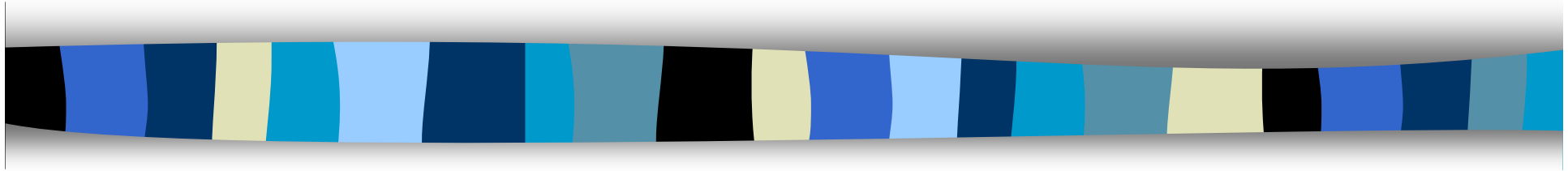
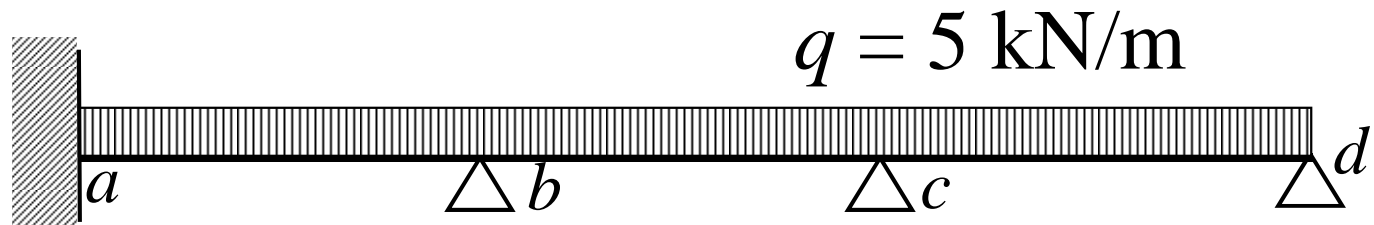


Obecná deformační metoda

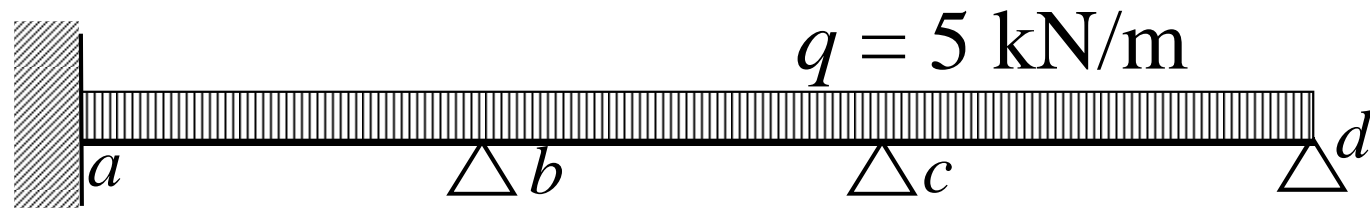


Příklad



- $l_{ab} = l_{bc} = l_{cd} = 5$ m
- $E = 20$ GPa
- $I = 0,0016$ m⁴
- $A = 0,12$ m²

Výpočtový model



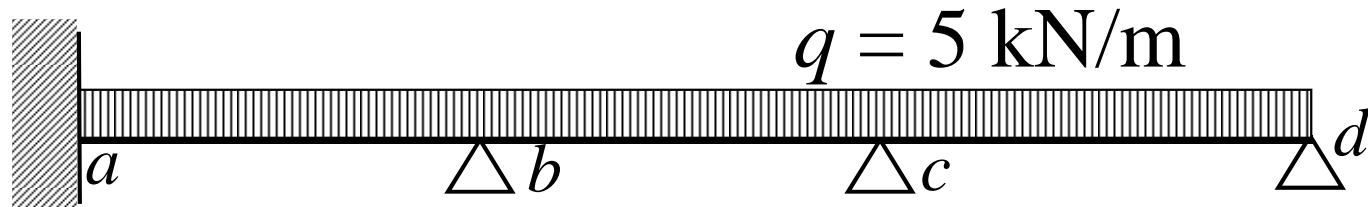
- stupeň přetvárné neurčitosti
- určení kódových čísel
- určení uložení prutů

