

埼玉大学大学院 学生員 〇石井 好正
 芝浦工業大学 正員 山本 一之
 埼玉大学 正員 秋山 成興

1. はじめに 円孔を有する平板を例にとり、弾塑性解析の実験的手段として光弾性皮膜法を用い、有限要素法による解析結果と比較して、光弾性皮膜法の有効性を検討したい。

2. 光弾性皮膜法 光弾性皮膜法は 被測定物の表面に光弾性材料の皮膜を貼付し、偏光を入射し、反射光を解析してえられる等色線縞次数が下地表面の主ひずみ差に比例するという原理に基づき、下地の応力・ひずみを求めようとするものである。この方法の特徴は 被測定物の材料特性や負荷状況が忠実にとり入れられ、また測定可能なひずみの範囲が大きく、弾性から塑性にわたりひずみを検出できること等が挙げられる。

3. 光弾性皮膜材の特性値 皮膜材として エポキシラバーを用いた。その配合比は 重量比で

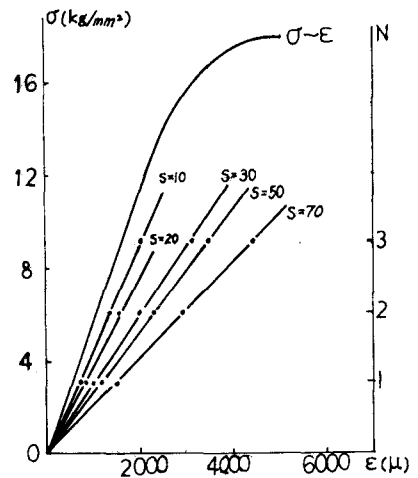
主 剤 (エポコート)	100
硬化剤 (チオコール)	S
硬化剤 (ジエチレントリアミン)	10

エポキシラバーは S の値をかえることにより皮膜材としての特性はかなり異なるので、S を 10～70 まで変化させて測定をした。

a. ヤング率 (E), ポアソン比 (ν) 皮膜材を細長い板に切り単純引張試験を行ない、それから求めた E, ν を表-1 に示す。室温が 17°C 及び 24°C で試験を行なったが、 ν は温度により変化は認められないが、E は温度の影響をうけることがわかる。

b. 検定曲線試験 これは 下地材料に貼付された皮膜に現われた等色線縞次数と 下地材料のひずみ量との関係及び、光弾性感度 (α), 主ひずみ感度 (β) を求める試験である。下地材料にアルミニウムを選び、単純引張試験を行なって、赤色の縞次数 (N) ～ 縦ひずみ (E), アルミニウムの応力 (σ) ～ 縦ひずみ (E) の関係を求め、図-1 に示すとともに、 α , β を表-1 に示した。また、皮膜材を下地材料に貼付した際の主ひずみ差感度を算出し、表-2 に示した。後に塑性域の拡がりを求めるのに必要な弾塑性境界の縞次数は Tresca の降伏条件を用いて下地材料の弾塑性境界を求めた。

4. 円孔を有する平板の弾塑性挙動 試験体は図-2 に示した。下地材料の材質は SM41, HT80 の 2 種類で、皮膜材は S=30, 50, 70 の 3 種類を用い、計 6 体について引張試験を行なった。実験方法としては 載荷時に縞次数の変化のあるごとくに荷重を記録し、皮膜に現われた縞の写真を

図-1 σ -E N-E表-1 E, β , α , ν の値

S	E (kg/mm^2)		β ($1/\text{mm}$)		α (kg/mm)		ν
	17°C	24°C	17°C	24°C	17°C	24°C	
10	—	380	210	160	—	0.43	0.40
20	310	300	160	140	0.51	0.51	0.40
30	260	220	130	120	0.50	0.54	0.40
50	150	140	120	110	0.79	0.79	0.40
70	100	95	92	84	0.90	0.88	0.42

表-2 β の値単位 ($1/\text{mm}$)

S	β' (下地材が弾性域)		β'' (下地材が塑性域)	
	17°C	24°C	17°C	24°C
10	160	120	140	110
20	110	105	100	94
30	97	89	87	80
50	87	79	78	74
70	68	59	61	56

