA}{5} \left[-\frac{4}{5}, \frac{3}{5}, \frac{4}{5}, -\frac{3}{5} \right] \begin{Bmatrix} 5.06134013e-05 \\ -4.34169101e-04 \\ 5.00000000e-04 \\ 0.00000000e+00 \end{Bmatrix} = 166.33 \text{ kN}$$

$$S_{20} = \frac{EA}{3} [0, 1, 0, -1] \begin{Bmatrix} 8.80299661e-05 \\ -4.01428359e-05 \\ 5.00000000e-04 \\ 0.00000000e+00 \end{Bmatrix} = -112.40 \text{ kN}$$

Úloha č. 8:

$$R_{2x} = F_{1x}^{19} + F_{1x}^{20}$$

$$F_{1x}^{19} = EA * \frac{1}{5} \{ (4/5)^2, -(4/5)(3/5), -(4/5)^2, (4/5)(3/5) \} \begin{Bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ u_9 \\ v_9 \end{Bmatrix}$$

$$F_{1x}^{20} = EA * \frac{1}{3} \{ 0, 0, 0, 0 \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T$$

$$R_{2x} = 1.3307e+02$$

$$R_{2y} = F_{1y}^{19} + F_{1y}^{20}$$

$$F_{1y}^{19} = EA * \frac{1}{5} \{ -(4/5)(3/5), (3/5)^2, (4/5)(3/5), -(3/5) \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T$$

$$F_{1y}^{20} = EA * \frac{1}{3} \{ 0, 1, 0, -1 \} \{ u_2, v_2, u_{10}, v_{10} \}^T$$

$$R_{2y} = 1.2600e+01$$

Úloha č. 9:

$$-S_{19} \frac{4}{5} + R_{2x} = 0$$

$$S_{19} \frac{3}{5} + S_{20} + R_{2y} = 0$$