

第 4 章

1. 丸棒に生じる応力は，式 4-1 より

$$\sigma = \frac{W}{A} = \frac{20 \times 10^3}{\frac{\pi \times 0.01^2}{4}} = 255 \times 10^6 \text{ Pa} = 255 \text{ MPa}$$

ひずみは，式 4-3 より

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{255 \times 10^6}{206 \times 10^9} = 1.238 \times 10^{-3}$$

伸びは，式 4-2 より

$$\Delta l = \varepsilon l = 1.238 \times 10^{-3} \times 0.5 = 0.619 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.619 \text{ mm}$$

2. 全体の伸びは AC 間の伸びと BC 間の伸びの和となるため，

$$\begin{aligned} \Delta l &= \frac{Wa}{\frac{\pi d_1^2}{4} E} + \frac{W(l-a)}{\frac{\pi d_2^2}{4} E} \\ &= \frac{4W}{\pi E} \left(\frac{a}{d_1^2} + \frac{l-a}{d_2^2} \right) \\ &= \frac{4 \times 50 \times 10^3}{\pi \times 206 \times 10^9} \left(\frac{0.2}{0.05^2} + \frac{0.5-0.2}{0.03^2} \right) \\ &= 0.128 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.128 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. 接着部に生じるせん断応力は，式 4-4 より

$$\tau = \frac{S}{A} = \frac{6 \times 10^3}{0.015 \times 0.020} = 20 \times 10^6 \text{ Pa} = 20 \text{ MPa}$$

せん断ひずみは，式 4-6 より

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{20 \times 10^6}{60 \times 10^9} = 0.33 \times 10^{-3}$$

4. 断面二次モーメントは，表 4-2 より

$$I = \frac{1}{12} (b_2 h_2^3 - b_1 h_1^3) = \frac{1}{12} (0.06 \times 0.08^3 - 0.04 \times 0.05^3) = 2.14 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

断面係数は，式 4-38 より

$$Z = \frac{I}{\frac{h_2}{2}} = \frac{2I}{h_2} = \frac{2 \times 2.14 \times 10^{-6}}{0.08} = 5.35 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

はりに生じる最大曲げ応力は，式 4-39 より

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{Z} = \frac{Wl}{Z} = \frac{200 \times 0.5}{5.35 \times 10^{-5}} = 1.87 \times 10^6 \text{ Pa} = 1.87 \text{ MPa}$$

最大たわみは，表 4-1 より

$$\delta_{\max} = \frac{Wl^3}{3EI} = \frac{200 \times 0.5^3}{3 \times 206 \times 10^9 \times 2.14 \times 10^{-6}} = 18.9 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.0189 \text{ mm}$$

5. 表 4-2 の長方形断面において $b=h=a$ とおくと，正方形断面の断面二次モーメントは

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0.025^4}{12} = 0.0326 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

最大たわみは，表 4-1 より

$$\delta_{\max} = \frac{Wl^3}{48EI}$$

よって，はりに加えることのできる最大荷重は

$$W = \frac{48EI\delta_{\max}}{l^3} = \frac{48 \times 206 \times 10^9 \times 0.0326 \times 10^{-6} \times 0.001}{0.8^3} = 629 \text{ N}$$

6. 中空軸の極断面係数は，表 4-3 より

$$Z_p = \frac{\pi}{16} \left(\frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \right) = \frac{\pi}{16} \left(\frac{0.06^4 - 0.04^4}{0.06} \right) = 3.40 \times 10^{-5} \text{ m}$$

軸に生じる最大せん断応力は，式 4-52 より

$$\tau_{\max} = \frac{T}{Z_p} = \frac{500}{3.40 \times 10^{-5}} = 14.7 \times 10^6 \text{ Pa} = 14.7 \text{ MPa}$$

7. 使用応力は，式 4-1，式 4-61 より

$$\sigma = \frac{W}{A} = \frac{4W}{\pi d^2} \leq \frac{\sigma_B}{S_f}$$

よって，安全に使用できる丸棒の直径は

$$d \geq \sqrt{\frac{4WS_f}{\pi\sigma_B}} = \sqrt{\frac{4 \times 15 \times 10^3 \times 3}{\pi \times 600 \times 10^6}} = 9.78 \times 10^{-3} \text{ m} = 9.78 \text{ mm}$$