

東京都立大学 正員 山本 稔  
 東京都立大学 正員 山崎 良一  
 和歌山工業高専 正員 ○ 尼田 正男

1. まえがき

構造物に生じる応力、ひずみ状態を実験によって解析する場合には実験が容易でかつ精度の高い実験法が望まれる。光弾性実験法において、主応力差( $\sigma_1 - \sigma_2$ )の値を各応力成分に分離させる方法としては幾多の方法があるが、これらの方法のうち、傾斜入射法はDrucker<sup>(1)(2)</sup>によって考案されたものである。その後の傾斜入射法に関する研究としてはFrocht<sup>(3)</sup>、国尾<sup>(4)</sup>、Allison<sup>(5)</sup>、Jessop<sup>(6)</sup>等があるが、そのいずれも対称断面の内部応力解析について論述されている。筆者らはこれらの方法の任意断面への適用性を調べた結果、これらの解法では原理的には可能であるが、傾斜入射光弾性法による実験誤差がかなり顕著に現れることがわかった。そこで筆者らは任意断面の応力度を解析する場合に適用性のある傾斜入射装置を試作して、Druckerの対称断面における主応力分離の考案を導入した傾斜入射法の応用を提案し、傾斜入射装置の利用性と実験精度の向上について検討を行なった。本方法によれば、解析点ごとの垂直入射縞次数と傾斜入射縞次数および主応力の傾き角の都合計3個のデータより、その点の主応力を始め、任意の軸に関する各応力成分がそれぞれ単独に求められることができる。この解法の妥当性を追求するため、集中荷重を受ける円盤の実験より内部応力解析を行ない、これを理論値、またはせん断応力差積分法よりえられる実験値との比較を試みた。

2. Druckerの傾斜入射法の理論<sup>(1)</sup>

垂直入射によってえられる等色線の縞次数 $N_0$ は、主応力 $\sigma_1, \sigma_2$ を縞次数単位で示せば

$$N_0 = N_1 - N_2 \text{ ----- (1)}$$

図-1に示すように試験片を主応力 $\sigma_1$ 方向を軸として角 $\theta$ だけ回転し、これに偏光を入射するときは、光線に垂直な面内における二次主応力は $\sigma_1$ および $\sigma_2 \cos^2 \theta$ となり、光線が板を斜めに透過する光路長は $t/\cos \theta$ となるから、この傾斜入射によってえられる等色線の縞次数 $N_{01}$ は

$$N_{01} = (N_1 - N_2 \cos^2 \theta) / \cos \theta \text{ ----- (2)}$$

式(1)、(2)から主応力に対する縞次数 $N_1, N_2$ が分離でき

$$N_1 = (N_{01} - N_0 \cos \theta) \cos \theta / \sin^2 \theta, \quad N_2 = (N_0 \cos \theta - N_{01}) / \sin^2 \theta \text{ ----- (3)}$$

試験片を主応力 $\sigma_1$ の代りに主応力 $\sigma_2$ の方向を軸として角 $\theta$ だけ回転した場合、傾斜入射縞次数 $N_{02}$ は

$$N_{02} = (N_1 \cos^2 \theta - N_2) / \cos \theta \text{ ----- (4)}$$

となり、縞次数 $N_1, N_2$ は、同様にして

$$N_1 = (N_0 - N_{02} \cos \theta) / \sin^2 \theta, \quad N_2 = (N_0 \cos \theta - N_{02}) \cos \theta / \sin^2 \theta \text{ ---- (5)}$$

3. 傾斜入射装置の改良とその利用法

図-2および写真-1はDruckerの対称断面における主応力分離の考案を導入した傾斜入射法に対して試作した傾斜入射装置である。この装置は、傾斜入射を行なうために鉛直な軸(Y'Y')について回転できる。回転角は、装置全体を支えている骨組上に取付けた目盛盤(D)によって測定する。リング(R)は、円周上に歯車と溝が切られ、4個のベアリングによって支えられている。小歯車(W)を回転させるとリングは回転する。そしてこ

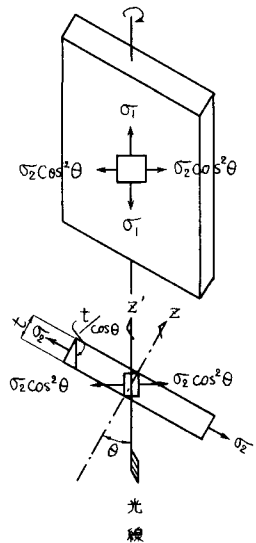


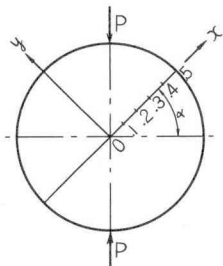
図-1 傾斜入射と二次主応力

の回転角はリングの円周上に組込まれている目盛盤によって測定する。光弾性実験は、応力凍結した試験片を傾斜入射装置に取付け、装置ごと平面偏光の場合に浸漬液の中に漬けて行なう。実験順序を具体的に示せば

