

モアレ縞を利用したコンクリートのひび割れ計測システムの検討

土木研究所 正会員 ○百武 壮
土木研究所 正会員 新田 弘之

物質・材料研究機構 岸本 哲
物質・材料研究機構 轟 眞市

1. はじめに

インフラ構造物の本格的な老朽化に対応するため、低コストで信頼性が高い劣化診断技術が求められている。そこで我々はモアレ縞を利用して簡便で安価なひび割れ幅検査手法について検討した。これにより、(1)健全時の初期画像を必要とせず(2)既知のひび割れの有無に限定されず、更に(3)補修材などで表面を覆われ、ひび割れ自体が見えない状態であってもひび割れ幅が測定できる、全く新しいひび割れ幅測定技術として開発したので報告する。

2. 目的

コンクリート構造物のひび割れを対策は構造物の維持管理上重要である。一方で、発生したひび割れを補修した後に再劣化が生じることは少なくない(コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2013)。ひび割れ補修時は表面が補修材によって保護されるため、再劣化した場合に目視観察することができなくなり、対策が遅れることがある。

本研究では、モアレ縞を利用して被覆材の下で目視できない箇所のひび割れ発生・進展を可視化し、その幅を計測する技術の開発を行った。モアレ縞とは図-1に示すように、規則正しい繰り返し模様を重ね合わせた時に、周期のずれによって発生する縞模様のことである。本技術はひび割れ補修時の被覆材表面に格子模様を付けることで、目視困難な被覆下で再劣化が起こった場合のひび割れ幅を格子の微細な変状から生じるモアレ縞のずれとして検出するものである。計測は汎用のデジタルカメラやスマートフォンカメラで行うことができる。将来的には誰にでも簡便に構造物の劣化兆候が察知でき、容易にあるいは自動的に専門家や自治体に報せるようなシステムを構築することで、日常的なインフラ点検法となるようなものにすることを目標としている。

3. 原理

ひび割れ発生によって、コンクリートに貼り付けた格子(モデルグリッド)の格子間距離が増大する(図-2 左上)。デジタル写真を撮影し、画像処理によってモデルグリッドと周期の近い格子(マスターグリッド)を重ね合わせることでモアレ縞が生じる(図-2 右上)が、回転モアレ縞を発生させた場合、増大した格子間距離(ひび割れ幅)分モアレ縞がずれる(図-2 下)。ひび割れ幅 w 、モデルグリッドの格子ピッチ a 、モアレ縞のずれ $\Delta d/d$ としたとき、この時の幾何学的な関係は式(1)のようになる。 a は既知であることからモアレ縞のずれを計測することでひび割れ幅が算出できる¹⁾。

$$w(\text{ひび割れ幅}) = a(\text{モデルグリッド格子ピッチ}) \times \Delta d/d(\text{モアレ縞のずれ}) \quad (1)$$

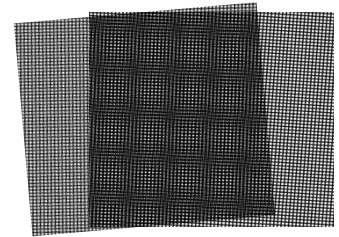


図-1 モアレ

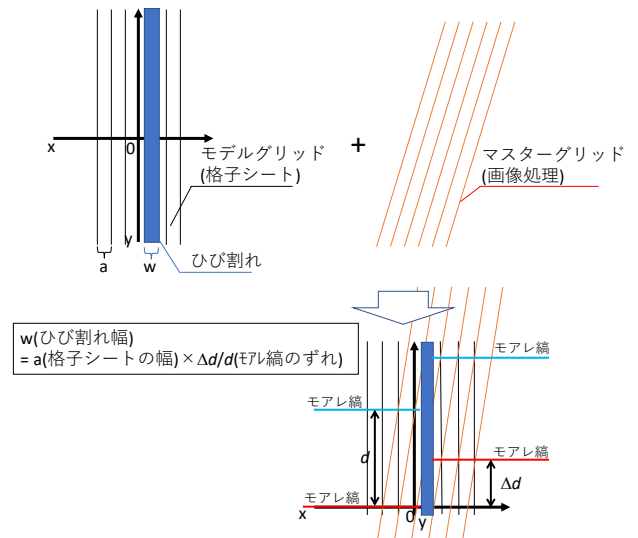
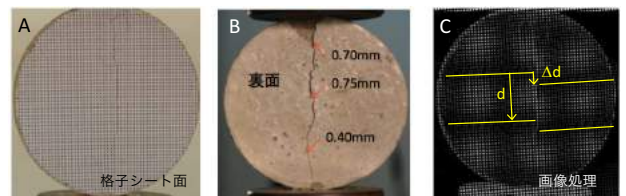


