

# Macierze sztywności elementów ram płaskich - Grupa A

ORIGIN := 1

Układ bloków macierzy sztywności elementu

$$K = \begin{pmatrix} A & C \\ C^T & B \end{pmatrix}$$

Macierz elementu bez przegubów

$$K = \begin{pmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 12 \frac{EJ}{L^3} & 6 \frac{EJ}{L^2} & 0 & -12 \frac{EJ}{L^3} & 6 \frac{EJ}{L^2} \\ 0 & 6 \frac{EJ}{L^2} & 4 \frac{EJ}{L} & 0 & -6 \frac{EJ}{L^2} & 2 \frac{EJ}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -12 \frac{EJ}{L^3} & -6 \frac{EJ}{L^2} & 0 & 12 \frac{EJ}{L^3} & -6 \frac{EJ}{L^2} \\ 0 & 6 \frac{EJ}{L^2} & 2 \frac{EJ}{L} & 0 & -6 \frac{EJ}{L^2} & 4 \frac{EJ}{L} \end{pmatrix}$$

Funkcje wyznaczające macierz elementu bez przegubów

$$\text{Blok\_A11} (EA, EJ, L, 1) := \begin{array}{l} L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1} \\ A_{2,3} \leftarrow 6a \\ A_{2,2} \leftarrow 12 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,2} \leftarrow A_{2,3} \\ A_{3,3} \leftarrow 4 \cdot a \cdot L1 \\ A \end{array}$$

Blok\_B11 ( EA, EJ , L , 1) :=

$$L1 \leftarrow \frac{L}{1}$$

$$a \leftarrow \frac{EJ}{L^2}$$

$$A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1}$$

$$A_{2,3} \leftarrow -6a$$

$$A_{2,2} \leftarrow 12 \cdot \frac{a}{L1}$$

$$A_{3,2} \leftarrow A_{2,3}$$

$$A_{3,3} \leftarrow 4 \cdot a \cdot L1$$

A

Blok\_C11 ( EA, EJ , L , 1) :=

$$L1 \leftarrow \frac{L}{1}$$

$$a \leftarrow \frac{EJ}{L^2}$$

$$A_{1,1} \leftarrow \frac{-EA}{L1}$$

$$A_{2,3} \leftarrow 6a$$

$$A_{2,2} \leftarrow -12 \cdot \frac{a}{L1}$$

$$A_{3,2} \leftarrow -A_{2,3}$$

$$A_{3,3} \leftarrow 2 \cdot a \cdot L1$$

A

Macierz elementu z przegubem w węźle początkowym

$$K = \begin{pmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 3\frac{EJ}{L^3} & 0 & 0 & -3\frac{EJ}{L^3} & 3\frac{EJ}{L^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -3\frac{EJ}{L^3} & 0 & 0 & 3\frac{EJ}{L^3} & -3\frac{EJ}{L^2} \\ 0 & 3\frac{EJ}{L^2} & 0 & 0 & -3\frac{EJ}{L^2} & 3\frac{EJ}{L} \end{pmatrix}$$

Funkcje wyznaczające macierz elementu z przegubem w węźle początkowym

$$\text{Blok\_A01} (EA, EJ, L, 1) := \left| \begin{array}{l} L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1} \\ A_{2,2} \leftarrow 3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,3} \leftarrow 0 \\ A \end{array} \right|$$

$$\begin{array}{l} \text{Blok\_B01 (EA, EJ, L, 1) :=} \\ L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1} \\ A_{2,3} \leftarrow -3a \\ A_{2,2} \leftarrow 3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,2} \leftarrow A_{2,3} \\ A_{3,3} \leftarrow 3 \cdot a \cdot L1 \\ A \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Blok\_C01 (EA, EJ, L, 1) :=} \\ L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{-EA}{L1} \\ A_{2,3} \leftarrow 3a \\ A_{2,2} \leftarrow -3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,3} \leftarrow 0 \\ A \end{array}$$

Macierz elementu z przegubem w węźle końcowym

$$K = \begin{pmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 3\frac{EJ}{L^3} & 3\frac{EJ}{L^2} & 0 & -3\frac{EJ}{L^3} & 0 \\ 0 & 3\frac{EJ}{L^2} & 3\frac{EJ}{L} & 0 & -3\frac{EJ}{L^2} & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -3\frac{EJ}{L^3} & -3\frac{EJ}{L^2} & 0 & 3\frac{EJ}{L^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Blok\_B10}(EA, EJ, L, 1) := \left| \begin{array}{l} L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1} \\ A_{2,2} \leftarrow 3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,3} \leftarrow 0 \\ A \end{array} \right|$$

