

九州大学 正員 村上 正
同 同 〇斎藤利一郎
同 学生員 平野喜三郎

§1, まえがき

皮膜法は、実際の構造物の表面に皮膜を施し、下地材料の応力やひずみと光弾性的に検出しようとするもので、下地材料の特性を忠実にとり入れた結果を与えるものとして、特異な研究面をひらきつつある。皮膜法において最も重要なのはその材料である。

皮膜材料に要請される性質の中、特に必要な条件は高いひずみ感度を具備していることである。

すなわち、測定しようとする下地材料のひずみの大きさに対応し得るひずみ感度を決定するには、軟化剤(ジオキソール)の配合比を適当に選定する必要がある。

本研究は、1), 高いひずみ感度を得るための良好な配合比の決定。2), それをアクリライト板を下地とした場合の応力-ひずみ関係を知ることを目的とする。アクリライト板を選んだ理由は、さし当りそれによって作った模型による実験を考えているからである。

§2. 皮膜作製の手順

シニでは次のような方法によった。水平を保つように調整した作製板の上に、離型剤の役目をなすポリエチレンの薄膜をしめのないようにはりつけ、その表面を磨きにし布でむらなくシリコンパウンドを塗布して離型性を發揮させるように工夫した。

皮膜材料は主剤(エポキシト), 硬化剤(ジエチレントリアミン), 軟化剤(ジオキソール)で作られる。本実験では、100:10:0~100の重量比に対し軟化剤の重量比を、10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100の8種類に変化させた。まず主剤の水分と気泡を除去するために、80~90℃で1時間加熱処理を行った。

次に、自然冷却を行い40~45℃で硬化剤および軟化剤を入れて攪拌した。

重合熱によって、温度が60~70℃に上昇したとき、硬化むらをさけるために下地材料の外周囲より中心に向かって、静かに流しこんだ。皮膜の厚さは3mmであった。

流しこんだ皮膜は、5~7時間放置すると、皮膜に適する半硬化の状態になった。適性硬度を知るために測定器(ダイヤルゲージ)を使用した。測定した適性硬度は、30秒間に指針が20~30目盛移動する位であった。本実験では全ての半硬化法によった。

§3. 反射膜および接着

皮膜法は、通常の光弾性実験(透過法)とは異なり、反射型の装置を使用するため光沢のない下地材料を実験するには、反射膜を施さなければならぬ。

シニでは透明なアクリライト板を下地材料に選んだので、皮膜の接着面に反射膜を与えた。接着剤は、皮膜材料と同一材質のエポキシ樹脂系を用い、その調合比(重量比)を下記のようにした。

主剤(エポキシト828)	100
エポキシ系接着剤の調合比	
硬化剤(ジエチレントリアミン)	10
軟化剤(ジオキソール)	50

前節でのべたように、加熱処理を行い、重合熱により上昇する温度が48℃に達したとき、アルミナ

粉末（反射膜用）を混入して攪拌し、53℃に達したときにこれを接着剤として使用した。

他に速硬化性セメタイン/500も使用してみたが、接着を生じ良好な結果は得られなかった。

§4. 皮膜の主ひずみ感度および光弾性感度

軟化剤（ネオコール）の含有量に対する主ひずみ感度の関係を図-1に示す。

これらの結果は、単軸応力での単位ひずみにより生ずる等色線次数で表れる。ここでは、アクリライト板（3mm）の引張り試験片に厚さ3mmの皮膜（10×20mm）を表面に接着し、裏面にはストレンゲージをはって、種々のものについて検出した。

すなわち、単軸応力状態における皮膜に生じるシマ次数の変化は青→赤→青→赤の順になって、それに対応するものをストレンゲージで同時に測定した。実験時の温度は20℃であった。

光弾性感度（ α ）は、軟化剤の含有量の増減に大きく左右される。すなわち、軟化剤が増大するにしたがって、感度は減少する。

主剤：硬化剤：軟化剤の重量比100：10：10、で $\alpha=0.90 \text{ mm/kg}$ に対し、100：10：50では、 α は半分以下に低下することかわかった。これらのことから明らかなことは、軟化剤を増すと、最大ひずみは増加するが、光弾性感度は減少する。したがって、測定しようとする下地材料のひずみが大きい場合には、10～70位が良好で、下地材料のひずみが比較的小さい場合には、10→0の重量比にした方がよいと思われる。

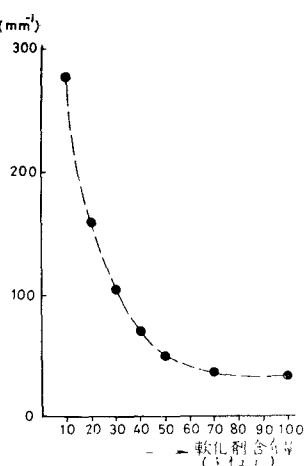


図-1.