図-2 ひび割れ幅算出原理



A. 通常画像 B. 裏面 C. A の処理画像

図-3 モルタルの割裂試験に対するモアレ法によるひび割れ幅算出例

例えば格子ピッチ 1.5 mm のモデルグリッドを用いた場合、ひび割れ幅は $\Delta d/d$ が 2/6 であった場合、ひび割れ幅は 0.5 mm と算出される(図-3)。

4. 方法

実験は、格子模様を施したコンクリート板に、幅を制御しながらひび割れを発生させ、ひび割れ幅ごとに格子をデジタルカメラ等で撮影し、実際のひび割れ幅とモアレから求めたひび割れ幅を比較することにより行った。詳細を以下に示す。

供試体としてコンクリート板(300 mm×600 mm)に表-1 の構成で補修材を被覆し、その上に正確なピッチで格子模様の描かれたシート(格子シート)を貼り付けた。格子シートは格子ピッチ 1.5 mm を用いた。コンクリート供試体にはあらかじめ貫通孔を開けておき、そこにせり矢を用いて、図の上下二孔間に導入するひび割れを任意の幅で制御した。ひび割れ幅は貫通孔付近のコンクリート表面でクラックゲージを用いて計測した。画像の撮影はスマートフォン、あるいは市販のデジタルカメラを用いた。

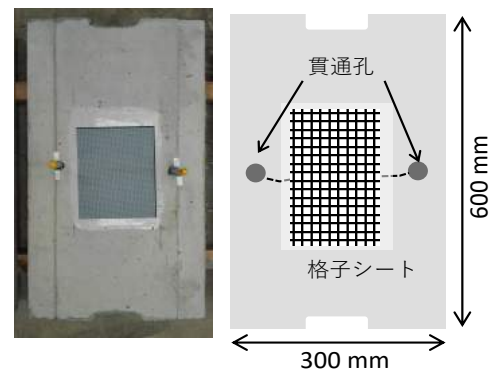


図-4 コンクリート供試体

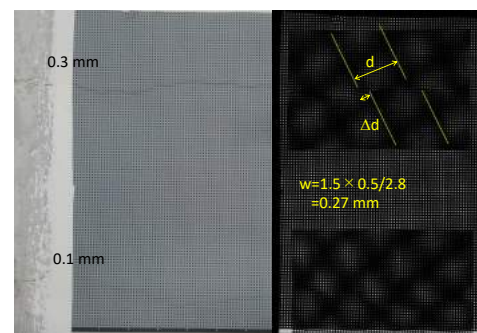


図-5 ひび割れの様子(左)と画像解析(右)

表-1 補修材の標準構成

	プライマー	パテ	中塗り	上塗り
材料	エポキシ	エポキシ	エポキシ	アクリルウレタン
塗布量(kg/m ²)	0.1	0.5	0.35*	0.12

*中塗りの塗布量で補修材厚さを調整した。

5. 結果および考察

ひび割れ幅によるモアレの発生の違いを観察した。図-5 にモアレの様子を示す。ひび割れ幅 0.1 mm 程度からモアレ縞に変化が現れ始めたが、ひび割れ部における縞のずれが観測できたのは 0.3 mm 程度よりも大きい幅であった。

補修材の厚み(0, 290, 320, 350 μm)においてひび割れ幅を 0.1, 0.3, 0.5 mm に制御してモアレ法でひび割れ幅を複数回測定した結果を図-6 に示す。0.1 mm ではモアレ縞のずれを目視で観測することは困難であったため、また補修材なしのものは 0.5 mm のひび割れ幅で格子シートが破断したため、結果は示していない。補修材の厚みの影響はあまりなく、補修被覆下のひび割れが計測できたものと考えられた。なお、現状±0.1 mm 程度の誤差があるが、(1)ひび割れ幅はクラックゲージで目視計測であったこと、(2)画像処理でモアレ縞のずれ判定を目視で行ったことの影響が考えられ、ひび割れの正確な計測と画像解析の自動化によって誤差は小さくできると考えている。

6. まとめ

モアレ法を応用したひび割れ幅計測法を開発した。被覆材下のひび割れの存在とひび割れ幅(0.3 mm 程度以上)を測定することが可能であった。

現場で活用できるように画像処理を自動化・簡便化するソフトウェアを開発中である。手動、自動化含め今後フィールドテストを重ねる予定である。

参考文献

- 1) 岸本哲, 百武壮, 新田弘之, 土谷浩一: モアレ法を用いた脆性材料き裂幅計測法の開発、日本材料学会第 67 期学術講演会, 2018.

キーワード モアレ, ひび割れ, 可視化, 維持管理

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 先端材料資源研究センター TEL: 029-879-6763