

1. 緒言

moiré fringe 法は、近年応用解析の分野に於いてその応用がさかんになりつつある。その主な適用の分野は板のタワミと二次元問題におけるヒズミの解析であるが、ほり、ラーメン等の構造模型の解析にも応用することが出来る。板のタワミ解析は模型板表面に反射面をつくり、シリンダー状の grid が、変形前後の模型板表面の反射によってつくられる moiré fringe を二重露出によって、写真撮影して解析するものである。二次元問題におけるヒズミ解析は photograting 法とも呼ばれ、模型表面に print された細い grid line の変形前後の干渉によってつくられる fringe によってヒズミの解析を行うものである。一方、ほり、ラーメン等の構造模型の解析においては、部材中心の変位の測定が問題となることが多い。この場合には比較的粗い grid を使用でき、主に master grid は透明紙に print されたものを model grid に接して保ち、二重露出によらないでもよい。一般にはこの方が、鮮明な fringe の撮影が出来る。板のタワミの解析においては、鮮明な像を得るために模型板表面に良好な反射面をつくるのが問題となり、二次元問題におけるヒズミ解析では、細い grid line を模型表面に print することが問題となる。板のタワミ解析についてはすでに成岡博士らの報告があるので、ここではその他の場合の問題、特に構造模型解析への応用について述べる。

2. 実験及び解析の方法と結果

二次元問題のヒズミ解析については、円盤の面内圧縮に関する解析、あるいは切欠きのある部材の解析等の例が多く、一方ビーム ラーメン等の変形の解析に関する応用例がある。前者の場合には grid line の伸縮及び回転が、後者の場合では grid line の回転が測定の対象となる。したがって前者においては、一般に弾性変形の大きい模型材料を使用するとともに、細い grid line の使用が必要であり、一般には 500 lines/inch、解析の方法によっては 150 lines/inch 程度のものの使用によって必要な精度が得られるが、目的によって金属材料に格子状の grid を焼付て使用する場合もある。後者の場合には、一般には比較的粗い grid 65~500 lines/inch のものが使用される。いずれにしてもかなり細い grid line が必要であり、この grid line を得ることが問題となる。一般には写真印刷用のスクリーンを使用することが便利である。著者等が写真印刷用の、単線 contact screen 100 lines/inch を利用して実験を行った結果は、ほり、ラーメン等の変形を対象とする場合の測定には充分の結果を得ることが出来たが、一方円盤などの二次元モデルのヒズミ解析には模型材料の選択とも関連して、充分な結果は得られなかった。しかしながら必要な場合には 500 lines/inch 程度までの grid を得ることも可能であり、又格子状の grid 等を使用することもできる。

fringe を写真として得るには既述のように、二重露出の方法による場合とこれによらない場合とがある。前者の方法は変形前後の grid line を同一フィルム面上に二重に撮影し、フィルム面上で fringe を生成させることである。この場合には、モデル上に接着又は print された grid が鮮明でありまた解像力のすくねにカメラによってフィルム上に grid が鮮明に撮影されることが必要である。著者等の

実験において *contact screen* を *print* して得た *grid* をモデルに接着した場合には、この点において十分な鮮明度が得られなかった。一方 *master grid* として *contact screen* の原版を用い、2重露出によらないで撮影したものでは、写真1-2のようにさきめて鮮明な *fringe* を得ることが出来る。ただし2次元のヒズミ解析を行うような場合には、2重露出の方法が直当であり、又任意の模型材料を対象とすることを考えると、モデル上に直接 *grid* を *print* することが望ましく、これらの方法についても研究が進められている。しかしながら一般に充分細い *grid* を鮮明にモデル上に *print* することは、さきめて重要な基礎事項であるとともに容易でないことも事実である。2重露出によらない方法は、鮮明な *fringe* を得易い反面、*master grid* を *model grid* に接して保持することに留意し、*fringe* の変形による誤差の生じないように考慮する必要がある。