§5. 実験の概要（アクリライト板に皮膜を使用した場合）

皮膜の主ひずみ感度および光弾性感度の中、重量比100：10：10の場合について、主ひずみ感度、 $\beta=278 \text{ mm}$ 、 $\alpha=0.91 \text{ mm/kg}$ を採用して、下地材料のアクリライト板（6mm）に皮膜を接着した。通常的光弾性法と異なりシマ次数の観察は容易ではない。

ここでは1つの試みとして、図-2、3のような平面問題を選んで、応力状態を観察することにした。図-2の場合を実験Ⅰ（NO.1～NO.3）、図-3の場合を（NO.1～NO.4）と名づける。

市販されている反射型の装置では、光線に無理があつて、肉眼でのシマ次数（0次）の観測は不可能であつたので、通常の透過装置を反射型になるように配置して、これによってまわりのシマを記録し、ついで反射型に戻してシマ撮影に移った。シマのコントラストをつけるためにフラッシュ3個を使用した。

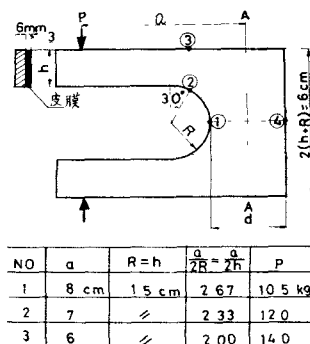


図-2.

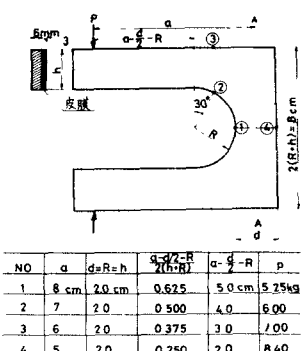


図-3.

荷重は試験片のA-A断面のモーメント(P・a)が一定になるように選んだ。

図-2, 3の番号①, ②, ③, ④, は予備実験(透過法)による応力状態の高まる位置を示し、角度30°は、内部に生ずる0次を定める角度である。

ろ、実験の結果

(1). 実験I (図-2),

皮膜法の光弾性法則は、透過法のそれとは異なっており、皮膜のシマ次数 N' は、主ひずみ差、および主応力差に比例する。

写真-1はNO.2 ($a=7\text{cm}$) の等色線写真の例であるが、これで見ると、シマ次数の読み取りが容易でない。

図-4は、図-2の点①, ②, ③の主ひずみをシマ次数単位で示し、理論値と比較したものである。

図に明らかなように、①では実験値の方が2~3次程度高まっている。

②, ③では、実験値の方が低く、安全側に立てている。

③だけを比較すると載荷点の位置の変化に関係なく、NO.1~3とも同じシマ次数が認められる。これは曲げの影響が入らないことを意味する。

図-5は、NO.2 (写真-1) の縁辺のひずみをシマ次数単位で示したものである。

観察し得る最高シマ次数のプロットを8次で打ち切った。

NO.1, NO.3とも同じ傾向の分布曲線になったがNO.3が最も低いシマ次数分布を示した。

図-6は、NO.1~3の各点①~④の応力係数(実験値と理論値との比)をそれぞれ $K_1 \sim K_4$ と示したものである。

図中、 $\sigma_1/\sigma_4, \sigma_2/\sigma_3$ は理論応力の比である。

各点①~④の係数を比較するに、係数が1.0に近いもの程、理論値に近いことを意味する。

(2) 実験II (図-3)

