

クラス 番号 氏名 得点 

注意：解答は 内に記入せよ。導出の過程を必ず書くこと。不足する場合は裏面に。レポート用紙を追加しても可。

( 配点 : 問 1,2 : 各 25 点 , 問 3 : 50 点 )

問題 1 : Wii のストラップ

2006 年 12 月 15 日 每日新聞の記事

『任天堂は 15 日、新型ゲーム機「Wii ( ウィー ) 」を操作するリモコン状のコントローラーに付けるストラップひもを無償交換すると発表した。現在は太さ 0.6 ミリだが、強度の高い同 1 ミリに換える。コントローラーを激しく振った際、ひもが根元から切れて手から離れ、テレビなどを壊す事故があった。』

さて、ストラップを交換することによって（ストラップの材質は同じものであるとして）「強度」は何倍になったか？

[p010\_011]

解答例

ストラップは引張力で破断したと考えられる。材料の引張強さを  $\sigma_B$  として、破断させるのに必要な引張力（破断荷重） $F_B$  はひもの直径を  $d$ （交換前）として、

$$F_B = \sigma_B \times \frac{1}{4}\pi d^2$$

となる。ひもを交換後（直径  $d'$ ）の破断荷重  $F'_B$  は、同じ材質を用いた場合引張強さは変化しないので、上と同様に

$$F'_B = \sigma_B \times \frac{1}{4}\pi d'^2$$

したがって、交換前後の破断荷重の比は

$$\frac{F'_B}{F_B} = \frac{\sigma_B \times \frac{1}{4}\pi d'^2}{\sigma_B \times \frac{1}{4}\pi d^2} = \left(\frac{d'}{d}\right)^2 = \left(\frac{1.0}{0.6}\right)^2 = 1.67^2 = 2.78$$

となる。

採点基準

- 導出過程が少しでも書いてあり、なおかつ答えがあつていれば 25 点。
- 答えは 2.78, 2.7, 2.8, 25/9 などを正解としている。
- 「強度は断面積（半径の 2 乗）の比になっている」という記述が多かった  
答えはあつてはいる（説明やや不足）
- 一番多かった誤答は「直径の比」で答えたもの 1.67 倍となっている。

( 答 )  2.78 倍

## 問題 2：引張変形，許容応力

長さ 1000mm の丸棒に，引張荷重 50kN が加わる．この丸棒を SS490 材で製作するとき，直径をどのように定めなければならないか．安全率を 10 とし，降伏応力を基準強さとして考えよ．

材料名	降伏応力 (MPa)	引張り強さ (MPa)
SS330	175 ~ 205	330 ~ 430
SS400	215 ~ 245	400 ~ 510
SS490	255 ~ 285	490 ~ 610
SS540	390	540

[p010\_00]

### 解答例

#### 【Step 1. 材料の性質を考える】

丸棒に生じる応力  $\sigma$  は許容応力  $\sigma_a$  以下でなければならない．

$$\sigma < \sigma_a \quad (1)$$

降伏応力  $\sigma_Y$  を基準強さとした場合，許容応力  $\sigma_a$  は安全率  $S$  によって

$$\sigma_a = \frac{\sigma_Y}{S}$$

と与えられる．SS490 材の降伏応力  $\sigma_Y$  は表から 255 ~ 285MPa であることがわかるが，安全側に考えて，255MPa を採用する．したがって上式から許容応力は

$$\sigma_a = \frac{\sigma_Y}{S} = \frac{255}{10} = 25.5 \text{ MPa} \quad (2)$$

#### 【Step 2. 力学的関係を考える】

引張荷重  $F(\text{N})$  が加わる丸棒に生じる応力  $\sigma$  は，断面積  $A = \pi d^2/4$  ( $\text{mm}^2$ ) として

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{\pi d^2}$$

式(1)に上式を適用して

$$\frac{4 \cdot F}{\pi d^2} < \sigma_a$$

上式を満たす直径  $d$  は

$$d > \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \sigma_a}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \times 1000}{25.5 \pi}} = 50.0 \text{ mm}$$

となる（単位に注意：MPa=N/mm<sup>2</sup>）

### 採点基準

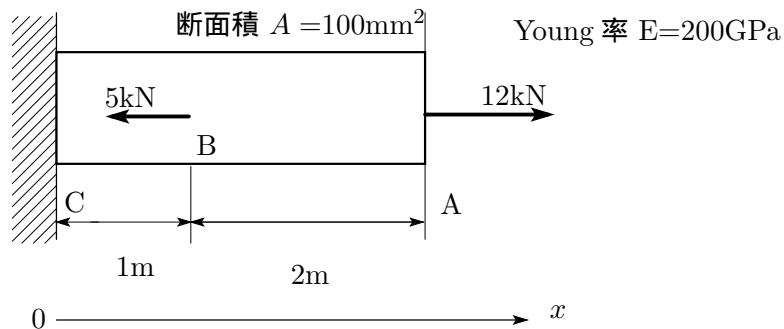
- 「許容応力 = 基準強さ / 安全率」，あるいは「 $\sigma = F/A = 4F/\pi d^2$ 」のどちらか一方（または両方）が書いてあれば 15 点．
- $d = 50.0 \text{ mm}$  以上となっていれば 10 点，計 25 点．

- 半径で答えを出しているもの -5 点
- 今回は導出過程が乏しくても点数は与えているが、次回から導出過程が詳しく書か  
れていなければ、答えがあつても大きく減点する。
- 一番多かった誤答は、降伏応力として 285MPa を採用しているもの。 答えが  
47.3mm となっている。
- 荷重と応力の違いを分かっていない人が目立つ。

