演習問題 2 の解答

問題 2.1 の解答

(1) $P_3 = 20kgf = 20 \times 9.8 = 196\text{N}$ したがって

$$P_4 = P_1 + P_2 - P_3 = 230 + 180 - 196 = 214N = 21.8kgf$$

(2) 1-2:$230 - 180 = 50\text{N}$

2-3:$180 + 196 = 376\text{N}$

3-4:$214 - 196 = 18\text{N}$

問題 2.2 の解答

応力$\sigma = \frac{P}{A}$ 、ひずみ$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ 、伸び$\lambda = \frac{Pl}{EA} = \varepsilon l$ より、

① $\sigma_1 = \frac{4\times1000(N)}{\pi(0.002)^2(m^2)} = 318 \times 10^6(Pa) = 318(MPa)$

$$\varepsilon_1 = \frac{318(MPa)}{206(GPa)} = 1.54 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_1 = 1.54 \times 10^{-3} \times 1000(mm) = 1.54(mm)$$

② $\sigma_2 = \frac{4\times1000(N)}{\pi(0.003)^2(m^2)} = 141 \times 10^6(Pa) = 141(MPa)$

$$\varepsilon_2 = \frac{141(MPa)}{70(GPa)} = 2.01 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_2 = 2.01 \times 10^{-3} \times 1000(mm) = 2.01(mm)$$

③ $\sigma_3 = \frac{4\times1000(N)}{\pi(0.005)^2(m^2)} = 50.9 \times 10^6(Pa) = 50.9(MPa)$

$$\varepsilon_3 = \frac{50.9(MPa)}{10(GPa)} = 5.09 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_3 = 5.09 \times 10^{-3} \times 1000(mm) = 5.09(mm)$$

(参考)位取りについて

$$1\frac{N}{mm^2} = 1\frac{N}{(10^{-3})^2m^2} = 1 \times 10^6\frac{N}{m^2} = 1MPa$$

であるので、荷重をＮ、断面積を mm^2 で表せば、応力は MPa の単位で出てくる。

問題 2.3 の解答

針金のかかる力は

$$P(N)=M(kg)\times g(m/s^2)=Mg(N) \qquad (2.3.1)$$

となるので、式(2.17)より

$$\lambda_S = \frac{Mg(N)\times l(m)}{E_S\times 10^9(Pa)\times A_S\times 10^{-6}(m^2)} = \frac{Mgl}{E_S A_S}\times 10^{-3}(m) = \frac{Mgl}{E_S A_S}(mm) \qquad (2.3.2)$$

が解。

アルミニウムに置き換えた場合の伸びは

$$\lambda_A = \frac{Mgl}{E_A A_A}(mm) \qquad (2.3.3)$$

となり、これが軟鋼の場合と同じになるためには式(2.3.2)と式(2.3.3)を等置して

$$A_A = \frac{E_S}{E_A}A_s \qquad (2.3.4)$$

が解。

式(2.3.4)を書き換えると

$$E_S A_S = E_A A_A \qquad (2.3.5)$$

となり、伸び（ひずみ）を同じにするためには、引っ張り剛性を同じにすればよい。これは式(2.17)からも自明である。

問題 2.4 の解答

長さ方向のひずみは、

$$\varepsilon = \frac{0.5(mm)}{500(mm)} = 1\times 10^{-3}$$

幅方向のひずみは、

$$\varepsilon' = -\nu\varepsilon = -0.3\times 10^{-3}$$

幅方向の変形量は、

$$\lambda' = \varepsilon' b = -0.3\times 10^{-3}\times 100(mm) = -0.03(mm)$$

問題 2.5 の解答

式(2.17)より

棒 1 の伸び：$\lambda_1 = \frac{Pl_1}{E_1 A'}$　　棒 2 の伸び：$\lambda_2 = \frac{Pl_2}{E_2 A}$

となり、全体の伸びは

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = (\frac{l_1}{E_1} + \frac{l_2}{E_2})\frac{P}{A}$$

と求められる。

問題 2.6 の解答

この松材の破壊荷重は$50 \times 10^6(Pa) \times 0.05(m) \times 0.1(m) = 250(kN)$で、許容荷重は安全率 7 で割り、250/7(kN)となる。したがって、アルミ合金の等価断面積を S(m^2)とすると、

$$\frac{250 \times 10^3(N)}{7} = \frac{400 \times 10^6(N/m^2) \times S(m^2)}{3}$$

が成り立ち、

$$\mathrm{S}(m^2) = \frac{250 \times 10^3(N)}{7} \times \frac{3}{400 \times 10^6(N/m^2)} = 268 \times 10^{-6}(m^2)$$

となる。これより、アルミ棒の直径は

$$\mathrm{d} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times 268(mm)} = 18.5(\mathrm{mm})$$

と計算される。

問題 2.7 の解答

まず、ボルトの許容応力は

$$\sigma_a = \frac{\sigma_B}{S} = 84(MPa)$$

である。パスカルの原理により、ふたの形にかかわらず、

$$\mathrm{W} = \frac{\pi}{4}D^2 p$$

の力がふた、つまりボルトに作用する。

また、ボルト 1 本の許容荷重を F とすると、

$$\mathrm{n} \geqq \frac{W}{F} = \frac{D^2 p}{d^2 \sigma_a} = \frac{500^2 \times 0.6}{12^2 \times 84} = 12.4$$

つまり、13 本と計算できる。

(注 1)ねじ（ボルトを含む ）の呼称に M..というのがあるが，M はメートルねじを，..の数字は直径を mm 単位でたとえば M12 と表す。この場合の 12 はねじの外径を示しており，

ねじでは溝を切っている分だけ有効直径が小さくなるので, 注意が必要である。

M12 のねじの有効直径は約 10.8 mm である。上記の解答は有効直径を 12 mm として計算した。

(注 2)この問題では計算上は 13 本となったが，円周を 13 等分するのは大変なので，加工・製作の観点からは 15 本 (おそらく 16 本)とするであろう。