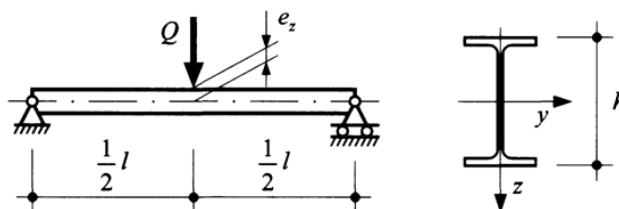


ANALITYCZNE I DOŚWIADCZALNE WYZNACZENIE NOŚNOŚCI KRYTYCZNEJ NA ZWICHRZENIE BELKI DWUTEOWEJ

1. ANALITYCZNE WYZNACZENIE MOMENTU ZWICHRZENIA



Rys. 1. Schemat belki

Zależność na siłę krytyczną zwiczenia belki, wg Timoshenki, siła i moment krytyczny zwiczenia wynoszą

$$Q_{cr} = \gamma_2 \frac{\sqrt{EI_z GI_T}}{L^2} = 15,41525 \cdot \frac{\sqrt{2,1 \cdot 10^5 \cdot 6,29 \cdot 10^4 \cdot 0,8077 \cdot 10^5 \cdot 0,93 \cdot 10^4}}{2200^2} = 10,032 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = \frac{1}{4} Q_{cr} L = \frac{1}{4} 10,032 \cdot 2,2 = 5,5178 \text{ kNm}$$

1.1. Wyznaczenie momentu zwiczenia według normy PN-90B-03200

W powyższej normie do obliczenia teoretycznego momentu zwiczenia podano wzór [3]

$$M_{cr} = 0,76 a_s N_z + \sqrt{(0,76 a_s N_z)^2 + 1,37^2 N_z (i_0^2 N_\varphi)} = \frac{Q_{cr} L}{4}$$

moment krytyczny zwiczenia wynosi

$$M_{cr} = 0,76 \cdot 40 \cdot 26935,46 + \sqrt{(0,76 \cdot 40 \cdot 26935,46)^2 + 1,37^2 \cdot 26935,46 (787124883,7)} = 7,1799 \text{ kNm}$$

a siła krytyczna wynosi

$$Q_{cr} = \frac{4M_{cr}}{L} = \frac{4 \cdot 7,179947,506}{2200} = 13,054 \text{ kN}$$

1.2. Wyznaczenie momentu zwiczenia według normy PN-EN 1993-1-1. Eurokod 3, cz.1-1.

Sprężysty moment krytyczny jest obliczany według formuły wyprowadzonej z teorii zwiczenia

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g)^2} \right. \\ \left. - (C_2 z_g) \right\} =$$

$$= 1,348 \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 6,29 \cdot 10^4}{2200^2} \left\{ \sqrt{\frac{84 \cdot 10^6}{6,29 \cdot 10^4} + \frac{2200^2 \cdot 0,81 \cdot 10^5 \cdot 0,93 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 6,29 \cdot 10^4} + (0,63 \cdot 40)^2} \right. \\ \left. - (0,63 \cdot 40) \right\} = 5,359 \text{ kNm}$$

Siła krytyczna zwiczenia

$$Q_{cr} = \frac{4M_{cr}}{L} = \frac{4 \cdot 5,359007,566}{2200} = 9,7437 \text{ kN}$$

1.3. Obliczenia programem LTBeam

Z obliczeń programem LTBeam (zalecanego w PN-EN 1993-1-1. Eurokod 3) otrzymano wartość momentu krytycznego

