

第7章 演習問題解答

演習1

式7-9から,

$$d_2 \geq 365 \sqrt[3]{\frac{P}{\tau_a N (1 - k_d^4)}} = 365 \sqrt[3]{\frac{200}{50 \times 500 \times (1 - 0.5^4)}} = 74.59 \text{ mm}$$

JIS (付表7-1) から, 軸径を 75mm とする。

演習2

質量比を α とすると, 中実丸軸の断面積に対して中空丸軸の断面積が α 倍になるので,

$$\alpha d^2 = (1 - k_d^2) d_2^2$$

となるため,

$$k_d^2 = 1 - \alpha \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \quad \text{①}$$

また, 強度が等しいことから, 中実丸軸と中空丸軸の極断面係数 Z_p [mm^3] が等しくなるので,

$$d^3 = (1 - k_d^4) d_2^3 \quad \text{②}$$

式②に式①を代入すると,

$$\alpha^2 \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 + \left(\frac{d}{d_2} \right) - 2\alpha = 0 \quad \text{③}$$

式③を解くと,

$$\frac{d}{d_2} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8\alpha^3}}{2\alpha^2} \quad \text{④}$$

式④に $\alpha = 0.6$ を代入すると, $d/d_2 = 0.905$ となるから, 外径 d_2 [mm] は以下の通りになる。

$$d_2 = 0.905 \times 40 = 44.2 \text{ mm}$$

演習3

相当曲げモーメント Me [$\text{N}\cdot\text{mm}$] は式7-14より,

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{1}{2} \left(M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) = \frac{1}{2} \left\{ 150 \times 10^3 + \sqrt{(150 \times 10^3)^2 + (50 \times 10^3)^2} \right\} \\ &= 154 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

したがって、式7-2より、

$$d \geq 2.17 \sqrt[3]{\frac{M_e}{\sigma_a}} = 2.17 \sqrt[3]{\frac{154 \times 10^3}{80}} = 27.0 \text{ mm}$$

JIS (付表7-1) より軸径を28mmとする。

演習4

軸の密度は $7.8 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ であるから、軸の自重のみによる危険速度 $n_{c0} [\text{min}^{-1}]$ は式7-28より、

$$n_{c0} = \frac{30\pi}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \times 10^3 = \frac{30\pi}{700^2} \sqrt{\frac{200 \times \frac{\pi}{64} \times 20^4}{7.8 \times 10^{-6} \times \frac{\pi}{4} \times 20^2}} \times 10^3 = 4867 [\text{min}^{-1}]$$

また、集中荷重による危険速度 $n_{c1} [\text{min}^{-1}]$ は式7-32より、

$$n_{c1} = \frac{30}{\pi ab} \sqrt{\frac{3EI}{m}} \times 10^3 = \frac{30}{\pi \times 350^2} \sqrt{\frac{3 \times 200 \times \frac{\pi}{64} \times 20^4 \times 700}{5}} \times 10^3 = 2002 [\text{min}^{-1}]$$

したがって、これらの値を式7-33に代入すると、危険速度 $n_c [\text{min}^{-1}]$ は 1850 min^{-1} となる。

演習5

キー溝がない場合は、式7-7より、

$$d \geq 365 \sqrt[3]{\frac{P}{\tau_a N}} = 365 \sqrt[3]{\frac{35}{40 \times 500}} = 44.0 \text{ mm}$$

JIS (付表7-1) より暫定的に軸径45mmを選択する。軸径45mmのキー寸法はJIS (付表7-2) より 14×9 ($b \times h$) である。軸に設けるキー溝の深さを近似的に $h/2$ とすると、式7-39から、

$$\gamma = 1 - 0.2 \frac{b}{d} - 1.1 \frac{t}{d} = 1 - 0.2 \times \frac{14}{45} - 1.1 \times \frac{4.5}{45} = 0.828$$

したがって、許容せん断応力が0.828倍になると考える。式7-7より、

$$d \geq 365 \sqrt[3]{\frac{P}{\gamma \tau_a N}} = 365 \sqrt[3]{\frac{35}{0.828 \times 40 \times 500}} = 46.8 \text{ mm}$$

となるため、キー溝を設けた場合、軸径 45mm は不適切である。JIS より軸径 48mm を選択すると、キー寸法は変化しないので、 $\gamma > 0.828$ となるため、必要な軸径は 46.8mm よりも小さくなる。したがって、軸径を 48mm とする。

演習 6

式 7-45 より,

$$W \leq \frac{4bh^2\sigma_a}{3D} = \frac{4 \times 8 \times 38^2 \times 85}{3 \times 60} = 21.8 \times 10^3 \text{ N}$$

式 7-46 より,

$$W \leq 2bh\tau_a = 2 \times 8 \times 38 \times 55 = 33.4 \times 10^3 \text{ N}$$

式 7-47 より,

$$W \leq 2bdp_a = 2 \times 8 \times 30 \times 60 = 28.8 \times 10^3 \text{ N}$$

したがって、許容荷重は 21.8 kN となる。

演習 7

式 7-56 より,

$$\begin{aligned} T &\leq \mu W \left(\frac{D_2 + D_1}{4} \right) = \frac{\mu\pi}{4} \left(\frac{D_2 + D_1}{4} \right) (D_2^2 - D_1^2) p_a \\ &= \frac{0.2 \times \pi}{4} \left(\frac{200 + 150}{4} \right) (200^2 - 150^2) \times 1.0 = 240 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

式 7-4 より,

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \times 10^{-6} = \frac{2\pi \times 200 \times 240 \times 10^3}{60} \times 10^{-6} = 5.02 \text{ kW}$$

したがって、5.02 kW の動力を伝達することができる。