

令和3年度12月第1週報告書

報告書 NO.08 - 1 2021/12/2 来代 勝胤

報告内容

1. 進捗状況
2. 実験装置のたわみ量とひずみの算出
3. ひずみゲージの選定について

1 進捗状況

実験装置のたわみ量とひずみセンサ取付部のひずみ量について材料力学の理論から算出した。

2 実験装置のたわみ量とひずみの算出

試験用のひずみセンサを選定するにあたり、ひずみセンサの取付部の作用力によるひずみ量を調べる必要がある。ここで、簡単のため可能な限り切りのいい数字を使っておよその変位量を算出した。

2.1 算出結果

- 先端のたわみ量 : 0.151 [mm]
- 取付軸表面の伸縮量 : 1.029×10^{-3} [mm]
- 取付軸表面のひずみ : 5.717×10^{-6} [-]

2.2 算出条件

- アルミニウムの弾性係数 : $E = 70$ [GPa]
- ひずみセンサと作用点の距離 : $l_1 = 725$ [mm]
- 取付部材料の長さ : $l_2 = 180$ [mm]
- 作用力 : $F = 0.15$ [N]
- 断面二次モーメント : $I = 2701$ [mm⁴]
- 取付部に加わるモーメント : M
- 取付部のたわみの曲率半径 : R
- 取付部のたわみ角 : θ
- 取付部のたわみ : w
- 取付部表面の伸び : λ
- 取付部表面のひずみ : ε
- 取付部表面と中立軸の距離 : δr

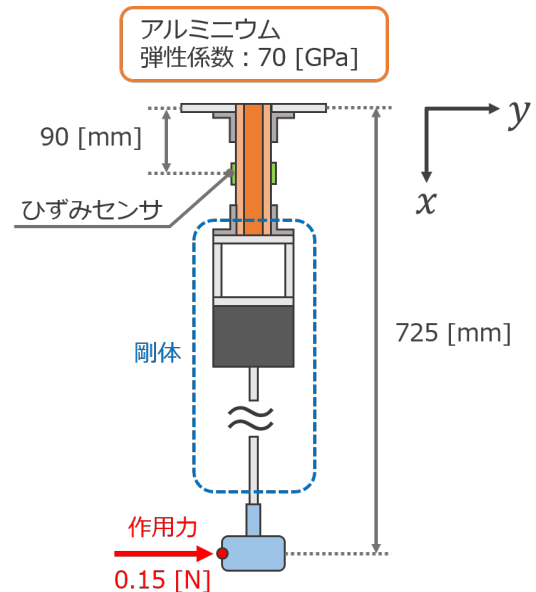


Fig.1 Cross-sectional shape of experimental device

2.2.1 算出過程

■ 実験装置に加わるモーメントの算出

$$\begin{aligned} M &= F \times \frac{l_1}{1000} \\ &= 0.15 \times 0.725 \\ &= 0.10875 \text{ [N} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

■ たわみの曲率半径の算出

たわみの曲率半径

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{EI}{M} \\ &= 70 \times 2701 \times \frac{100000}{10875} \\ &\approx 1738577.713 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

■ 位置 x [mm] におけるたわみ角とたわみの算出

たわみの微分方程式

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = -\frac{M}{EI}$$

今回のひずみは正の値となる

初期条件

- $x = 0$ のとき $w = 0, \theta = 0$

$$\begin{aligned}\frac{d^2 w}{dx^2} &= \frac{M}{EI} \\ &= \frac{0.10875}{70 \times 2701} \\ &= 5.7518 \dots \times 10^{-7} \\ &\approx 5.752 \times 10^{-7} \text{ [1/mm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{dw}{dx} &= \theta = \frac{M}{EI}x + C_1 \\ w &= \frac{1}{2} \frac{M}{EI}x^2 + C_1x + C_2\end{aligned}$$

初期条件より

$$C_1 = C_2 = 0$$

したがって、

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{M}{EI}x \\ w &= \frac{1}{2} \frac{M}{EI}x^2\end{aligned}$$

■ ひずみセンサ取付部 ($x = 90$) の伸びの算出

$x = 90$ のとき、たわみ角は、

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{M}{EI} \times 90 \\ &= 5.7152 \times 10^{-7} \times 90 \\ &= 5.1437 \times 10^{-5} \\ &\approx 5.144 \times 10^{-5} \text{ [rad]}\end{aligned}$$

したがって、取付軸の伸び λ は、

$$\begin{aligned}\lambda &= (R + \delta r) \theta - R \theta \\ &= \delta r \theta \\ &= 10 \times \theta \\ &= 10 \times 5.1437 \times 10^{-5} \\ &= 5.1437 \times 10^{-4} \\ &\approx 5.144 \times 10^{-4} \text{ [mm]}\end{aligned}$$

■ ひずみセンサ取付部 ($x = 90$) のひずみの算出

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\lambda}{l_2} \\ &= \frac{5.144 \times 10^{-4}}{180} \\ &= 2.8577 \times 10^{-6} \dots \\ &\approx 2.858 \times 10^{-6} \text{ [-]}\end{aligned}$$

■ 先端 ($x = 725$) のたわみ量 w の算出

$$\begin{aligned}w &= \frac{1}{2} \times \frac{M}{EI} \times l^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 5.752 \times 10^{-7} \times 725^2 \\ &= 0.1511 \dots \\ &\approx 0.151 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

2.3 ひずみ量の算出式の作成

2.3.1 算出過程

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\lambda}{l_2} \\ &= \frac{\theta}{l_2} \times \delta r \\ &= \frac{M \times 90}{l_2 \times EI} \times \delta r \\ &= \frac{l_1 \times 90}{1000 \times l_2 \times EI} \times F \times \delta r \\ &= \frac{725 \times 90}{1000 \times 180 \times 70 \times 2701} \times F \times \delta r \\ &= 1.9172 \dots \times 10^{-6} \times F \times \delta r \\ &\approx 1.917 \times 10^{-6} \times F \times \delta r\end{aligned}$$

ひずみ量の算出式

$$\varepsilon = 1.197 \times 10^{-6} \times F \times \delta r$$

また、取付部表面と中立軸の距離： δr について比較形状ごとの値を以下に示す。

取付部表面と中立軸の距離

- (i) 円筒： $\delta r_1 = 10.0$ [mm]
- (ii) 円柱： $\delta r_2 = 7.65$ [mm]
- (iii) 角柱： $\delta r_3 = 6.70$ [mm]

したがって、実験装置に加えられる作用力を 1 [N] と仮定し、それぞれの比較形状についてひずみを算出すると、以下のようになる。

各試験片のひずみ量

- (i) 円筒： $\varepsilon_1 \approx 1.197 \times 10^{-5}$ [-]
- (ii) 円柱： $\varepsilon_2 \approx 1.467 \times 10^{-5}$ [-]
- (iii) 角柱： $\varepsilon_3 \approx 1.284 \times 10^{-5}$ [-]

3 ひずみゲージの選定

3.1 現在使用しているロードセルについて

現在使用しているロードセルについての情報を以下に示す．

- 名称 : 微小荷重圧縮引張型 UTA
- 型番 : UTA-100GR
- 定格容量 : 0.9807 ~ 19.61 [N]
- 推奨印可電圧 : 3V 以下