Funkcje wyznaczające macierz elementu z przegubem w węźle końcowym

$$\text{Blok\_A10}(EA, EJ, L, 1) := \left| \begin{array}{l} L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{EA}{L1} \\ A_{2,3} \leftarrow 3a \\ A_{2,2} \leftarrow 3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,2} \leftarrow A_{2,3} \\ A_{3,3} \leftarrow 3 \cdot a \cdot L1 \\ A \end{array} \right|$$

$$\text{Blok\_C10}(EA, EJ, L, 1) := \left| \begin{array}{l} L1 \leftarrow \frac{L}{1} \\ a \leftarrow \frac{EJ}{L^2} \\ A_{1,1} \leftarrow \frac{-EA}{L1} \\ A_{3,2} \leftarrow -3a \\ A_{2,2} \leftarrow -3 \cdot \frac{a}{L1} \\ A_{3,3} \leftarrow 0 \\ A \end{array} \right|$$

$$E := 15 \text{ GPa}$$

$$b := 10 \text{ cm}$$

$$h := 20 \text{ cm}$$

$$J := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

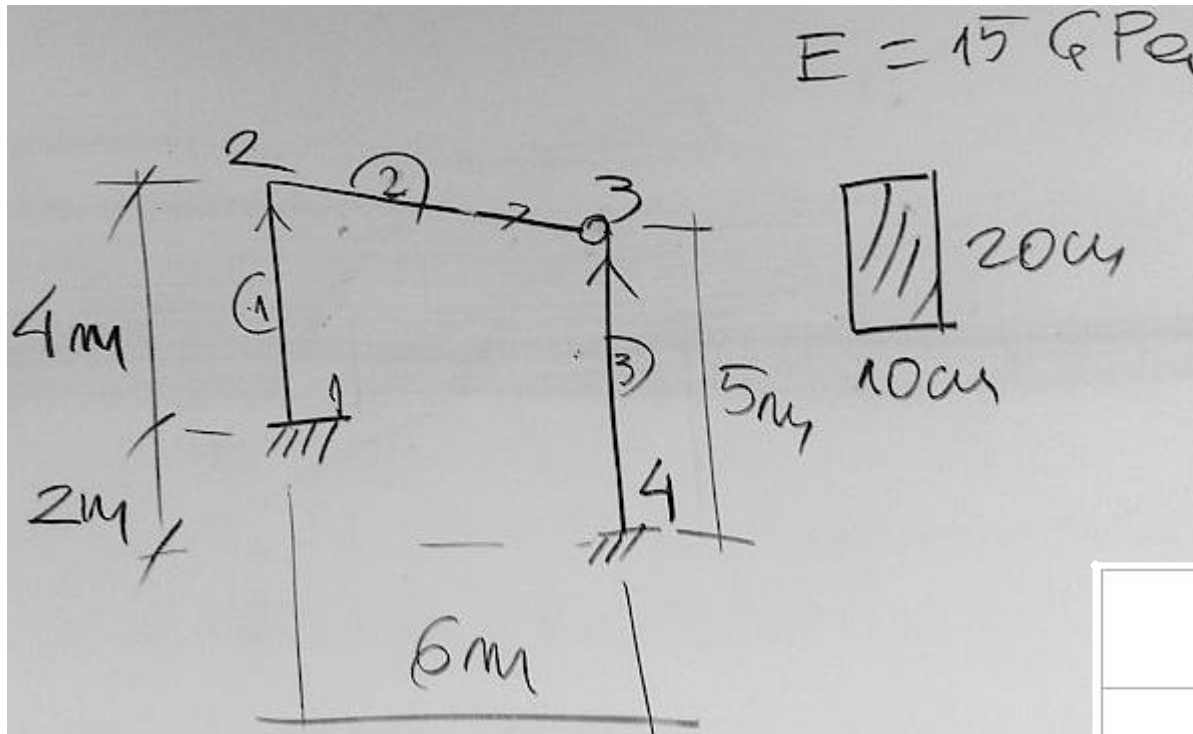
$$A := b \cdot h$$

$$EA := E \cdot A$$

$$EJ := E \cdot J$$

$$EA = 300 \cdot \text{MN}$$

$$EJ = 1000 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$



*Schemat globalnej macierzy sztywności konstrukcji*

	A1	C1		
	$C1^T$	B1+A2	C2	
<b>K</b> =		$C2^T$	B2+B3	$C3^T$
			C3	A3

*Element "1" - bloki macierzy sztywności w lokalnym układzie współrzędnych*

$$L_x := 0\text{m} \quad L_y := 4\text{m} \quad L := \sqrt{(L_x)^2 + (L_y)^2} = 4.000000\text{m}$$

$$\underline{A} := \text{Blok\_A11}(EA, EJ, L, 1\text{m}) \quad A = \begin{pmatrix} 75000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 187.500 & 375.000 \\ 0.000 & 375.000 & 1000.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B := \text{Blok\_B11}(EA, EJ, L, 1\text{m}) \quad B = \begin{pmatrix} 75000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 187.500 & -375.000 \\ 0.000 & -375.000 & 1000.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$\underline{C} := \text{Blok\_C11}(EA, EJ, L, 1\text{m}) \quad C = \begin{pmatrix} -75000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & -187.500 & 375.000 \\ 0.000 & -375.000 & 500.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Element "1" - bloki macierzy sztywności w globalnym układzie współrzędnych