Analýza prutů, lokální primární vektor koncových sil



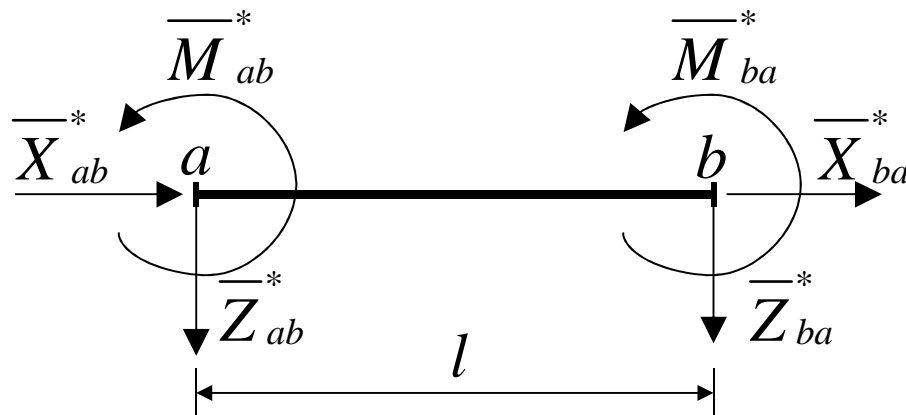
<p>(a) Plné spojité zatížení</p>		<p>(c) Osamělá síla</p>	
$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -nl/2 \\ -ql/2 \\ ql^2/12 \\ -nl/2 \\ -ql/2 \\ -ql^2/12 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -nl/2 \\ -5ql/8 \\ ql^2/8 \\ -nl/2 \\ -3ql/8 \\ 0 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -F''b/l \\ -F'b^2(l+2a)/l^3 \\ F'ab^2/l^2 \\ -F''a/l \\ -F'a^2(l+2b)/l^3 \\ -F'a^2b/l^2 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -F'b/l \\ -F'b(3l^2-b^2)/(2l^3) \\ F'ab(l+b)/(2l^2) \\ -F'a/l \\ -F'a^2(3l-a)/(2l^3) \\ 0 \end{Bmatrix}$
<p>(b) Plné lichoběžníkové zatížení</p>		<p>(d) Osamělý moment</p>	
$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -(2n_1+n_2)l/6 \\ -(7q_1+3q_2)l/20 \\ (3q_1+2q_2)l^2/60 \\ -(n_1+2n_2)l/6 \\ -(3q_1+7q_2)l/20 \\ -(2q_1+3q_2)l^2/60 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} -(2n_1+n_2)l/6 \\ -(16q_1+9q_2)l/40 \\ (8q_1+7q_2)l^2/120 \\ -(n_1+2n_2)l/6 \\ -(4q_1+11q_2)l/40 \\ 0 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} 0 \\ 6Mab/l^3 \\ -Mb(2l-3b)/l^2 \\ 0 \\ -6Mab/l^3 \\ -Ma(2l-3a)/l^2 \end{Bmatrix}$	$\overline{\mathbf{R}}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} 0 \\ 3M(l^2-b^2)/(2l^3) \\ -M(l^2-3b^2)/(2l^2) \\ 0 \\ -3M(l^2-b^2)/(2l^3) \\ 0 \end{Bmatrix}$

Analýza prutů, lokální primární vektor koncových sil

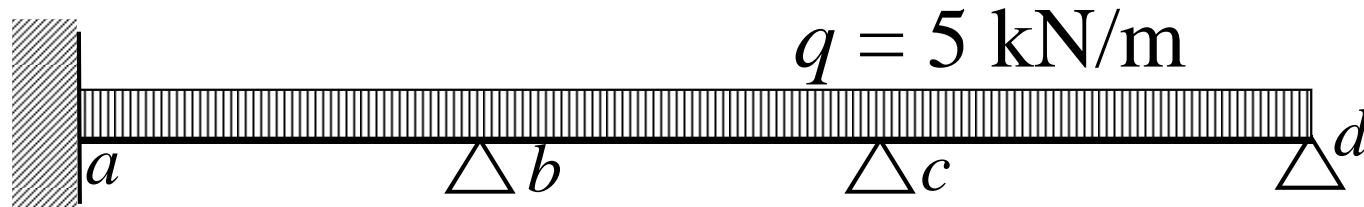


- prut ab (resp. bc)

$$\bar{\mathbf{R}}_{ab}^* = \left\{ \bar{X}_{ab}^* \quad \bar{Z}_{ab}^* \quad \bar{M}_{ab}^* \quad \bar{X}_{ba}^* \quad \bar{Z}_{ba}^* \quad \bar{M}_{ba}^* \right\}^T = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ -ql/2 \\ ql^2/12 \\ 0 \\ -ql/2 \\ -ql^2/12 \end{array} \right\}$$

