

ORIGIN := 1

*Podać składowe wektora odkształceń elementu CST*

N(x, y) := (1 x y) - wielomiany funkcji kształtu

$dN_x(x, y) = \frac{d}{dx} N(x, y)$   
- pochodna wielomianu funkcji kształtu

$dN_x := (0 \quad 1 \quad 0)$

$dN_y(x, y) = \frac{d}{dy} N(x, y)$   
- pochodna wielomianu funkcji kształtu

$dN_y := (0 \quad 0 \quad 1)$

$M(x) = \begin{pmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{pmatrix}$  - macierz współrzędnych elementu

$M(x) := \text{stack}(N(x_1, x_2), N(x_3, x_4), N(x_5, x_6))$

$Ma := M(xa)$   $Ma = \begin{pmatrix} 1 & -0.04 & 0 \\ 1 & 0.06 & -0.01 \\ 1 & 0 & 0.04 \end{pmatrix}$  - macierz współrzędnych elementu "a"

$|Ma| = 4.400000 \times 10^{-3}$  - podwojone pole powierzchni elementu

$A2 := |Ma|$

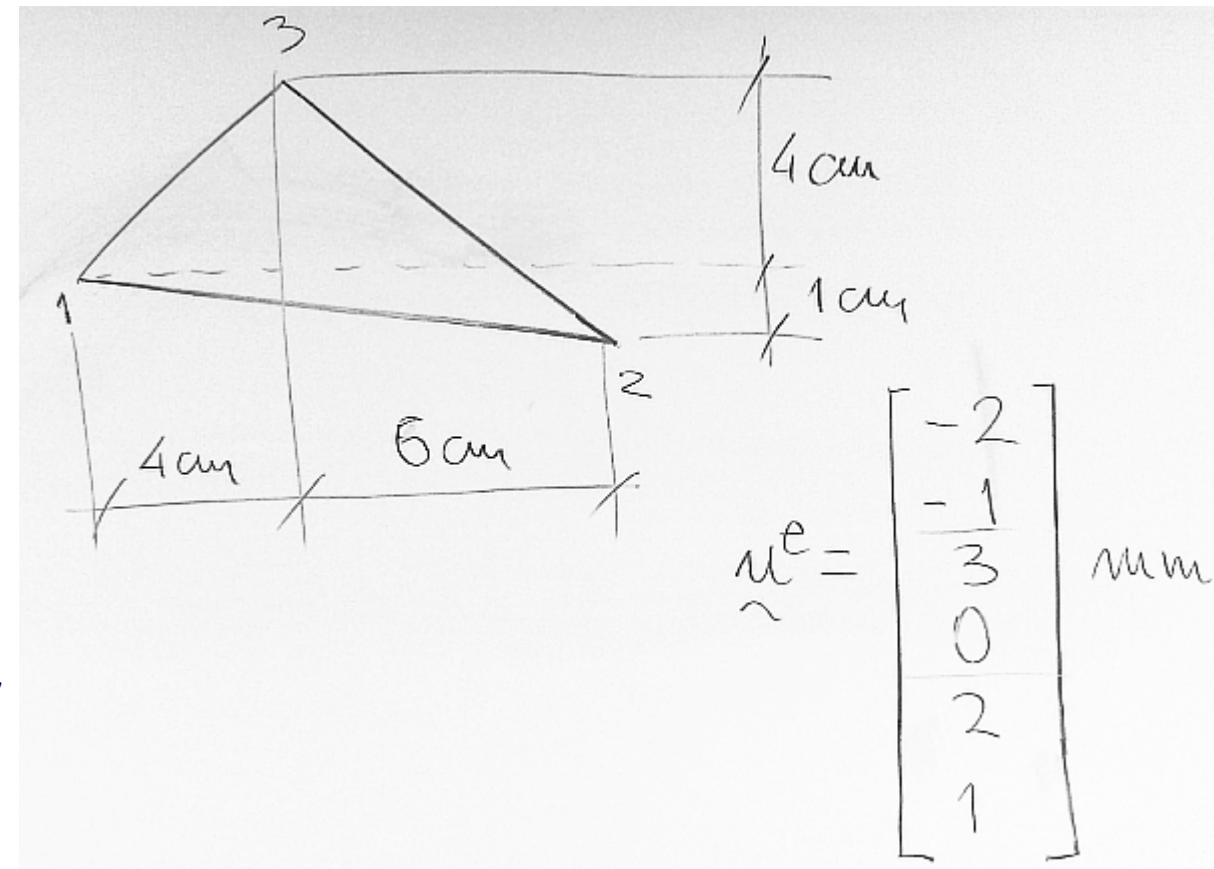
*Wyznaczanie współczynników funkcji kształtu*

