演習問題 5 の解答

問題 **5.1** の解答

最大せん断応力が$130\ \mathrm{MPa}$ のとき，式(5.1) より

$$130 \times 10^6 = \frac{16M_t}{\pi \times 0.25^3 \left[1 - \left(\frac{18}{25}\right)^4\right]}$$

よって，負荷できるねじりモーメントは

$$M_t = 2.917 \times 10^5\ \mathrm{N \cdot m}$$

比ねじれ角が$0.25^\circ = 0.00436\ \mathrm{rad}$のとき，式(5.2) より

$$0.00436 = \frac{32M_t}{82 \times 10^9 \pi \times 0.25^4 \left[1 - \left(\frac{18}{25}\right)^4\right]}$$

よって，負荷できるねじりモーメントは

$$M_t = 1.003 \times 10^5\ \mathrm{N \cdot m}$$

問題**5.2**の解答

AB 部分の最大せん断応力が材料の許容ねじり応力$\tau_a = 35\ \mathrm{MPa}$と同じであるとき，式(5.1) より，

$$35 \times 10^6 = \frac{16 \times 9000}{\pi \times 0.14^3 \left[1 - \left(\frac{d_1}{0.14}\right)^4\right]}$$

が得られる。この方程式を解くと

$$\left[1 - \left(\frac{d_1}{0.14}\right)^4\right] = 0.477$$

よって，内径d_1は

$$d_1 = 0.119\ \mathrm{m}$$

このとき，AB 部分のねじれ角ψ_{AB}は

$$\psi_{AB} = \frac{32 \times 9000 \times 0.25}{82 \times 10^9 \pi \times 0.14^4 \times 0.477} = 0.00152\ \mathrm{rad}$$

また，CD 部分ではその最大せん断応力が材料の許容ねじり応力$\tau_a = 35\ \mathrm{MPa}$と同じであるとき，

$$35 \times 10^6 = \frac{16 \times 9000}{\pi \times d_0^3}$$

が得られる。この方程式を解くと

$$d_0 = 0.109\ \mathrm{m}$$

このとき，CD 部分のねじれ角ψ_{CD}は

$$\psi_{CD} = \frac{32 \times 9000 \times 0.3}{82 \times 10^9 \pi \times 0.109^4} = 0.00238\ \mathrm{rad}$$

なお，BC 部分のねじれ角ψ_{BC}は

$$\psi_{BC} = \frac{32 \times 9000 \times 0.15}{82 \times 10^9 \pi \times 0.14^4} = 0.00044\ \mathrm{rad}$$

である。したがって，全体のねじれ角ψは

$$\psi = \psi_{AB} + \psi_{BC} + \psi_{CD} = 0.00435\ \mathrm{rad} = 0.25^\circ$$

問題**5.3**の解答

B 部のねじれ角をψとする。このとき，AB のねじりモーメントM_{t1}は

$$M_{t1} = \frac{G\pi d_1^4 \psi}{32 l_1}$$

であり，BC のねじりモーメントM_{t2}は

$$M_{t2} = \frac{G\pi d_2^4 \psi}{32 l_2}$$

である。$M_{t1} + M_{t2} = M_t$であるため，式

$$\frac{80 \times 10^9 \pi \psi}{32}\left[\frac{0.02^4}{1} + \frac{0.03^4}{2}\right] = 2.5$$

が得られる。よって，

$$\psi = 0.563 \times 10^{-3}\ \mathrm{rad} = 0.032^\circ$$

問題**5.4**の解答

ねじれ角が$1.5^\circ = 0.0262\ \mathrm{rad}$のとき，

$$0.0262 = \frac{32 \times 2000 \times 1.5}{82 \times 10^9 \pi \times d_2^4 \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^4\right]}$$

よって，

$$d_2 = 0.062\ \mathrm{m}$$

また，最大せん断応力が$80\ \mathrm{MPa}$のとき，

$$80 \times 10^6 = \frac{16 \times 2000}{\pi \times d_2^3 \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^4\right]}$$

よって，

$$d_2 = 0.051\ \mathrm{m}$$

したがって，せん断応力とねじれ角の条件を同時に満たすために軸の外径d_2を$d_2 = 0.062\ \mathrm{m}$にすればよい。

問題 **5.5** の解答

例題 5.1 の式(b)より，

$$3 \times \frac{\pi}{180} = 7.15 \times 10^7 \frac{H_0 \times 5}{82 \times 120 \times 100^4}$$

よって，軸の伝える馬力は

$$H_0 = 144\ \text{馬力}$$

このとき，最大せん断応力は例題 5.1 の式(a)より，

$$\tau_{max} = 3.57 \times 10^7 \times \frac{144}{120 \times 100^3} = 42.8\ (\mathrm{MPa})$$

問題 **5.6** の解答

例題 5.1 の式(a)より，

$$75 = 3.57 \times 10^7 \frac{200}{120 \times d^3}$$

よって，必要な直径は

$$d = 92.6\ \mathrm{mm}$$

問題 **5.7** の解答

例題 5.1 の式(a)と同様に計算すれば，

$$75 = 3.57 \times 10^7 \frac{8000}{100 \times d_2^3 \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^4\right]}$$

が得られる。よって，必要な外径は

$$d_2 = 344\ \mathrm{mm}$$

内径は

$$d_1 = 172\ \mathrm{mm}$$

問題 **5.8** の解答

式(5.10)より

$$0.004 = \frac{64 \times 10 \times 0.05^3}{82 \times 10^9 \times 0.005^4} P$$

よって

$$P = 2.5625 \text{ N}$$

最大せん断応力は，式(5.8) より

$$\tau_{max} = \frac{16 \times 2.5625 \times 0.05 \times \left(1 + \frac{5}{4 \times 50}\right)}{\pi \times 0.005^3} = 5.35 \text{ (MPa)}$$

問題 **5.9** の解答

両ばねの伸びの和がδ = 60 mmである。式(5.10) より

$$\frac{64P}{G}\left[\frac{n_a R_a^3}{d_a^4} + \frac{n_b R_b^3}{d_b^4}\right] = \delta$$

すなわち

$$\frac{64P}{82 \times 10^9}\left[\frac{10 \times 0.05^3}{0.01^4} + \frac{15 \times 0.12^3}{0.015^4}\right] = 0.06$$

この式から荷重

$$P = 120.7 \text{ N}$$

なお，ばね a に生じる最大せん断応力τ_aは，式(5.8)より

$$\tau_a = \frac{16 \times 120.7 \times 0.05 \times \left(1 + \frac{0.01}{4 \times 0.05}\right)}{\pi \times 0.01^3} = 32.3 \text{ (MPa)}$$

ばね b に生じる最大せん断応力τ_bは，式(5.8)より

$$\tau_b = \frac{16 \times 120.7 \times 0.12 \times \left(1 + \frac{0.015}{4 \times 0.12}\right)}{\pi \times 0.015^3} = 22.5 \text{ (MPa)}$$