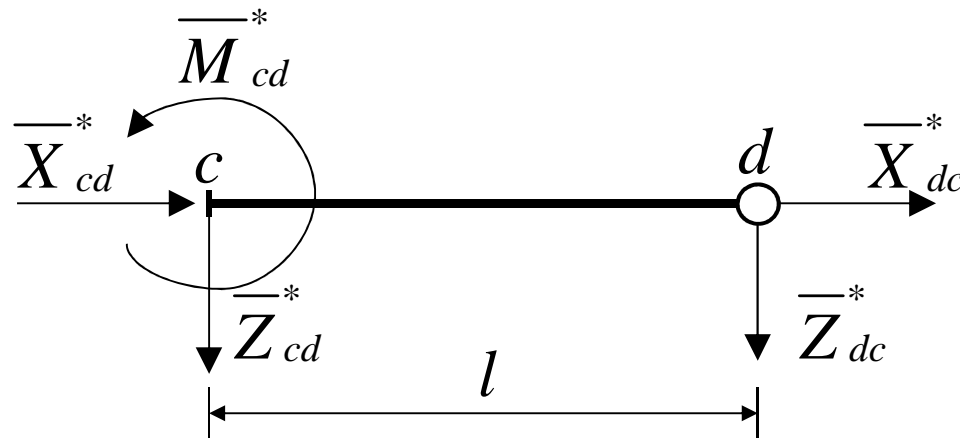


Analýza prutů, lokální primární vektor koncových sil

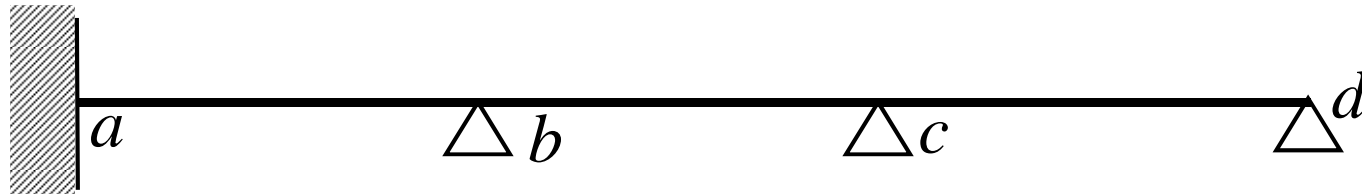


- prut cd

$$\overline{\mathbf{R}}_{cd}^* = \left\{ \overline{X}_{cd}^* \quad \overline{Z}_{cd}^* \quad \overline{M}_{cd}^* \quad \overline{X}_{dc}^* \quad \overline{Z}_{dc}^* \quad 0 \right\}^T = \begin{Bmatrix} 0 \\ -5ql/8 \\ ql^2/8 \\ 0 \\ -3ql/8 \\ 0 \end{Bmatrix}$$



Analýza prutů, lokální matice tuhosti prutu



- prut ab (resp. bc)

$$\mathbf{k}_{ab}^* = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix}$$

Analýza prutů, lokální matice tuhosti prutu



- prut cd

$$\mathbf{k}_{cd}^* = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3EI}{l^3} & -\frac{3EI}{l^2} & 0 & -\frac{3EI}{l^3} & 0 \\ 0 & -\frac{3EI}{l^2} & \frac{3EI}{l} & 0 & \frac{3EI}{l^2} & 0 \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3EI}{l^3} & \frac{3EI}{l^2} & 0 & \frac{3EI}{l^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Analýza prutové soustavy, matice tuhosti soustavy \mathbf{K}

- \mathbf{K} získáme lokalizací globálních matic tuhosti jednotlivých prutů (pro nosník lokální = globální)



$$\mathbf{k}_{ab} = \begin{array}{cccccc|c} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \bullet & \mathbf{1} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{array}$$

$$\mathbf{k}_{bc} = \begin{array}{cccccc|c} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & * & 0 & 0 & * & \mathbf{1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & * & 0 & 0 & * & \mathbf{2} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{2} \end{array}$$

$$\mathbf{k}_{cd} = \begin{array}{cccccc|c} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & \circ & 0 & 0 & 0 & \mathbf{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{2} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{array}$$

$$\mathbf{K} = \begin{array}{cc|c} \bullet * & * & \mathbf{1} \\ * & * \circ & \mathbf{2} \\ \hline \mathbf{1} & \mathbf{2} & \end{array}$$

Analýza prutové soustavy, primární vektor soustavy $\overline{\mathbf{R}}$

- získáme lokalizací globálních primárních vektorů jednotlivých prutů (pro nosník lokální = globální)



$$\overline{\mathbf{R}}_{ab} = \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \bullet & 1 \end{array}$$

$$\overline{\mathbf{R}}_{bc} = \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ * & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ * & 2 \end{array}$$

$$\overline{\mathbf{R}}_{cd} = \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \circ & 2 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array}$$

$$\overline{\mathbf{R}} = \begin{array}{c|c} \bullet & * & 1 \\ * & \circ & 2 \end{array}$$

Řešení soustavy rovnic

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{r} = \mathbf{F}$$

Matice tuhosti \Leftarrow matice tuhosti jednotlivých prutů

Vektor neznámých parametrů deformace
(počet roven stupni přetvárné neurčitosti n_p)

$$\mathbf{r} = \mathbf{K}^{-1} \cdot \mathbf{F}$$

Zatěžovací vektor $\mathbf{F} = \mathbf{S} - \bar{\mathbf{R}}$

Vektor uzlového zatížení
(styčnickového zatížení)

Primární vektor soustavy
 \Leftarrow primární vektory
jednotlivých prutů