

モアレ法を用いたひび割れ幅計測に関する基礎実験

Fundamental experiments of crack width measurement by moire method

北海道大学大学院 ○学生員 牛尾佳那子(Kanako Ushio)
 北海道大学大学院 正 員 佐藤 靖彦(Yasuhiko Sato)
 株式会社共和電業 前田 芳巳(Yoshimi Maeda)
 株式会社共和電業 津田 仁(Hitoshi Tsuda)

1. 概要

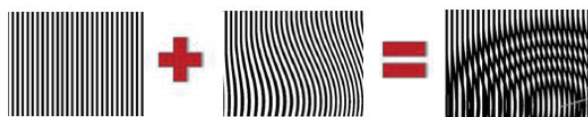
既設構造物において劣化状態を把握することは非常に重要な課題である¹⁾。年を経て劣化していく構造物の状態を定量的に把握し、診断や点検が必要か調査するための技術の開発が望まれている。

著者らは、構造物に発生するひび割れに関する種々の情報を用いた性能評価法の開発を進めており、そのために、ひび割れに関する多くの情報を簡易に得ることができるモアレ法を利用したひび割れ幅計測技術の開発に取り組んでいる。

本論文では、ひび割れを有するはり模型を用いて、モアレ縞の定型的な変化をまとめ、その結果を利用してモアレ縞とひび割れ幅との関係について報告する。

2. モアレ法

モアレ法とは画像による解析方法の一種である²⁾。基準格子と少し変形した資料格子とを重ねた時、元の格子にはない新たな縞模様（モアレ縞）が発生する。その様子を図1に示す。モアレ法は変位が直接視覚情報として得られるため、ひずみの計測に古くから用いられてきた。格子の幅（ピッチ）の幅や格子同士の組み合わせにより様々なモアレ縞が浮かび上がる。本研究ではモアレ法を応用して、ひび割れ幅に関する基礎実験を行う。



基準格子

資料格子

図1 モアレ縞発生仕組み

3. 実験結果と考察

3.1 縞模様の形状に関する実験概要

図2に示す人口ひび割れを有するはり模型（14cm×60cm×8cm）を用いて実験を行った。模型には、曲げひび割れとせん断ひび割れを模擬した人工的なひび割れが設けられており、ゴムケーブルをはり模型の下側側面に取り付けることで補強される。

実験の様子を図3に示す。はり模型側面に資料格子を貼り付け、はり模型に平行になるように少し距離を設けて基準格子を置いた。はり模型の中央に荷重を与え、載荷中に変化する縞模様を動画でカメラにより撮影した。

本実験で用意した実験パラメータは以下の6つである。

- (1) 基準格子、資料格子の距離、及び組み合わせ（3つの円を組み合わせたもの（図4(a)）、2つの円の中心を離して設置したもの（図4(b)）、2つの円の中心を近づけて設置したもの（図4(c)）。



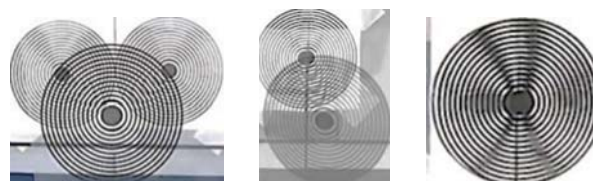
図2 使用したはり模型



図3 実験の様子

心を近づけて設置したもの（図4(c)）。

- (2) ひび割れ幅（0.5mm, 1mm, 2mm）
- (3) ひび割れの種類（曲げ、せん断）
- (4) カメラの位置(90cm, 120cm)
- (5) 基準格子のピッチ(1mm, 0.5mm)
- (6) 基準格子のひび割れまでの距離(0cm, 5cm, 10cm)



(a)2枚の資料格子 (b)中心間距離大 (c)中心間距離小

図4 資料格子と基準格子の重ね方

3.2 縞模様の形状に関する実験結果と考察

各パラメータに対し、変化がはっきりわかるもの、変化が少なくわかりにくいもの、変化が全くわからないものに分類した。その結果、基準格子と資料格子の中心を近接させた場合のひび割れ幅の変化に伴うモアレ縞の本数の変化が最もわかりやすかった。

基準格子よりもひび割れ幅が小さいとモアレ縞の変化が観察しにくくなる傾向があり、基準格子と資料格子との距離が大きいほどその傾向が強くなる。そのため、実

際の構造物に本研究で用いた格子を利用する際は、格子の幅が、ターゲットとするひび割れ幅に応じて設定することが望ましい。

3.3 仰角の影響に関する実験概要

カメラの角度を変化させてモアレ縞が観察できる限界の角度を調べるために実験を行なった。その様子を図5に示す。実験では、図5に示す角度 θ を10度刻みで変化させることで、モアレ縞の変化を観察した。

