

モアレ縞を用いたひずみ可視化シートの開発

(株)計測リサーチコンサルタント 正会員 ○梅本 秀二 非会員 大畑 秀之
 (株)計測リサーチコンサルタント 非会員 宮本 則幸 正会員 岡本 卓慈
 広島大学大学院 非会員 高木 健
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. はじめに

社会基盤や構造物の維持・管理時代の到来で、その健全性調査の必要性が高まっている。このうち、定期的実施される調査は、主として外観目視調査となるが、併せて外力によって発生する構造部材の応力が把握できれば、構造物の健全性を評価する上で有益な情報となる。しかし、コスト面から、定期的実施される調査の中で応力計測まで実施することは難しい。そこで、筆者らは、外観目視調査と併せて簡単に構造部材の応力状態を把握することのできる、安価で測定器を必要としない、モアレ縞を用いたひずみ可視化シートの開発を進めている。本文では、モアレ縞について概説するとともに、基礎実験結果について報告する。

2. 原理

はじめにモアレ縞について説明する。図-1(1)のように、ピッチ p の直線格子 1 とそのピッチよりも Δp ($\Delta p < p$) ほど大きいピッチ $p + \Delta p$ の直線格子 2 を重ねると、これらの直線格子 1, 2 より大きなピッチ W のモアレ縞と呼ばれる縞が現れる。このモアレ縞は 2 つの直線格子を重ね合わせることにより生じ、これらの関係¹⁾は式(1)となる。

$$W = \frac{p + \Delta p}{\Delta p} \cdot p \quad (1)$$

図-1(2)のように直線格子 1 を(A)の方向にピッチ p ほど動かすと、モアレ縞は(A)の方向にピッチ W ほど動く。つまり、変位 X を視覚的に $(p + \Delta p) / \Delta p$ 倍に拡大表示することができる。この拡大率を M とする。ここで、モアレ縞の移動量を X_m とすると、これらの関係は式(2)となる。

$$X_m = MX \quad (2)$$

高拡大率のモアレ縞を得るために、直線格子 2 を n 個のピッチ p の縞を一塊として、これを $np + \Delta p$ おき

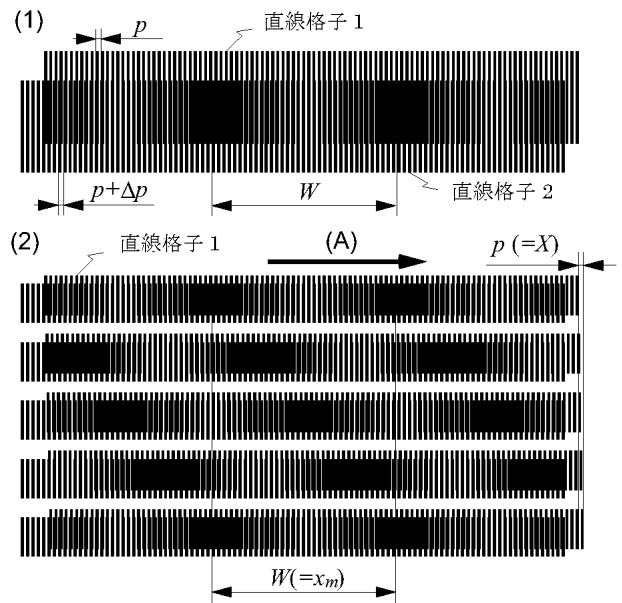
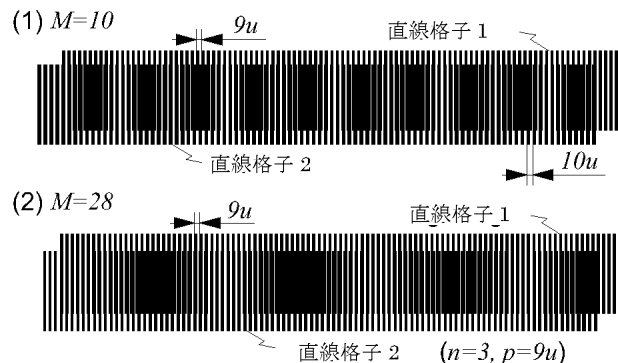


図-1 モアレ縞

図-2 モアレ縞と拡大率 M

に配置することを考える。このとき、モアレ縞のピッチ W は、

$$W = \frac{np + \Delta p}{\Delta p} \cdot p (= Mp) \quad (3)$$

となり、拡大率 M は $(np + \Delta p) / \Delta p$ となる。ここで、印刷できる最小の単位を u とし、直線格子 1, 2 のピッチを $9u$, $10u$ とした場合のモアレ縞を図-2(1)に示す。このとき、拡大率 M は式(3)より 10 倍となる。一方、直線格子 1 は上記と同様のピッチで、直線格子 2 を $p = 9u$, $n = 3$ としたときのモアレ縞を図-2(2)に

