- Model matematyczny elementu belkowego w bazie lokalnej

$$Q = K \cdot q$$

$$Q = \begin{pmatrix} V_i \\ M_i \\ V_k \\ M_k \end{pmatrix} \qquad Q = \begin{pmatrix} u_i \\ \phi_i \\ u_k \\ \phi_k \end{pmatrix} \qquad K = \frac{E \cdot I}{l^3} \cdot \begin{pmatrix} m & n \cdot l & -m & n \cdot l \\ n \cdot l & p \cdot l^2 & -n \cdot l & q \cdot l^2 \\ -m & -n \cdot l & m & -n \cdot l \\ n \cdot l & q \cdot l^2 & -n \cdot l & p \cdot l^2 \end{pmatrix}$$

Sformułowanie modelu matematycznego w ujęciu teorii I rzędu

W analizie I rzędu stosuje się zasadę zesztywnienia, tzn. rozpatruje się nieodkształconą, pierwotną geometrię konstrukcji, niezależnie od stanu obciążenia - warunki równowagi ustroju formulowane są w odniesieniu do geometrii początkowej.

$$m = 12 \qquad n = 6 \qquad p = 4 \qquad q = 2$$

W analizie II rzędu odstępuje się od zasady zesztywnienia uwzględniając zdeformowaną geometrię konstrukcji - warunki równowagi ustroju formułowane są w odniesieniu do geometrii odkształconej.

$$\varepsilon = l \cdot \sqrt{\frac{N}{\mu \cdot E \cdot I}}$$

$\mu = 1$ jeśli nie uwzględnia się podatności pręta na ścinanie

Współczynniki dla siły ściskającej

$$m = \frac{\mu^2 \cdot \varepsilon^3 \cdot sin(\varepsilon)}{2 \cdot (1 - cos(\varepsilon)) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sin(\varepsilon)}$$

$$n = \frac{\mu \cdot \varepsilon^2 \cdot (1 - cos(\varepsilon))}{2 \cdot (1 - cos(\varepsilon)) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sin(\varepsilon)}$$

$$p = \frac{\varepsilon \cdot (sin(\varepsilon) - \mu \cdot \varepsilon \cdot cos(\varepsilon))}{2 \cdot (1 - cos(\varepsilon)) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sin(\varepsilon)}$$

$$q = \frac{\varepsilon \cdot (\mu \cdot \varepsilon - sin(\varepsilon))}{2 \cdot (1 - cos(\varepsilon)) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sin(\varepsilon)}$$

Współczynniki dla siły rozciągającej

$$m = -\frac{\mu^2 \cdot \varepsilon^3 \cdot sinh(\varepsilon)}{2 \cdot (cosh(\varepsilon) - 1) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sinh(\varepsilon)}$$

$$n = \frac{\mu \cdot \varepsilon^2 \cdot (1 - cosh(\varepsilon))}{2 \cdot (cosh(\varepsilon) - 1) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sinh(\varepsilon)}$$

$$p = \frac{\varepsilon \cdot (sinh(\varepsilon) - \mu \cdot \varepsilon \cdot cosh(\varepsilon))}{2 \cdot (cosh(\varepsilon) - 1) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sinh(\varepsilon)}$$

$$q = \frac{\varepsilon \cdot (\mu \cdot \varepsilon - sinh(\varepsilon))}{2 \cdot (cosh(\varepsilon) - 1) - \mu \cdot \varepsilon \cdot sinh(\varepsilon)}$$