

ORIGIN := 1

Podać składowe wektora odkształceń elementu CST

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

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

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

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

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

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

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

$Ma := M(xa) \quad Ma = \begin{pmatrix} 1 & -0.02 & 0 \\ 1 & 0.04 & 0 \\ 1 & 0 & 0.03 \end{pmatrix}$ - macierz współrzędnych elementu "a"

$|Ma| = 1.800000 \times 10^{-3}$ - podwojone pole powierzchni elementu

$A2 := |Ma|$

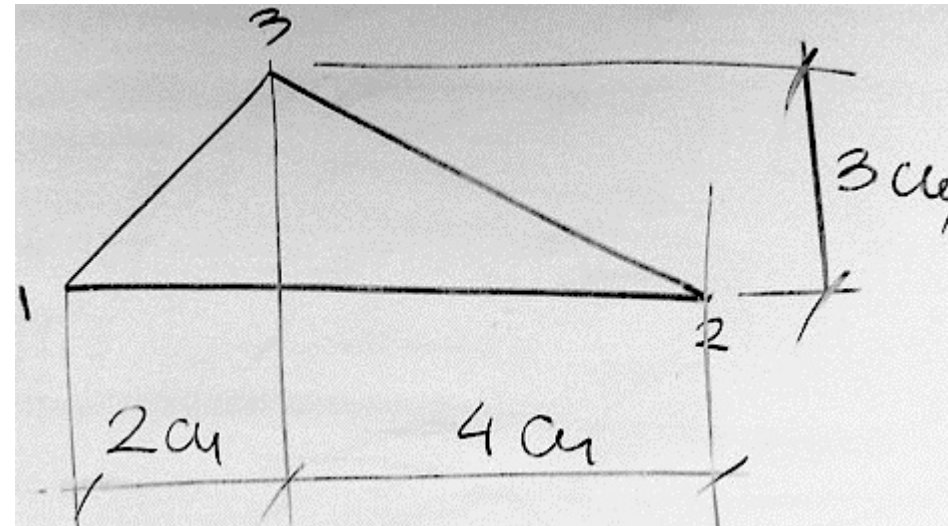
Wyznaczanie współczynników funkcji kształtu

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

wektor współrzędnych elementu

wektor przemieszczeń elementu

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



$$u_e = \begin{bmatrix} -2 \\ 2 \\ 1 \\ -1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ mm}$$

$$\alpha i = \begin{pmatrix} 6.666667 \times 10^{-1} \\ -1.666667 \times 10^1 \\ -2.222222 \times 10^1 \end{pmatrix}$$

$$\alpha j = \begin{pmatrix} 3.333333 \times 10^{-1} \\ 1.666667 \times 10^1 \\ -1.111111 \times 10^1 \end{pmatrix}$$

$$\alpha k = \begin{pmatrix} 0 \times 10^0 \\ 0 \times 10^0 \\ 3.333333 \times 10^1 \end{pmatrix}$$

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

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

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

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

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

$$100 \cdot A2 \cdot B = \begin{pmatrix} -3 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -4 & 0 & -2 & 0 & 6 \\ -4 & -3 & -2 & 3 & 6 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\varepsilon} := B \cdot u = \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 8.3333 \end{pmatrix} \cdot \% \quad \text{- wektor odkształceń elementu CST}$$

$$100000A2 \cdot \varepsilon = \begin{pmatrix} 9 \\ 1.249 \times 10^{-15} \\ 15 \end{pmatrix}$$

$$100A2 \cdot \alpha i = \begin{pmatrix} 0.12 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix}$$

$$100A2 \cdot \alpha j = \begin{pmatrix} 0.06 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix}$$

$$100A2 \cdot \alpha k = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$10000A2 = 18$$