$u_i := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$   $\alpha_i := \text{lsolve}(Ma, u_i)$   $u_j := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$   $\alpha_j := \text{lsolve}(Ma, u_j)$   $u_k := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$   $\alpha_k := \text{lsolve}(Ma, u_k)$

*wektor współrzędnych elementu*

*wektor przemieszczeń elementu*

$$xa = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ x_j \\ y_j \\ x_k \\ y_k \end{pmatrix} \quad xa := \begin{pmatrix} -4 \\ 0 \\ 6 \\ -1 \\ 0 \\ 4 \end{pmatrix} \cdot 10^{-2} \quad u := \begin{pmatrix} -2 \\ -1 \\ 3 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3}$$



$$\alpha i = \begin{pmatrix} 5.454545 \times 10^{-1} \\ -1.136364 \times 10^1 \\ -1.363636 \times 10^1 \end{pmatrix}$$

$$\alpha j = \begin{pmatrix} 3.636364 \times 10^{-1} \\ 9.090909 \times 10^0 \\ -9.090909 \times 10^0 \end{pmatrix}$$

$$\alpha k = \begin{pmatrix} 9.090909 \times 10^{-2} \\ 2.272727 \times 10^0 \\ 2.272727 \times 10^1 \end{pmatrix}$$

$$Ni\left(x,y\right):=N\left(x,y\right)\cdot\alpha i \quad \textit{- funkcja kształtu węzła "i"}$$

$$Nj\left(x,y\right):=N\left(x,y\right)\cdot\alpha j \quad \textit{- funkcja kształtu węzła "j"}$$

$$Nk\left(x,y\right):=N\left(x,y\right)\cdot\alpha k \quad \textit{- funkcja kształtu węzła "k"}$$

$$B\alpha\left(\alpha\right):=\begin{pmatrix} dNx\cdot\alpha & 0 \\ 0 & dNy\cdot\alpha \\ dNy\cdot\alpha & dNx\cdot\alpha \end{pmatrix} \quad \textit{- macierz geometryczna węzła}$$

$$B:=augment\left(B\alpha\left(\alpha i\right),B\alpha\left(\alpha j\right),B\alpha\left(\alpha k\right)\right) \quad \textit{- macierz geometryczna elementu}$$

$$B=\begin{pmatrix} -11.3636 & 0 & 9.0909 & 0 & 2.2727 & 0 \\ 0 & -13.6364 & 0 & -9.0909 & 0 & 22.7273 \\ -13.6364 & -11.3636 & -9.0909 & 9.0909 & 22.7273 & 2.2727 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\underline{\varepsilon}}:=B\cdot u=\begin{pmatrix} 5.4545 \\ 3.6364 \\ 5.9091 \end{pmatrix}\cdot\% \quad \textit{- wektor odkształceń elementu CST}$$

$$10000A2=44$$

$$100\cdot A2\cdot B=\begin{pmatrix} -5 & 0 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -6 & 0 & -4 & 0 & 10 \\ -6 & -5 & -4 & 4 & 10 & 1 \end{pmatrix}$$

$$100A2\cdot\alpha i=\begin{pmatrix} 0.24 \\ -5 \\ -6 \end{pmatrix}$$

$$100A2\cdot\alpha j=\begin{pmatrix} 0.16 \\ 4 \\ -4 \end{pmatrix}$$

$$100A2\cdot\alpha k=\begin{pmatrix} 0.04 \\ 1 \\ 10 \end{pmatrix}$$