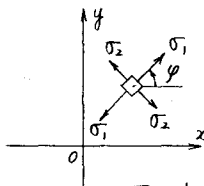


V-22 円孔を有する異方性平板の光弾性実験

京都大学 正員 丹羽義次
 熊本大学 正員 〇川本 朧 万

直交異方性平板の応り測定としては、林 毅¹⁾氏のポリエステル樹脂とガラスクロスを組合せて透明な異方性材料を用いた光弾性実験法や、林 卓夫²⁾氏のそれの基本異方性板に対する実験結果を数式的に処理して任意の異方特性をもつ板の平面応力と求める方法等が発表されている。こゝでは光弾性被膜法の直交異方性板への適用について述べ、円孔を有する異方性平板について光弾性実験を行った結果について述べる。光弾性被膜法は1930年に M. Mesnager によって提案され、最近になって塑性領域中の物体のひずみ状態を測定する目的で多く、研究者によって改良研究が行われているが、わが国でも河田氏が光弾性実験法として詳細に紹介し³⁾、とくに光弾性被膜材料として epoxy-poly sulfide 系共重合体(通称 epoxy rubber)の特性に関する研究結果を報告している。この方法は光弾性材料の塗料または薄板を不透明な下地材料の表面に接着し、その下地材料のひずみ状態をそれに貼付した光弾性被膜に移し、同時に下地材料の表面または貼付物の下面にうけられた金属箔等の反射によって光弾性線の分布をうける方法である。

光弾性被膜に生ずる等色線縮よりつぎのとく下地材料の応力を求めることができる。一般に下地材料の一翼に生ずる主応力の方向が図-1に示すのとく弾性主軸(x, y 軸方向)と傾斜し、主応力 σ_1 の方向が x 軸となす角を φ とすると、主ひずみはつぎのとく主応力(σ_1, σ_2)で与えられる。



$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \left\{ \frac{1}{E_x} \cos^4 \varphi + \frac{1}{E_y} \sin^4 \varphi - \left(\frac{2\nu_{xy}}{E_x} - \frac{1}{G_{xy}} \right) \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \right\} \sigma_1 \\ &\quad + \left\{ -\frac{\nu_{xy}}{E_x} + \left\{ \frac{1}{E_x} + \frac{1}{E_y} + \left(\frac{2\nu_{xy}}{E_x} - \frac{1}{G_{xy}} \right) \right\} \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \right\} \sigma_2 \\ \varepsilon_2 &= \left\{ -\frac{\nu_{xy}}{E_x} + \left\{ \frac{1}{E_x} + \frac{1}{E_y} + \left(\frac{2\nu_{xy}}{E_x} - \frac{1}{G_{xy}} \right) \right\} \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \right\} \sigma_1 \\ &\quad + \left\{ \frac{1}{E_x} \sin^4 \varphi + \frac{1}{E_y} \cos^4 \varphi - \left(\frac{2\nu_{xy}}{E_x} - \frac{1}{G_{xy}} \right) \cos^2 \varphi \sin^2 \varphi \right\} \sigma_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

とくに自由境界においては $\sigma_1 = 0$ あるいは $\sigma_2 = 0$ であるから、いま $\sigma_2 = 0$ とすれば、下地材料の自由境界での主ひずみ差はつぎのようになる。

$$(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_M = \left[\frac{1}{E_x} \left\{ \frac{1}{2} (1 + 2\nu_{xy}) \cos^2 2\varphi + \frac{1}{2} \cos 2\varphi \right\} - \frac{1}{E_y} \cdot \frac{(1 - \cos 2\varphi) \cos 2\varphi}{2} + \frac{1}{G_{xy}} \cdot \frac{\sin^2 2\varphi}{2} \right] \sigma_{1M} \quad (2)$$

一方被膜の主ひずみ差 $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_c$ はつぎのとく表わされる。

$$(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_c = \frac{1 + \nu_c}{E_c} (\sigma_1 - \sigma_2)_c \quad (3)$$

被膜と下地材料との接着が完全であり、被膜の厚み t が応力、ひずみの分布の傾斜に対して小さい場合には、被膜のひずみ状態は完全に下地材料表面のそれに等しいと考えられるから、 $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_M = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_c$ …… (4) の式を使う。下地材料表面の反射によって被