撮影した。

2. 塑性域の伸び 先に求めた弾塑性境界となる縮
 少数を用い、等色線写真から塑性域の伸びを求め、図-3
 に示した。光弾性皮膜法による測定結果を右半分に、有限要
 素法解を左半分に示してある。 $K = \sigma_y / \sigma_0$ は 試験片の平均
 応力 (σ_0) を下地材料の降伏応力 (σ_y) で除した値である。
 ニつの方法による伸びを比較すると 有限要素法による伸
 びがやや遅れる傾向にあるが、両者ともよく一致した。

General Yield する時のKの値は 光弾性皮膜法ではHT
 80 が $K=0.53$, SM41 が $K=0.52$ で、有限要素法ではそ
 れぞれ $K=0.55$, $K=0.57$ であった。

3. 応力分布及びひずみ分布 弾性域内での応力分布
 は図-4 に示した。これは HT80 で $S=70$ の試験片で
 解析したもので、光弾性皮膜法、有限要素法およびHowland
 の厳密解を円孔縁と直線縁について比較したものである。光
 弾性皮膜法による応力と有限要素法との最大誤差は 円孔縁
 で 約15%, 直線縁では約30%となっている。図-5には光
 弾性皮膜法と有限要素法でそれぞれ求めた円孔縁と直線縁の
 ひずみ分布を示した。これは一例としてSM41, $S=50$ の
 試験体をあげてある。光弾性皮膜法によるひずみと有限要素
 法との最大誤差は 円孔縁、直線縁とも約40% となってい
 た。光弾性皮膜法による測定結果の応力及びひ
 ずみは、有限要素法の解析よりも 小さな値を
 とる傾向があった。光弾性皮膜法は急激に応力
 が変化する範囲で、縮の間隔が狭くなり写真で
 の縮少数判読の困難さから応力集中する部分で
 は 誤差が大きくなったものと考えられる。

5. まとめ 応力及びひずみ分布、塑性域
 の伸びの結果から、光弾性皮膜法は有限要素
 法と定性的に一致し、塑性域の伸びを検討す
 るのに有効な実験的手法といえよう。

1) On the stress in the neighbourhood of
 a Circular Hole in a Strip Under
 Tension
 By R.C.J. Howland
 Proc. Roy. Soc. series A, vol. 148
 (1935)

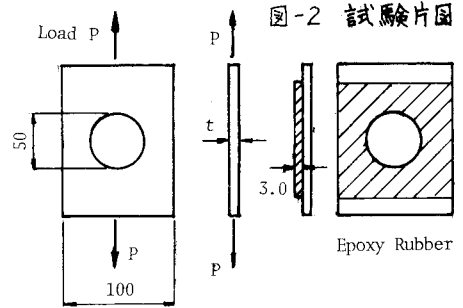


図-2 試験片図

図-3 塑性域の伸び

K の値

段階	F.E.M.	P.C.M.	段階	F.E.M.	P.C.M.
1	0.42	0.40	1	0.48	0.47
2	0.48	0.46	2	0.50	0.50
3	0.50	0.50	3	0.51	0.51
4	0.52	0.52	4	0.53	0.53
5	0.57	0.58	5	0.56	0.55

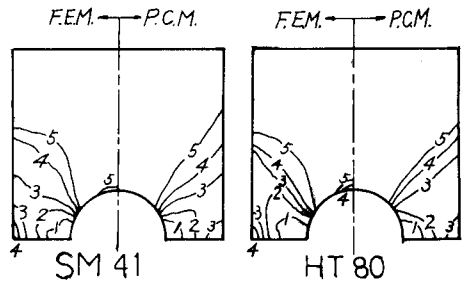


図-4 円孔縁と直線縁
 の応力分布 ($K=0.24$)

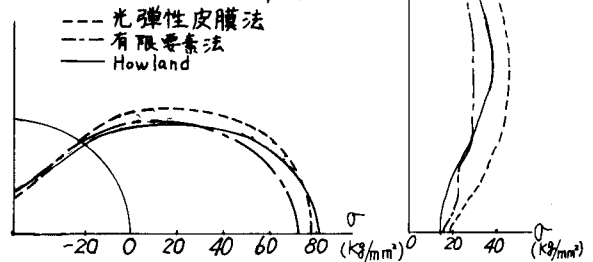


図-5 円孔縁と直線縁の
 ひずみ分布 ($K=0.50$)