$$\underline{\underline{c}} := \frac{Lx}{L} \quad \underline{\underline{s}} := \frac{Ly}{L}$$

$$\underline{\underline{R}} := \begin{pmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.000000 & -1.000000 & 0.000000 \\ 1.000000 & 0.000000 & 0.000000 \\ 0.000000 & 0.000000 & 1.000000 \end{pmatrix} \quad \text{macierz obrotu}$$

$$A1 := R^T \cdot A \cdot R = \begin{pmatrix} 187.500 & 0.000 & 375.000 \\ 0.000 & 75000.000 & 0.000 \\ 375.000 & 0.000 & 1000.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B1 := R^T \cdot B \cdot R = \begin{pmatrix} 187.500 & 0.000 & -375.000 \\ 0.000 & 75000.000 & 0.000 \\ -375.000 & 0.000 & 1000.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$C1 := R^T \cdot C \cdot R = \begin{pmatrix} -187.500 & 0.000 & 375.000 \\ 0.000 & -75000.000 & 0.000 \\ -375.000 & 0.000 & 500.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$



*Element "2" - bloki macierzy sztywności w lokalnym układzie współrzędnych*

$$\underline{L_x} := 6\text{m} \quad \underline{L_y} := -1\text{m} \quad \underline{L} := \sqrt{(\underline{L_x})^2 + (\underline{L_y})^2} = 6.082763\text{m}$$

$$A := \text{Blok\_A10}(\text{EA}, \text{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad A = \begin{pmatrix} 49319.696 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 13.330 & 81.081 \\ 0.000 & 81.081 & 493.197 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B := \text{Blok\_B10}(\text{EA}, \text{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad B = \begin{pmatrix} 49319.696 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 13.330 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$C := \text{Blok\_C10}(\text{EA}, \text{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad C = \begin{pmatrix} -49319.696 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & -13.330 & 0.000 \\ 0.000 & -81.081 & 0.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Element "2" - bloki macierzy sztywności w globalnym układzie współrzędnych

$$\underline{\underline{c}} := \frac{Lx}{L} \quad \underline{\underline{s}} := \frac{Ly}{L}$$

$$R := \begin{pmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.986394 & 0.164399 & 0.000000 \\ -0.164399 & 0.986394 & 0.000000 \\ 0.000000 & 0.000000 & 1.000000 \end{pmatrix} \quad \text{macierz obrotu}$$

$$A2 := R^T \cdot A \cdot R = \begin{pmatrix} 47987.092 & 7995.627 & -13.330 \\ 7995.627 & 1345.934 & 79.978 \\ -13.330 & 79.978 & 493.197 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B2 := R^T \cdot B \cdot R = \begin{pmatrix} 47987.092 & 7995.627 & 0.000 \\ 7995.627 & 1345.934 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$C2 := R^T \cdot C \cdot R = \begin{pmatrix} -47987.092 & -7995.627 & 0.000 \\ -7995.627 & -1345.934 & 0.000 \\ 13.330 & -79.978 & 0.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

*Element "3" - bloki macierzy sztywności w lokalnym układzie współrzędnych*

$$\underline{L_x} := 0\text{m} \quad \underline{L_y} := 5\text{m} \quad \underline{L} := \sqrt{(\underline{L_x})^2 + (\underline{L_y})^2} = 5\text{m}$$

$$A := \text{Blok\_A11}(\underline{EA}, \underline{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad A = \begin{pmatrix} 60000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 96.000 & 240.000 \\ 0.000 & 240.000 & 800.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B := \text{Blok\_B11}(\underline{EA}, \underline{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad B = \begin{pmatrix} 60000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 96.000 & -240.000 \\ 0.000 & -240.000 & 800.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$C := \text{Blok\_C11}(\underline{EA}, \underline{EJ}, \underline{L}, 1\text{m}) \quad C = \begin{pmatrix} -60000.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & -96.000 & 240.000 \\ 0.000 & -240.000 & 400.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

*Element "3" - bloki macierzy sztywności w globalnym układzie współrzędnych*

$$\underline{\underline{c}} := \frac{L_x}{L} \quad \underline{\underline{s}} := \frac{L_y}{L}$$

$$R := \begin{pmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.000000 & -1.000000 & 0.000000 \\ 1.000000 & 0.000000 & 0.000000 \\ 0.000000 & 0.000000 & 1.000000 \end{pmatrix} \quad \text{macierz obrotu}$$

$$A3 := R^T \cdot A \cdot R = \begin{pmatrix} 96.000 & 0.000 & 240.000 \\ 0.000 & 60000.000 & 0.000 \\ 240.000 & 0.000 & 800.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$B3 := R^T \cdot B \cdot R = \begin{pmatrix} 96.000 & 0.000 & -240.000 \\ 0.000 & 60000.000 & 0.000 \\ -240.000 & 0.000 & 800.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

$$C3 := R^T \cdot C \cdot R = \begin{pmatrix} -96.000 & 0.000 & 240.000 \\ 0.000 & -60000.000 & 0.000 \\ -240.000 & 0.000 & 400.000 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$