(答) 直径を 50.0mm 以上 にする。

問題 3 :

図の真直棒において、AB, BC 間に生じる応力はいくらか。また A 点、B 点の変位を求めよ(図の座標軸の方向を正とせよ)。

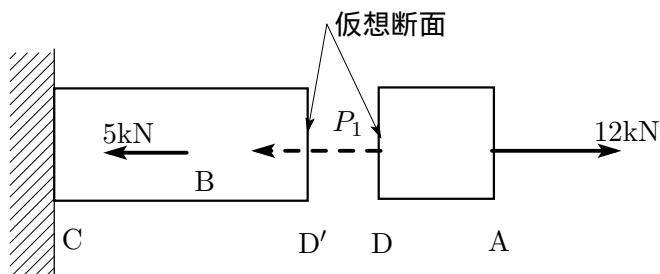


[p010\_01]

解答例

【Step 1. AB 間について、力学的関係を考える】

AB 間の任意の位置 D で棒を仮想的に切断して考える(自由物体線図: free body diagram の作成)。AD の部分が静止しているためには、断面 D に図のように力(内力)  $P_1$  が加わって、AD 部分に働く力が釣り合っていなければならない。



AD 部分に働く力の釣り合いから  $P_1 = 12000\text{ N}$  である。したがって AB 間の応力  $\sigma_{AB}$  は

$$\sigma_{AB} = \frac{P_1}{A} = \frac{12 \times 1000}{100} = 120 \text{ MPa}$$

となる。

## 【Step 2. AB 間について，材料特性を考える】

AB 間のひずみ  $\varepsilon_{AB}$  はフック則から

$$\varepsilon_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{E} = \frac{120}{200 \times 1000} = 0.0006 = 6.0 \times 10^{-4} = 600 \times 10^{-6}$$

となる（単位に注意：応力の単位は通常 MPa=N/mm<sup>2</sup>，金属材料のヤング率は GPa [ 1GPa=1000MPa ] の単位で表示することが多い）.

## 【Step 3. AB 間について，幾何学的関係を考える】

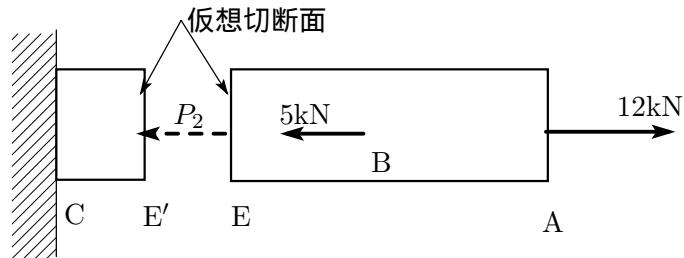
したがって AB 間の伸び  $\Delta l_{AB}$  は

$$\Delta l_{AB} = \varepsilon_{AB} \cdot l_{AB} = 6.0 \times 10^{-4} \times 2000 = 1.2 \text{ mm}$$

と求められる.

## 【Step 4. BC 間について，力学的関係を考える】

つぎに BC 間の任意の位置 E で棒を仮想的に切断した場合を考える. 前と同様に AE の部分が，静止して釣合うためには，断面 E に図のように力（内力） $P_2$  が加わっていなければならない.



AE 部分に働く力の釣り合いから  $P_2 = 12000 - 5000 = 7000 \text{ N}$  となる. したがって BC 間の応力  $\sigma_{BC}$  は

$$\sigma_{BC} = \frac{P_2}{A} = \frac{7000}{100} = 70 \text{ MPa}$$

## 【Step 5. BC 間について，材料特性を考える】

BC 間のひずみ  $\varepsilon_{BC}$  は

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{E} = \frac{70}{200 \times 1000} = 0.00035 = 3.5 \times 10^{-4} = 350 \times 10^{-6}$$

となる.

## 【Step 6. BC 間について，幾何学的関係を考える】

BC 間の伸び  $\Delta l_{BC}$  は

$$\Delta l_{BC} = \varepsilon_{BC} \cdot l_{BC} = 3.5 \times 10^{-4} \times 1000 = 0.35 \text{ mm}$$

と求められる.

## 【Step 7. 全体の幾何学的関係を考える】

点 B の変位  $u_B$  は，BC 間の伸びそのものであり，また点 A の変位  $u_A$  は，BC 間

の伸びと AB 間の伸びを加えたものであるから ,

$$u_B = \Delta l_{BC} = 0.35 \text{ mm} \quad , \quad u_A = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} = 1.2 + 0.35 = 1.55 \text{ mm}$$

となる .

### 採点基準

- 配点 AB 間の応力 : 10 点 , BC 間の応力 : 10 点 , A 点の変位 : 15 点 , B 点の変位 : 15 点 , 計 50 点
- 導出過程が無く , 答えがあっている 各 5 点
- 導出過程 ( 式のみでも OK ) があり , 答えもあっている 満点
- 導出過程 ( 式のみでも OK ) があり , 単位あるいは計算が間違っている 5 点
- 「 A 点の変位 」を求めるには「 B 点の変位 」に「 AB 間の伸び 」を足す必要があるが , これを足していないもの 0 点
- 間違っていても , B 点の変位に足している 5 点
- 「 BC 間の応力 」で , -70MPa と答えているもの多かった .
- 「 变位 」と「 ひずみ 」の区別ができない人が多かった .

AB 間の応力	120	MPa
BC 間の応力	70	MPa
A 点の変位	1.55	mm
B 点の変位	0.35	mm