写真-2はNO.1の

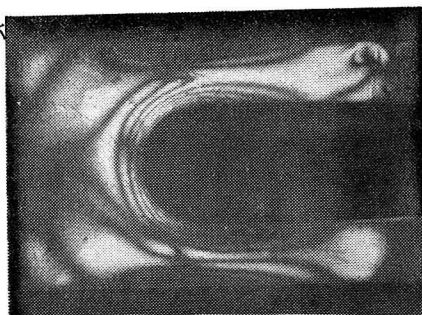


写真-1

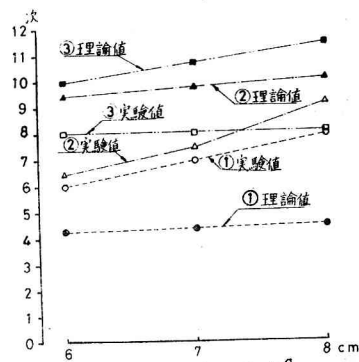


図-4

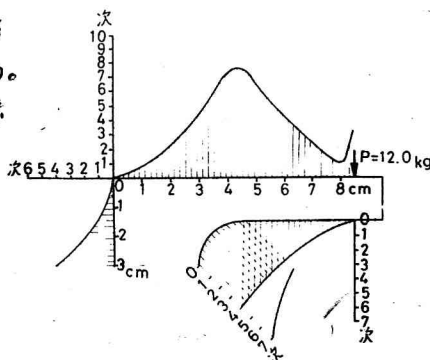


図-5

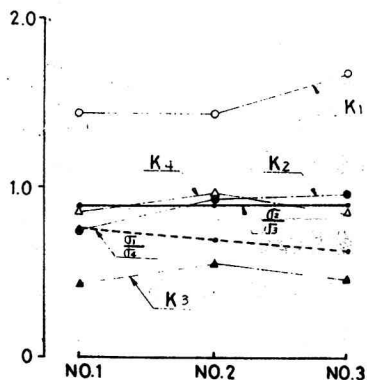


図-6

等色線写真の例である。0次が明らかでないが、前節の方法によって、その位置を定めシマ次数を読みとった。

図-7に理論値との比較を示す。載荷点の位置が変化しても、著しく異なるシマ次数は認められず、理論値とよく接近している。

図-8に応力係数と試験片の点①、②、③、④との関係を示す。図に明らかなように、 $N0.2$ は大きな変化はなく、皮膜の配合比 100:10:10か下地材料の応力とひずみの良好な比例関係にあると思われる。

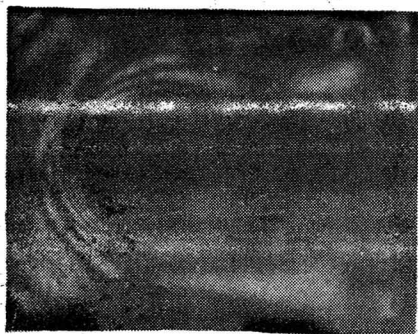


写真-2

3.7. むすび

(1) 主ひずみ感度 β は、軟化剤の配合比によって大きい変化を示し、軟化剤(ナオユール)の含有量が増大すると光弾性感度 β が低下する。

(2) すなわち、軟化剤の含有量は、測定しようとする下地材料のひずみの大小によって変え、大きい場合には、重量比 10~70 のものがよいと思われる。

(3) 下地材料のひずみが小さい場合には 重量比 10→0 のものが良好である。

(4) アクリライト(フリネル硬度 Z3~26) または、アルミナ程度の硬度のものには 100:10:10 の重量比であれば、充分シマ次数の分布が観察できる。

付記

以上は、本実験の範囲から得た結果である。

初めての試みであるから、装置においても、材料においても、さらに改良、工夫の余地があることはもちろんであるが、大よその「見当」はつけ得たように思うので報告する次第である。

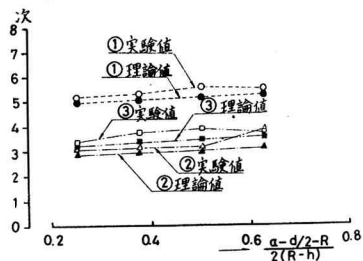


図-7

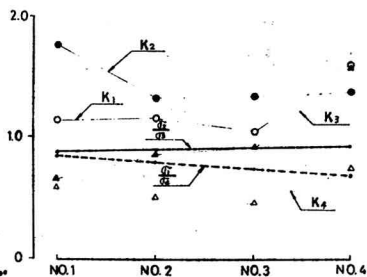


図-8

参考文献

- 1) M. M. Frocht; Photo-elasticity Vol. 1. Z, 1948.
- 2) S. Smith ; Advanced Mechanics of Materials 2nd edition, 1952.