キーワード モアレ縞, ひずみ, 可視化, 維持管理

連絡先 〒732-0033 広島県広島市東区福田 1 丁目 665-1 (株)計測リサーチコンサルタント TEL 082-899-5472

示す。このとき、拡大率 M は式(3)より 28 倍となり大きな拡大率 M が得られることが分かる。

3. モアレ縞を用いたひずみ可視化シート

モアレ縞の原理を用いて、図-3 に示すひずみ可視化シートを開発した。下側半分のモアレ縞は、数字にてひずみを可視化する部分であり、上側半分のモアレ縞は、画像処理によりひずみを算出するために用いる。

4. 基礎実験

(1) ひずみゲージとの比較

図-4 に示す JIS Z2201 14 号試験片にひずみゲージを張り付け、スリット位置が同位置となるように、開発したひずみ可視化シートを張り付けたフラットバーをビスで固定した。圧縮・引張試験器により試験片に引張力を加え、ひずみゲージとひずみ可視化シートから得られるひずみデータを比較した。ひずみ可視化シートから得られるひずみデータは、市販されているデジタルビデオカメラでモアレ縞を撮影（図-5）し、モアレ縞の移動量を画像処理により求めて算出した。実験結果を図-6 に示す。引張力载荷時、除荷時ともに、引張荷重とひずみの関係は線形で一致している。また、ひずみゲージとひずみ可視化シートのひずみの偏差は $10 \mu\epsilon$ 未満であり、ひずみ可視化シートによってひずみゲージと同等の精度、かつ非接触でひずみを計測できることが確認できた。

(2) ひずみの可視化

マイクロステージによって、先に示した可視化シートを張り付けたフラットバーに変位を与え、ひずみを $75 \mu\epsilon$ （基準長 $L=200 \text{ mm}$ ）ずつ増加させた時のひずみ可視化シートの写真を図-7 に示す。発生させたひずみに応じて、表示される数字が変化しており、ひずみが可視化されていることが分かる。

4. おわりに

ひずみ可視化シートは、ひずみゲージと比較して $10 \mu\epsilon$ 未満の偏差で、かつ非接触でひずみを計測できることが確認できた。また、生じたひずみ量に応じた数字による可視化が行えることが確認できた。今後は、可視化できるひずみの分解能の向上を目指すとともに、実構造物へ適用していく予定である。

参考文献

1) 山田朝治, 横関俊介: モアレ縞・干渉縞応用計測法, コロナ社, pp.1-46, 1996

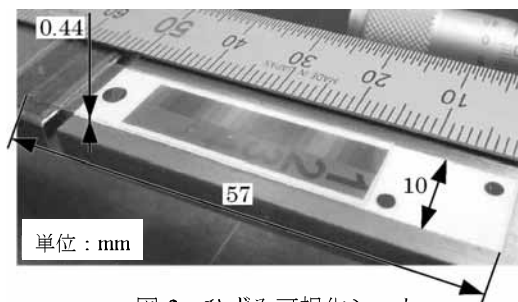


図-3 ひずみ可視化シート

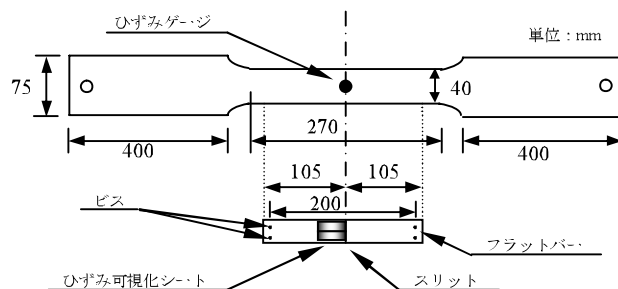


図-4 試験片



図-5 実験状況

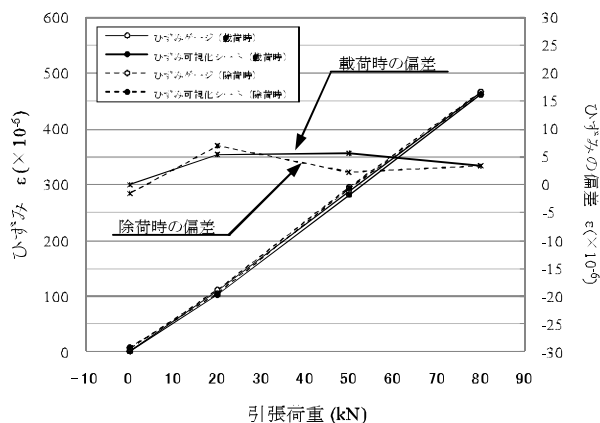


図-6 実験結果

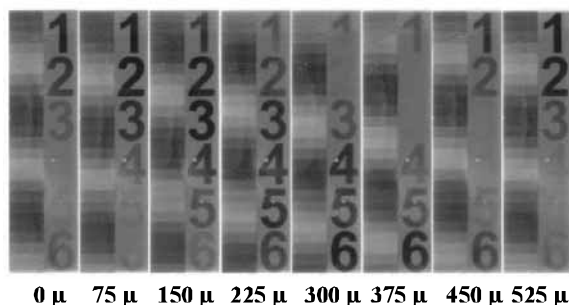


図-7 ひずみの変化に伴う数字の変化の様子