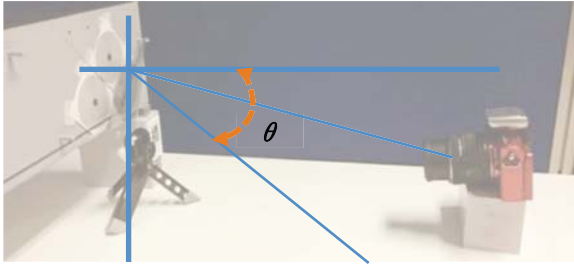
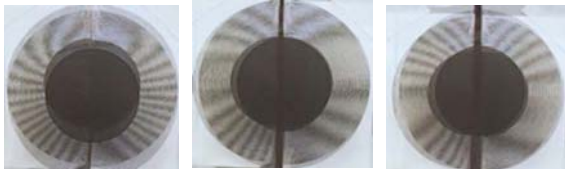


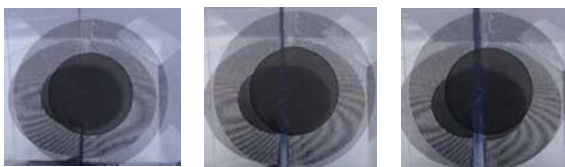
図5 実験の様子

3.4 仰角の影響に関する実験結果と考察

一例として、 θ が10, 30, 50度の時のモアレ縞を図6に示す。左から右に向かってひび割れ幅が増加している。図6より、仰角 θ が大きくなるほど模様の変化を認識しにくくなる。模様の変化を認識できる限界は、50度であった。



(a) $\theta = 10$ 度



(b) $\theta = 30$ 度



(c) $\theta = 50$ 度

図6 仰角と模様の変化

3.5 モアレ縞の定量的な評価

これまでの実験でモアレ縞はひび割れ幅の変化によって段階的に変化することが分かった。その変化を図7に

示す。ひび割れ幅と縞の本数には直線関係があることがわかる。その関係は、式(1)により表すことができる。

$$w = \beta |n - \alpha| \quad (1)$$

ここで、

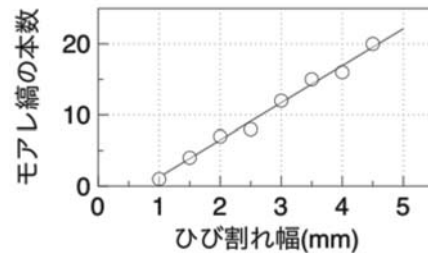
w : ひび割れ幅 (mm)

n : モアレ縞の総数($n=0,1,2,\dots$)

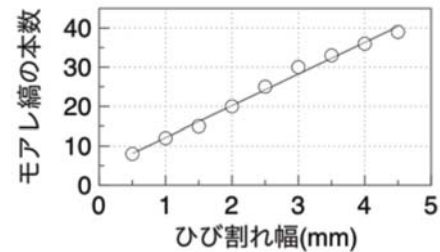
α : 当初から存在するモアレ縞の本数

β : ピッチにより異なる定数

(ピッチ 0.5mm では 4, ピッチ 0.25mm では 8)



(a) ピッチ 1mm の円を使用した場合



(b) ピッチ 0.5mm の円を使用した場合

図-7 ひび割れ幅とモアレ縞の本数との関係

4. まとめ

試行した3種類の図形の中でひび割れ幅の変化に対するモアレ縞の変化が顕著であったのは中心を近接させた同心円である。中心を近接させた2つの同心円は、モアレ縞の本数によりひび割れ幅の変化を観察できる。

ひび割れ幅の開閉によりモアレ縞の本数は規則的に変動していたため、モアレ縞の本数とひび割れ幅に関する式を提案した。

5. 謝辞

北海道土木技術会コンクリート委員会コンクリート先端技術教育小委員会所有のはり型模型を使わせていただきました。その際、オリエンタル白石株式会社の高澤昌憲様には多大なご尽力を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1)土木学会 コンクリート技術シリーズ71「材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能」, 2006
- 2)森本吉春、藤垣元治、梶谷明大、サンプリングモアレ法による変位・ひずみ分布計測, Journal of the Va xuum Society of Japan, pp.32-38, Vol.54, No.1, 2011