

I—18 熱応力光弾性実験とその実例

京都大学工学研究所 正負 ○ 森 忠次
京都大学工学部 正負 郡司 敬一

1. 緒言

構造物に発生する熱応力を実験的に研究するためには、その装置ならびに測定方法に困難が多い。光弾性実験によって熱応力問題を研究することが考えられたが、最近では川本、Gerard 及び Gilbert などによって研究された以外にはまだ広く実用されていない。そこで光弾性実験によって二次元問題のみならず三次元問題まで含めて、熱応力に関する広範な研究を行なうための基礎的な研究を行なった。本研究は文部省科学研究費の援助を得て行なったものである。

熱応力に対する感度、安定性、加工性などについて検討した結果、Epoxy 樹脂(Araldite Casting Resin Type B), を用いることにした。

2. 二次元熱応力実験の研究

一般に光弾性材料は室温以下において非常に性質が安定しているので、室温から -40°C 附近まで温度を下げて熱応力の実験が行われている。しかしながら $70\sim 40^{\circ}\text{C}$ から 25°C まで温度を降下して実験を行なったところ、フリージの影響はほとんど実験結果に現われなかった。表-1は両端を銅板に固定した細い棒について、上述の温度差を与えた場合の実験値を示すものである。 K_{α} は温度差 1°C に対して厚さ 1cm 当りに生ずる縞次数を示すものである。この K_{α} は熱応力の実験に関する適正係数で

表-1 温度差と発生縞次数 (Hardner 25%)

温度範囲 ($^{\circ}\text{C}$)	40~25	50~25	60~25	70~25
$K_{\alpha} (\text{cm}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1})$	0.158	0.159	0.159	0.153

あり、温度差に対する光弾性感度を表わしている。材料にフリージが生じないとすると、 T_1 から T_2 まで温度変化を与えた場合には、

$$K_{\alpha} = (\alpha - \alpha_s) E (T_2) / f (T_2)$$

となる。ただし $(\alpha - \alpha_s)$ は膨張係数の差であり $53 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、 E は弾性係数 $32 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 、 f はFringe Value 11.0 kg/cm である。この値を代入すると、

$$K_{\alpha} = 0.154 / \text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

となり、表-1の値にほとんど等しい。

$60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 程度から室温まで温度差を与えることによって、応力解析に好都合な程度の縞次数が得られる。この方法によれば、温度範囲が実験に好都合であり、温度制御を行い易く、室温で等色線撮影を行えるなどの利点がある、さらに光収斂法ならびに光散乱法によって三次元問題の研究を行い得る。

3. 実例

図-1に示すように厚さ 5.9mm のAraldite板を用いて、外周を固定された円環の熱応力実験を行なった。この実験と同時に両端固定棒についても実験を行ない、両者の比較から円環応力を求め、計算値との比較を行なったものが図-2に示されている。

つぎに矩形板の一边を鋼材に接着固定し、一樣な温度差を与えた。この場合の等色線の一例を図-3に示す。固定端に相對する辺の中央に發生する応力は図-4に示す通りである。ただし l は固定辺の幅、 h は高さである。

図-1 等色線写真

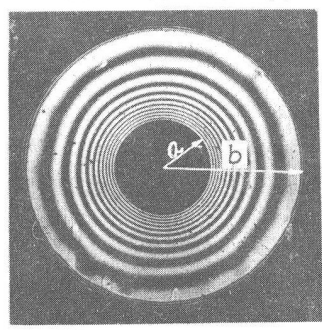
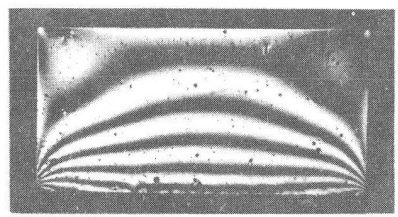


図-3 等色線写真



第2回実験, $l/h = 2$
 $T_1 - T_2 = 53.4^\circ\text{C}$, 厚さ = 5.9mm
 Fringe value = 10.7 kg/cm

4. 三次元熱応力実験の研究 三次元模型の実験を行うために、

熱応力を凍結する方法について研究を行なっている。細い丸棒の両端を 150°C で鋼材に接着固定した場合、凍結温度と縞次数との関係を示せば図-5のとおりである。 150°C 以上で凍結すれば応力解析に便利な程度の縞次数が得られる。この場合には等色線縞の発生過程は非常に複雑である。しかしながらその結果凍結された縞次数が、弾性理論とかう得られている応力に正確に(または実用と支障のない程度に)比例するならば、非常に容易に三次元熱応力の実験を行うことができる。

図-5 凍結温度と縞次数の関係
 (細長い棒の両端を鋼材に固定)

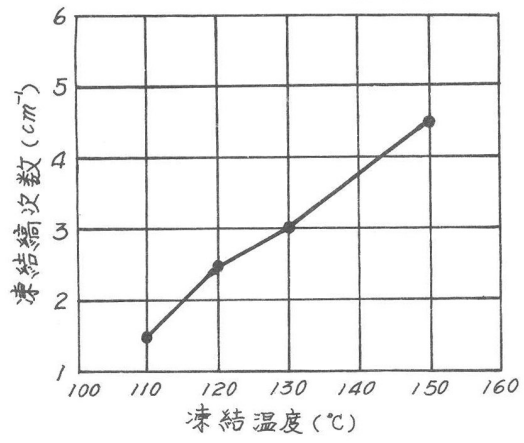


図-2 $\sigma_r - \sigma_\theta$

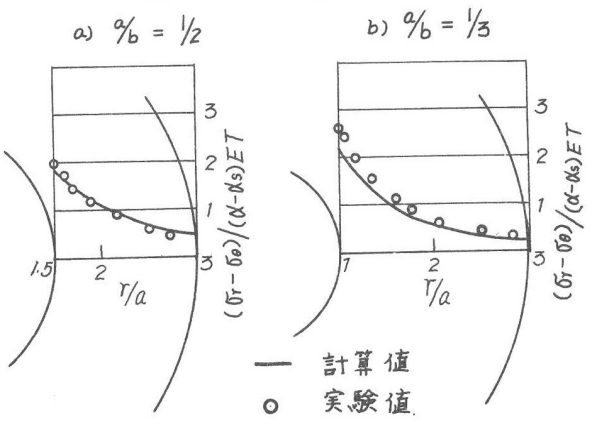


図-4 自由辺中央の応力.