$$M_{cr} = 5,3775 \text{ kNm}$$

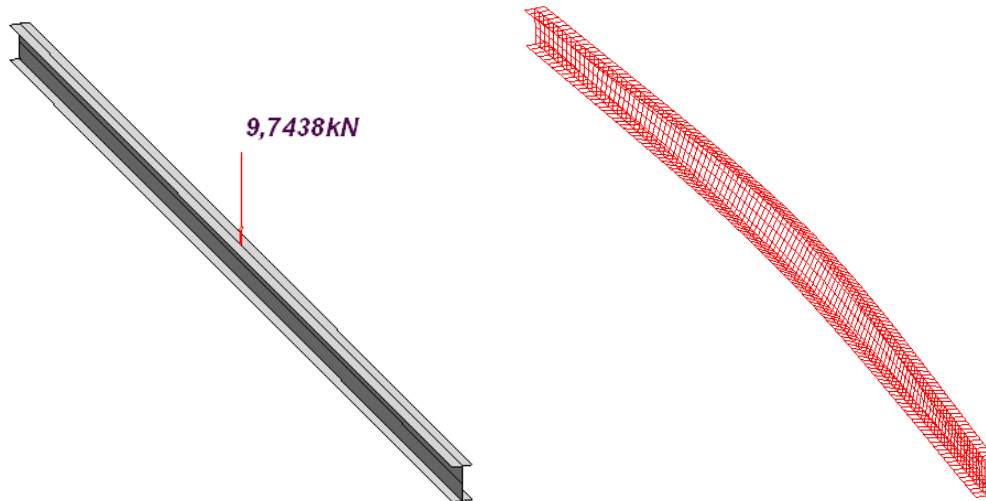
oraz siły krytycznej

$$Q_{cr} = \frac{4M_{cr}}{L} = \frac{4 \cdot 5,3775}{2,2} = 9,7772 \text{ kN}$$

1.4. Obliczenia za pomocą programu Autodesk Robot Structural Analysis

Program ten jest zaawansowanym narzędziem służącym do analiz statycznych, stateczności, dynamiki i innych, korzystającym z metody elementów skończonych.

Modelując zginaną belkę za pomocą elementów powłokowych (rys.3), uzyskano rozwiązanie utraty stateczności ogólnej zwanej zwichrzeniem belki.



Rys.3 Model obliczeniowy i postać zwichrzenia belki

Wyznaczona z programu wartość siły krytycznej

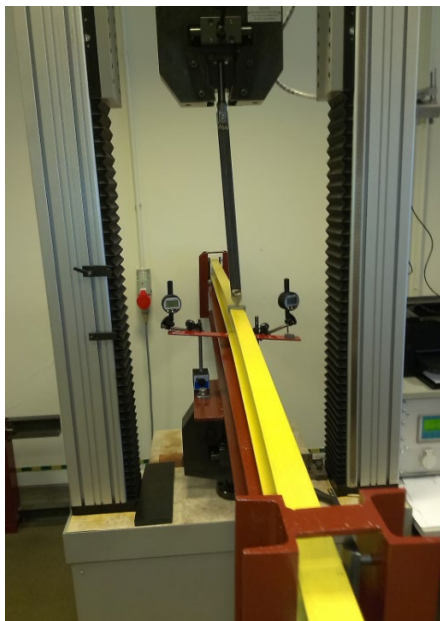
$$Q_{cr} = 9,7438 \text{ kN}$$

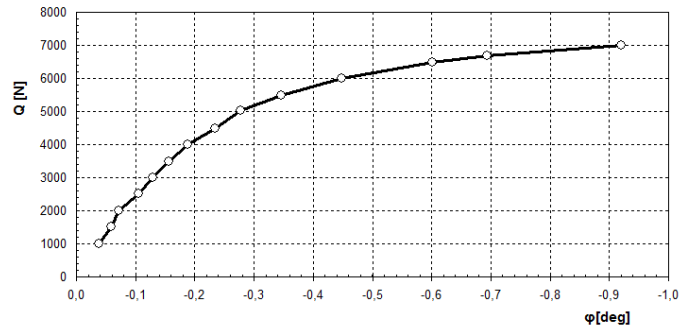
oraz wartość momentu krytycznego

$$M_{cr} = \frac{1}{4} Q_{cr} L = \frac{1}{4} 9,7438 \cdot 2,2 = 5,359 \text{ kNm}$$

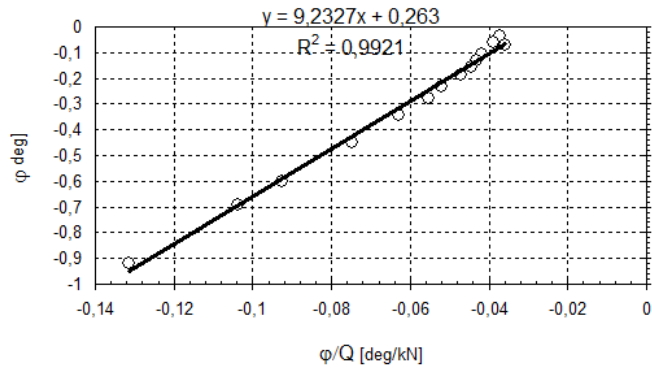
2. DOŚWIADCZALNE WYZNACZENIE MOMENTU ZWICHRZENIA

Obciążenie Q wykonywała maszyna, mierzone były przemieszczenia pionowe na podstawie, których wyznaczony był kąt skręcenia φ przekroju względem osi wzdłużnej.





Wykres siły Q w funkcji kąta skręcenia φ



Prosta wyznaczona z metody Southwella

Wyznaczona z pomiarów wartość siły krytycznej i momentu krytycznego

$$Q_{cr} = 9,2327 \text{ kN} \quad M_{cr} = \frac{1}{4} Q_{cr} L = \frac{1}{4} 9,2327 \cdot 2,2 = 5,08 \text{ kNm}$$