2次元のヒズミ解析における基礎的な関係は次のようである。ここでは2組の直線平行線群の *grid* を使用する場合について示す。この場合 *fringe* は回転あるいは伸縮が相対的に生じた場合に、等しい変位の英の軌跡としてあらわれる。 ϕ : *master grid line* から *fringe* までの角度、 θ : *master grid line* から *model grid line* までの角度、 p : *master pitch*, p' : *model pitch*, δ : *fringe* 間隔とすれば、

$$\tan \phi = \frac{p \sin \theta}{p \cos \theta - p'} \quad ; \quad \delta = \frac{pp'}{\sqrt{p^2 \sin^2 \theta + (p \cos \theta - p')^2}}$$

$$\tan \theta = \angle \delta \frac{p}{\delta} \quad , \quad \angle \delta = \frac{\sin \phi}{1 + \frac{p}{\delta} \cos \phi} \quad ; \quad p' = \frac{\delta}{1 + (\frac{\delta}{p})^2 + 2(\frac{\delta}{p}) \cos \phi}$$

$$\epsilon_r = \frac{p' - p}{p} = \frac{\beta \delta \cdot p / \delta}{1 - \beta \delta p / \delta} \quad , \quad \beta \delta = \frac{\delta}{p} (1 - \frac{p}{p'})$$

が 90° に近い場合には $\angle \delta \approx 10$ となり $\tan \theta = p/\delta$ によって充分な精度が得られる。写真1-2は箱型ラメンに集中荷重を載荷して得られた *mainé fringe* を示すものである。模型材料はアクリライトを使用し、*grid* は写真印刷用の 100 lines/inch の単線 *contact screen* を用い、撮影は2重露出によらない方法によった。写真-1は水平方向 *grid* に対するもの、写真-2は鉛直方向の *grid* によるものである。また図はこれらの結果より得た曲げモーメントを理論値と比較したものである。タワミ曲線は、各 *fringe* の間のタワミが p (この場合は $254/100 \text{ mm}$) に相当することから容易に得られ、これよりタワミ角、曲げモーメントが得られる。これらの結果を見ると、載荷点におけるタワミは理論値 0.07 mm に対し実験値 0.85 mm であり、また曲げモーメント図よりみても、充分な精度が得られることがわかる。

3. 結論

以上の結果より、 100 lines/inch 程度の *contact screen* が容易に得られる現在、構造模型解析の一つの方法として *mainé* 法も充分活用できるものと考えられる。一般には不穩定構造における影響線を求める場合にさきめて有利であるとされている。いずれにしても細い鮮明な *grid* を得ることが基礎的な条件となり、モデルに直接 *print* する場合には、*print* の方法もさきめて重要な問題となる。また明確な *fringe* を得るためには、*grid* の明暗の線巾のほぼ等しいものが望ましい。既製の写真印刷用の *contact screen* は、この英及びほかしのあることに若干の難点がある。*grid* の細さは目的によって、

使い分けが必要がある。鮮明な grid を使用すれば、2重露光の方法によっても満足する fringe が得られる。100 lines/inch より細い screen は原版を注文して作らせる必要があるのでは高価となる。現在のところ 500 lines/inch 程度までの screen を製作することが可能のようである。最近では光弾性法による、土木構造物模型の解析もさかんに行なわれるようになったが、装置にかなりの費用を要し、又取扱にも熟練を必要とする。moiré 法は、grid を之用意されれば、他に大した装置を要せず、取扱にも簡単であるので今後の発展が期待される。

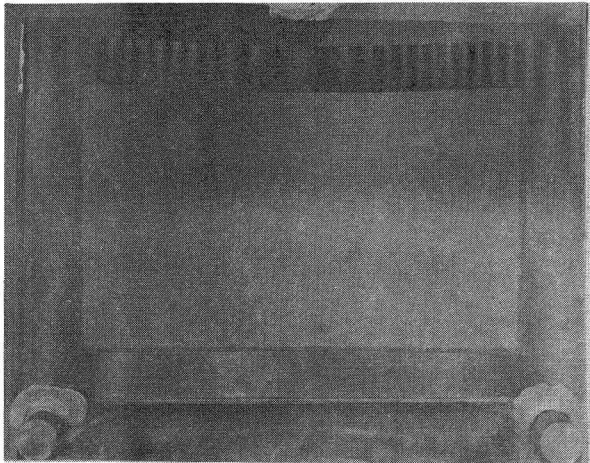


写真 - 1

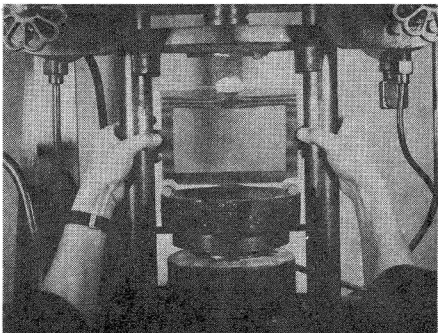


写真 - 2