- (1) 試験片(スライス厚0.3~0.6 cm)の表面と裏面の同一対応点に大きさの異なったケガキを付ける。
- (2) 試験片をリングに取付けた2枚の金属薄板の間に挟んで固定し、浸漬液に漬ける。これによって装置と試験片を同一平面内にかつ、光に直交して置くことができる。
- (3) リングを時計方向(または反時計方向)に回転させ、どちらか一方の主応力軸を鉛直方向に一致させる(白色光)。
- (4) 試験片を鉛直軸の回りに回転させ、単色光を用いて傾斜入射写真を撮影し、その点の傾斜入射偏光次数を求める。
- (5) 各解析点ごとにステップ(3),(4)の手順を繰り返して行なう。

#### 4. 実験例

円盤の圧縮実験を例として図-3, 図-4に示す。



$P = 2.95 \text{ kg}$  (荷重)  
 $t = 0.6 \text{ cm}$  (平均厚)  
 $d = 5.0 \text{ cm}$  (直径)  
 $\alpha = 45^\circ$  (解析断面)  
 $f_\alpha = 4.0 \text{ cm}^2/\text{kg}$  (光弾性感度)

図-3 試験片の寸法, 荷重条件

#### 5. 結言

実験技術が容易であるばかりか、解析法も簡単に計算速度も速く、実験精度も実用上支障のない程度におさまることを明らかにすることができた。この方法は3次元問題の応力解析に適用できる利点を持っている。

#### 参考文献

- (1) D.C. Drucker; "Photoelastic separation of principal stresses by oblique incidence" ASME, Vol. 10, 1943
- (2) M.M. Frocht; "Photoelastic separation of principal stresses by oblique incidence" ASME, Vol. 10, 1944
- (3) D.C. Drucker; "The method of oblique incidence in photoelasticity" SESA, Vol. 8, 1950
- (4) 国尾 武; "平面応力成分分離に関する一方法" 工学院大学研究報告, No.1, 1954
- (5) I.M. Allison; "A least squares solution of the oblique incidence equations" VDI (102), 1966
- (6) H. T. Jessop; "A tilting stage method for three-dimensional photoelastic investigation" B.J.A.Ph., Vol. 8, 1957

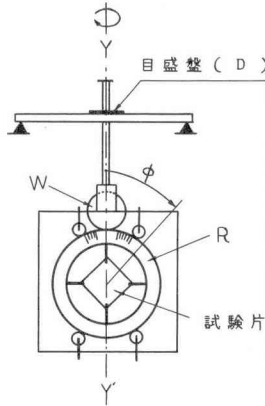
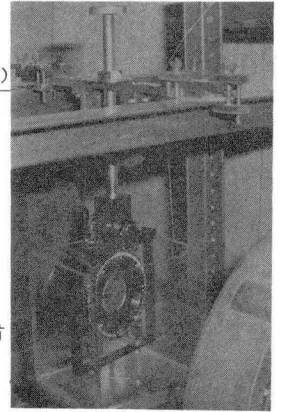


図-2



傾斜入射装置

写真-1

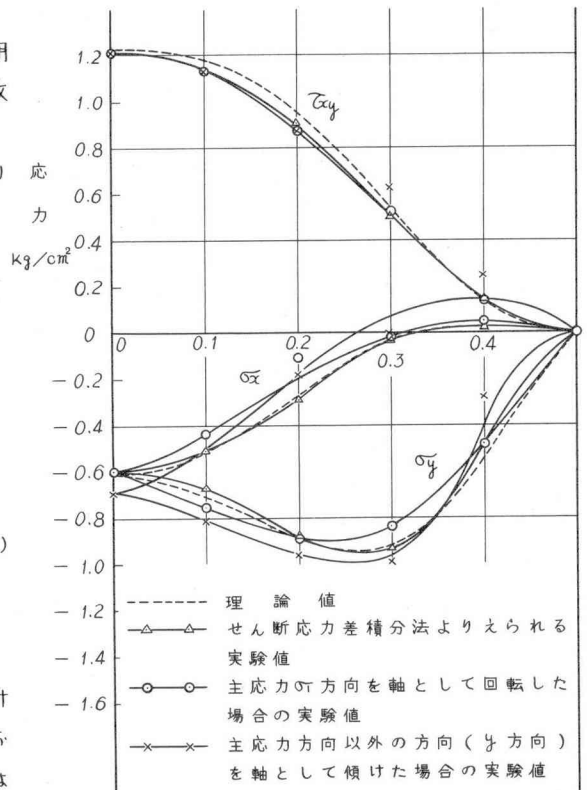


図-4 断面x軸上の各応力成分