

1 章 P9 演習問題 1.3

$l_1 = 3000\text{m}$ に沈んだ金塊 2000kg を引き上げる問題を考える. 海水及び金の比重量を $10\text{kN}/\text{m}^3, 189\text{kN}/\text{m}^3$ とし, CFRP ロッドで引き上げる場合, 断面積は最低いくら必要か. また, 水深 $l_2 = 6000\text{m}$ の場合はどうか.

(CFRP を一方向強化材 (L 方向): 強さ $S_C = 1600\text{MPa}$, 比重量 $v_C = 16\text{kN}/\text{m}^3$ として解く)

金の重量 W_{Au} および金塊に作用する浮力 F_{Au} は

$$\begin{aligned} W_{Au} &= 2000(\text{kg}) \times 9.807(\text{m}/\text{s}^2) = 19.61(\text{kN}) \\ F_{Au} &= \frac{\text{The Weight of Aurum}(\text{kN})}{\text{Specific Weight of Aurum}(\text{kN}/\text{m}^3)} \times \text{Specific} \\ &= \frac{19.61(\text{kN})}{189(\text{kN}/\text{m}^3)} \times 10(\text{kN}/\text{m}^3) \\ &\cong 1.04(\text{kN}) \end{aligned}$$

(1) 3000m の場合

CFRP の重量 W_{C3} および浮力 F_{C3} は

$$\begin{aligned} W_{C3} &= S_C \times A_{C3} \times l_1 \\ &= 16(\text{kN}/\text{m}^3) \times A_{C3}(\text{m}^2) \times 3000(\text{m}) \\ &= 48A_{C3} \times 10^3 \\ F_{C3} &= l_1 \times A_{C3} \times v_w \\ &= 3000(\text{m}) \times A_{C3}(\text{m}^2) \times 10(\text{kN}/\text{m}^3) \\ &= 30A_{C3} \times 10^3 \end{aligned}$$

よって, CFRP の最小の断面積 A_{C3} は

$$\begin{aligned} 1600 \times 10^3(\text{kN}/\text{m}^2) \times A_{C3}(\text{m}^2) &= (48A_{C3} \times 10^3(\text{kN}) + 19.1(\text{kN})) - (30A_{C3} \times 10^3(\text{kN}) + 1.04(\text{kN})) \\ 1582A_{C3} \times 10^3 &= 18.57 \\ \therefore A_{C3} &= 11.74 \times 10^{-6}(\text{m}^2) = 11.74(\text{mm}^2) \end{aligned}$$

(2) 6000m の場合

CFRP の重量 W_{C6} および浮力 F_{C6} は

$$\begin{aligned}
 W_{C6} &= S_c \times A_{C6} \times l_2 \\
 &= 16(kN/m^3) \times A_{C3}(m^2) \times 6000(m) \\
 &= 96A_{C6} \times 10^3 \\
 F_{C6} &= l_2 \times A_{C3} \times v_w \\
 &= 6000(m) \times A_{C6}(m^2) \times 10(kN/m^3) \\
 &= 60A_{C6} \times 10^3
 \end{aligned}$$

よって, CFRP の最小の断面積 A_{C6} は

$$\begin{aligned}
 1600 \times 10^3(kN/m^2) \times A_{C6}(m^2) &= (96A_{C3} \times 10^3(kN) + 19.61(kN)) - (60A_{C3} \times 10^3(kN) + 1.04(kN)) \\
 1564A_{C3} \times 10^3 &= 18.57 \\
 \therefore A_{C3} &= 11.87 \times 10^{-6}(m^2) = 11.87(mm^2)
 \end{aligned}$$

以下に教科書の問題 1.3 の金塊 2000(kg) の場合を計算しその結果と, 以上の結果から材料と最小断面積と深さをまとめ, これを表 1 とする.

表 1 まとめ

材質	深さ (m)	最小断面積 (m^2)
軟鋼	3000	91.93
	6000	4642.50
GFRP	3000	14.42
	6000	14.55
CFRP	3000	11.74
	6000	11.87