

名古屋大学
○京都大学

成岡 昌夫
下村嘉平衡

1. はしがき

現在、構造物の実験応力解析学的研究を行う場合に、最も一般的なのは、歪計による方法であろう。平板構造物においては、種々の実験方法があって、歪計によるほか、曲率計および光弾性による方法などがあるが、別に、全く新しい方法として、一平板の裏面で目盛り線を反射させ、載荷前後の状態を、同じネガに二重露出させて、巧妙に干渉輪を作らせ、これから、平板のタワミ角度を直接読みとるといふ — Moiré法がある。わが国で、この方法を、平板の模型解析の一つの手段としてとりあげたのは、土木工学の分野では、まだ見当たらないと思われるので、われわれの研究室では一昨年以來とりあげて研究を進めて来た。ここでは、このMoiré法を紹介し、ついで、不完全ではあるが、進めてきた実験の中間発表を行い、今後の精度の向上に期したいと思う。

2. Moiré法の原理

図-1の装置を考える。いま、載荷前後に、それぞれ、平板上の点Pに目盛りQが、点P'に目盛りQ'が対応し、どちらも乾板上Sに像を結んだとすると、明らかに次式が成立する。

$$QQ' = 2\varphi(a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} = 2a\varphi(1 + \frac{b^2}{a^2})^{\frac{1}{2}} \doteq 2a\varphi \dots (1)$$

そこで、なんらかの方法で、QQ'を知れば、 φ 、すなわち、タワミの1階微分を知ることができるわけである。

さて、図-2において、線群 k_1, l_1 とそれぞれ、載荷前、後の目盛り板の像とすると、二重露出によって生じた帯 m_0 は、 k_1 と l_1, k_2 と l_2, \dots の交点のつながりであって、ここでは、当然、距離 $QQ' = 0$ となっている。この帯上で、像は、白と黒のまだら模様となるに反し、その少し左では、 l_1 の向に k_1 が割り込んですべて黒となり、ポジにすると顕著な白いコンター線となる。次に、帯 m_{H1} では、 k_1 と l_2, k_2 と l_3, \dots が交っていて、 m_0 と m_{H1} との向のQQ'の差は、丁度目盛り間隔 d に等しくなる。したがって、もし目盛り線がx軸に平行に引かれているとすると、 $\varphi = \frac{\partial w}{\partial y}$ となり、この $\frac{\partial w}{\partial y}$ の隣接したコンター線の向では、その差が $\frac{a}{2a}$ となるわけである。

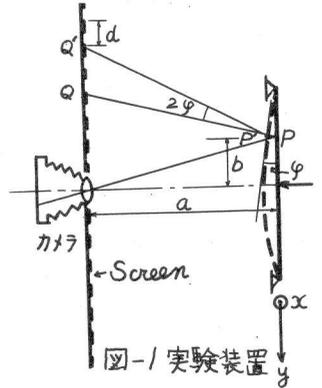


図-1 実験装置

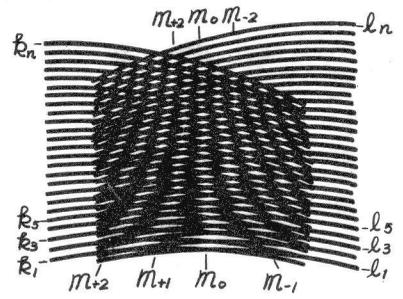
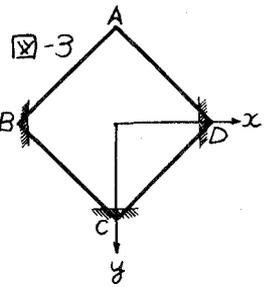


図-2 Moiré fringe

3. 曲げモーメントの計算

必要なタワミの2階微分を実際に計算するには種々の方法が考えられるが、ここでは、まず、ネガを模型と同寸法まで引伸した後、Moiré fringeをトレースし、一つの方向に沿って φ -curveを描き、これから、 $f(n) = f(n+\frac{1}{2}) - f(n-\frac{1}{2})$ と考えて、その微係数を求めた。次に、タワミ剛度Dを求めるには、弾性係数Eからも得られるが、これでは精度

が悪いので、図-3のような、D測定用予備実験を行った。正方形板A, B, C, Dの3点B, C, Dを単純支持、残りの1点Aに集中荷重Pを加えると、x方向の曲げモーメントは一定で $\frac{P}{2}$ となり、そのMoiré fringeは等間隔に並んだ直線となる。このfringe間隔をSとすると



Dは次式で与えられる。

$$D = -\frac{P}{2} \frac{1}{(1-\mu) \frac{2a}{d}} = \frac{P}{2} \frac{S}{1-\mu} \cdot \frac{2a}{d} \quad \dots (2)$$

4. 実験上の諸問題

○ 模型材料

modelの片面が忠実に反射するものなり、すべて使用出来るが、一般に、metalとplasticが考えられる。metalは、厚さが一様で、また、安定した、一定のEが期待出来るが表面が案外に粗く、鮮明な像は得難いので、表面のSilveringあるいはmirrorizeが、今後の問題である。一方plasticは、剛度が小さいので比較的厚い板を使用でき、また、工作が容易であるが、Eが温度と湿度に対して不安定で、その上、creepのことをも考える必要がある。しかし、表面がなめらかで鮮明な像が得られるという大きな長所があるので、この実験でも、3mm厚の黒色、不透明なアクリライト樹脂を用いた。

○ 目盛り板 (Screen)

(1) 式の $QQ = 2a\varphi$ を常に成立させるようなScreenの形は、 $R = 3.5a$ の円筒殻に非常に近いことが知られているので、まずこの円筒の型枠を作り、これに合板を固定し、この上に、1mm幅の黒、白の罫線を墨入れした紙をはりつけた。

○ 支承、載荷、カメラおよび写真材料については、紙面の都合で省略する。

5. 実験例

Moiré法の精度を見るため、次の3種の実験を行い、その結果を理論解あるいは数値解と比較した。①四辺単純支持、等分布荷重満載正方形板、②四辺固定、等分布荷重満載正方形板、③二辺固定、二辺自由、等分布荷重満載正方形板。この結果は講演当日に示す。

6. むすび

以上、新しい模型解析の秀れた方法としてMoiré法を紹介し、その理論解との一致を示したが、この方法の長所は、①いかなる境界条件(例えば、孔や切欠きを有する平板)でも、簡単に解析ができること、②二つの載荷状態の相違によって生じたタワミ角度が、Moiré fringeとなって現われるのであるから、初期歪み、初期応力のcheckは不要であること、③さらに、装置自体が簡単で、安価に、また容易に製作できることである。

これに対し今後の課題として、①境界条件を完全に満足する支承の製作、②Moiré fringeから直接、自動的に、曲げモーメント、タワミを求める方法の考案、③試験片として、metalの採用、④Moiré法の他の構造物への応用、などがあげられる。

文献. 1). Lichtenberg, F.K., "The Moiré Method - A New Experimental Method for Determination of Moments", Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis, Vol. XII, 1955.

2). Bradley, W.A., "Laterally loaded thin flat plates", Proceedings of A.S.C.E., Journal of the Engineering Mechanics Division, October, 1959.