

**[例題 3.1]**

直径 40 [mm]、肉厚 1.5 [mm]、長さ 80[cm]の鋼管がある。この材料の降伏点は 520 [MPa]、引張り強さは 660 [MPa]である。終極荷重として圧縮で 70 [kN]、引張りで 90 [kN]が作用するとき、余裕安全率を求めよ。圧縮のとき端末条件係数、端末が溶接してあるので、引張りのとき強度低下が 15 [%]あるとする。

解)

薄肉円筒の断面二次モーメントは、内半径を  $r_1$ 、外半径を  $r_2$ 、厚さを  $t = r_2 - r_1$ 、平均半径を  $r_m = (r_2 + r_1)/2$  とおくと、式(1.17)用いて

$$I = \pi r_m^3 t = \pi \frac{d_0^3}{8}$$

と表すことができる。よって鋼管の断面二次モーメント  $I$  は

$$I = \pi \cdot 1.5 \cdot \frac{40^3}{8} = 37699 [\text{mm}^4]$$

となる。断面積  $A$  も近似計算すると

$$A = \pi d_0 t = 3.14 \times 1.5 \times 40 = 188.5 \text{mm}^2$$

となる。以上から、断面二次半径  $i$ 、細長比  $l/i$  は

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{37699}{188.5}} = 14.14 \cong 14.1 [\text{mm}]$$

$$\frac{l}{i} = \frac{80 \times 10}{14.14} = 56.57 \cong 56.6$$

となる。

Tetmajer の式を使って長柱と短柱の接する細長比を計算すると、 $E = 207 [\text{GPa}]$ として

$$\sqrt{3} \cdot \pi \cdot \sqrt{E/\sigma_y} = \sqrt{3} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{207 \times 10^9}{520 \times 10^6}} = 108.6$$

を得る。先に計算した細長比 56.6 はこれより小さいので、この例の鋼管は短柱に入る。

座屈応力は教科書 p.51 式(3.16)から、

$$\sigma_{cr} = \sigma_y \left[ 1 - \frac{2}{3\sqrt{3}\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \left( \frac{l}{i} \right) \right]$$

$$= 520 \times 10^6 \left[ 1 - \frac{2}{3\sqrt{3}\pi} \sqrt{\frac{520 \times 10^6}{207 \times 10^9}} \cdot 56.57 \right] = 339.4 \cong 339 [\text{MPa}]$$

となる。座屈荷重は

$$P_{cr} = 339.3 \times 10^6 \times 188.5 \times 10^{-6} = 63976 [N] \cong 64.0 [kN]$$

余裕安全率は

$$f = \frac{P_{cr}}{P} - 1 = \frac{63.96 \times 10^3}{70 \times 10^3} - 1 = 0.91 - 1 = -0.09$$

となる。

引張りでの終極強さは

$$660 \times 10^6 \times 0.85 = 561 [MPa]$$

であり、荷重では

$$P_{crit} = 561 \times 10^6 \times 188.5 \times 10^{-6} = 106 [kN]$$

となることから、余裕安全率は

$$f = \frac{P_{crit}}{P} - 1 = \frac{106}{90} - 1 = 0.17$$

となる。

よって Tetmajer の式においては、座屈荷重に対して安全率が充分でない。すなわち、座靴を生じる恐れがある。