膜を2度通過する偏光の示す光弾性縮減率は、 α (cm/kg) を光弾性感度とすると、

$$N = 2\alpha(\sigma_1 - \sigma_2)c \quad (5)$$

であるから、(5)式を考慮して(4)式に(2), (3)式を代入すれば、自由境界における主応力 σ_{IM} は(6)式の如く光弾性縮減率より求められる。ただしこの場合近似的に $1/G_{xy} = 1/E_x + 1/E_y + 2\nu_x/E_x$ なる関係を用いる。また $K = \alpha E_c / (1 + \nu_c)$ とおく。

$$\sigma_{IM} = \frac{1}{\{(1+2\nu_x)\cos^2 2\varphi + \cos 2\varphi\} - \frac{1}{e}(1 - \cos 2\varphi)\sin 2\varphi + (1 + 1/e + 2\nu_x)\sin^2 2\varphi} \cdot \frac{N}{2K/E_x} \quad (6)$$

K は使用する被膜に対して定まる常数である。また e は主弾性係数比¹⁾、 $e = E_y/E_x$ である。いま $\nu_x = 0.18$ (実験に用いた被膜に対するもの)なる値を用いて(6)式右辺の最初の分母項を計算し、図示すれば図-2 のようになる。

直交異方性材料は、型枠内に金屈線(鋼あるいは鉄線)を一方に規則正しく入れ、その中にエポキシ樹脂を注入成型してつくられる。この異方性材料の種々の試験片により引張試験を行って、材料の弾性係数およびポアソン比を測定した。金屈線面積に対する金屈線の占める割合が大きくない限り、合成材と等しく計算した値とよく一致することが判った。したがってその後異方性材料を経型するときには、一応合成材として計算によって金屈線の定数および値を決めた。

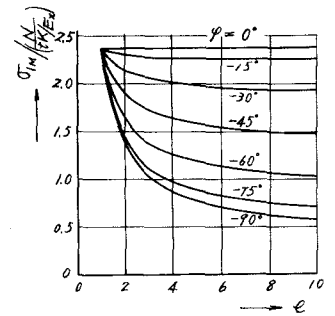
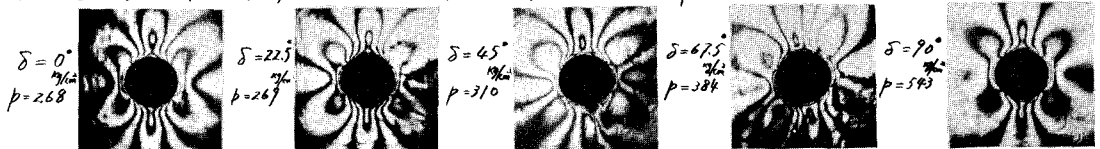


図-2

光弾性被膜として epoxy rubber の共重合比が重量比で epoxy prepolymer (Araldite Type D) : 100, polysulfide : 50, diethylene triamine : 89 である²⁾、厚み約 2 mm のものを用いた。実験に用いた被膜の特性は、弾性係数 $E_c = 5500$ g/cm² (15°C), $\alpha = 0.261$ cm/kg (11°C), $\nu_c = 0.40$ (15°C) であるが、polysulfide の性質が安定しないことおよび epoxy rubber の特性が温度によって変化しやすいことなどのため、測定時の被膜に対する係数 K に誤差が入ったことを恐れる。

成型された異方性材料より正方形板を切り出し、その表面に錫箔および被膜をエポキシ樹脂で接着し、接着が充分に完了した後その中心に 12 mm 中の円孔をうめて種型を作った。種型は $e = 2, 4, 6, 8$ のものに対して、それと金屈線方向 (E_y の方向) が荷重線(水平方向)に対して $\delta = 0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ$ 傾斜したものを作った。それらに等分布荷重を作用させて反射式光弾性装置により円孔周辺の等色線図を撮影した。その一例 ($E_y/E_x = 4$ の場合) を下に示す。これらより得られる応力分布状態については後述することにする。



- 1) 林 毅：直交異方性材料の光弾性実験法と、二つの試験結果について、応力連合講演会 前刷、p.59
- 2) 林 卓夫：等価異方性板を用いた平面応力の実験、日本機械学会論文集 26巻 170号、p.120
- 3) 河田 幸三：構造要素の降伏の物理光弾塑性学的研究について、東京大学航空研究所集報、1-5、1959.9