

分野: 構造解析

テーマ: 熱応力

【1】 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ の「呪縛」

例えば、長さ=Lのアルミの丸棒が図1の様に伸びた(伸び= ΔL)とする。この場合、アルミの丸棒にはどのような応力が発生しているイメージされるでしょうか？

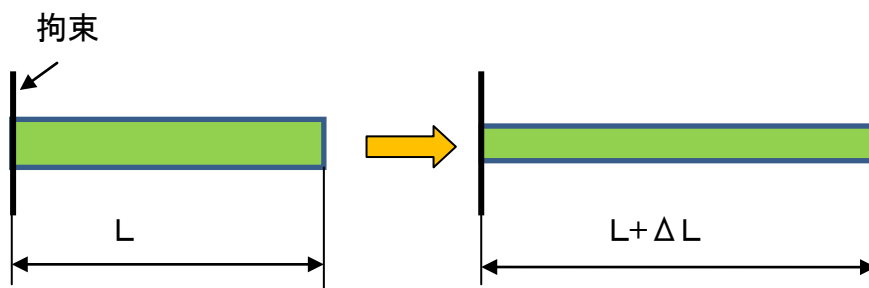


図 1

初期長さ=L、伸び= ΔL であるから、ひずみ $\varepsilon = \Delta L/L$ (対数ひずみでの表現もあるが、ここでは公称ひずみ ($\varepsilon = \Delta L/L$) を使用する)。

材料のヤング率をEとすると、応力 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ が頭に浮かぶが、これは正しいのか？



- ・ 丸棒に外力(伸び方向に引張力)が作用している場合は、応力 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ で正しい。
- ・ しかし、**伸びが熱膨張に起因する場合は $\sigma = 0$ (ゼロ)** のため正しくない。が、 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ という材料力学の「呪縛」があるので、ひずみがあれば応力が発生していると思込みがちである。

すなわち、ひずみの発生原因を冷静に判断しないと、実際は応力が発生していないのに、応力が発生している、と誤って判断することになりかねないので注意が必要である。

【2】 ひずみ(変形)計測時の留意点

図2の状態、例えば $0^{\circ}\text{C} \rightarrow -100^{\circ}\text{C}$ に冷却したとすると、丸棒の両端が完全拘束されているので、丸棒には圧縮応力が作用する。

- ① 丸棒の伸び(ひずみ)を非接触の変位計で測定した場合、伸びの測定値は0(ゼロ)になるが、これをもってひずみ=0と考えてはいけない。

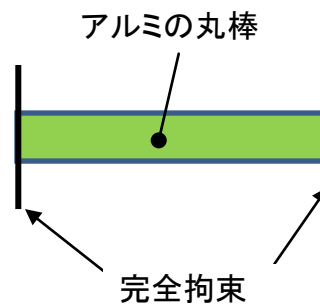


図 2

② 丸棒にひずみゲージを接着した場合は、以下のように考える必要がある。

- ・ ひずみゲージの線膨張係数が丸棒と同じで、かつ、ひずみゲージの抵抗温度係数が0(ゼロ)であれば、ひずみゲージには-(マイナス)のひずみが発生するので、丸棒の圧縮応力は測定できる。
- ・ しかし、ひずみゲージを使用して丸棒の伸びを測定することは出来ない。ひずみゲージには-(マイナス)のひずみが発生しているので、ひずみゲージの出力データを使用すると、 $伸び = -\epsilon * L$ となってしまうからである(図2の場合、丸棒の伸びは0(ゼロ))。

【3】 熱応力は結構大きい

図2の場合で考える。

丸棒の線膨張係数を α 、温度差を $\Delta T(^{\circ}C)$ とすると、熱ひずみ ϵ_t は以下になる。

$$\epsilon_t = \alpha * \Delta T \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

丸棒をアルミとすると、アルミの線膨張係数は $22 \times 10^{-6}(1/^{\circ}C)$ 程度である(実際には温度によって異なる。温度依存性がある)。

温度差 $\Delta T = 10(^{\circ}C)$ とすると、式(1)から、 $\epsilon_t = 22 \times 10^{-6} * 10 = 220 \times 10^{-6}$ 。ひずみ計測の世界での表現では 220μ (マイクロ)となる、ひずみを計測した経験がある人は、 220μ (マイクロ)は結構大きいと感じるはずである。

さて、アルミのヤング率 E は70,000(MPa)程度である。よって、温度差 $\Delta T = 10(^{\circ}C)$ の時の熱応力 σ は、 $\sigma = 70,000 * 22 \times 10^{-6} * 10 = 15.4$ (MPa)。

A1010-Oの室温における0.2%耐力(≒降伏応力)は35(MPa)程度である。よって、温度差 ΔT が23($^{\circ}C$)程度で塑性変形することになる。

↓

- ・ 熱応力は結構大きいので注意が必要である。
- ・ 図2の様な拘束条件は特殊のように思われるが、複合構造の場合(サンドイッチ構造のような構造)は、図2に近い拘束になる場合もあるので注意が必要である。

*****問題解決のお手伝いをします*****

(有)スコーレ・ティール・エー・リサーチ

電話:052-723-9227、FAX:052-723-9228

E-mail:info@schole-rd.co.jp ホームページ <http://www.schole-rd.co.jp>