

## デジタル画像を利用したひび割れ幅計測法の研究

岡山大学大学院 学生会員 ○壺阪 知広

岡山大学大学院 正会員 西山 哲

株式会社開発設計コンサルタント 菊地 輝行

## 1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に整備された土木構造物が建設後既に 30 年～50 年の期間を経過し、老朽化が進行しており、適切な維持管理(点検など)を行うことが重要な課題となっている。コンクリート構造物の劣化はひび割れの発生から始まることが多くこのひび割れの状況をもとに土木構造物の健全性を評価する必要がある<sup>1)</sup>。本計測法は写真撮影という簡単な方法によって高精度でひび割れの幅の変化を検出する方法である。本論文では、より遠方での計測を想定し撮影距離と計測精度の関係の検証を行った。

## 2. デジタル画像計測の基本理論

## 2. 1 計測手順



図-1 反射ターゲットと計測の様子

計測の手順を以下に示す。

- 1) 図-1に示すように反射ターゲットをひび割れの両側に設置する。このターゲットは正確な間隔で白円が配置されており基準尺としての役割がある。またガラス製でありカメラのフラッシュに対して再帰反射するように作られている。
- 2) 任意の位置より撮影した画像を射影変換により正面を向いた画像に変換する。
- 3) 変換後の画像を用いて両側のターゲット上の円の重心の二次元座標を算出する
- 4) 2つの円の重心間の距離を計測することでひび割れ幅の変化を算出する。

## 2. 2 画像計測法の基本理論

ターゲットの重心の二次元座標は、図-2に示すような明度分布において適当な閾値を定め、閾値以下の明度を0とし、閾値以上の明度を持つ画素については明度を重みとした重心計算を行う。その後射影変換により元画像を正対した方向から撮影した画像に変換する。図-3に示されるように、ある平面  $L$  上の点  $(x, y)$  が、投影中心  $O$  に関して、他の平面  $L'$  上の点  $(x', y')$  として投影されるような変換をいう<sup>2)</sup>。

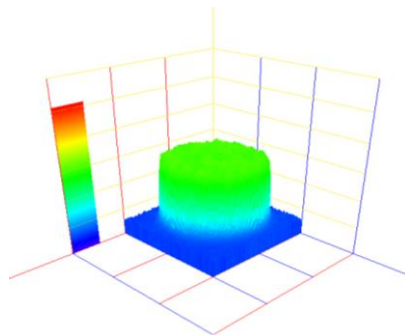


図-2 明度分布の一例

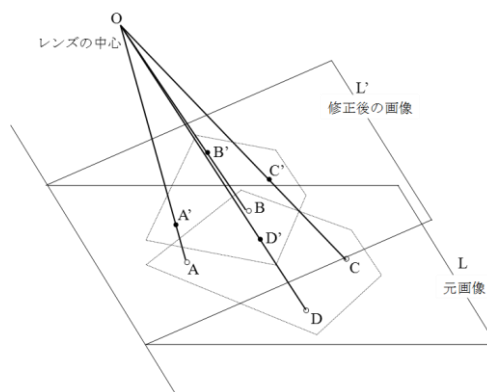


図-3 射影変換の概念

## 3. 精度検証実験

## 3. 1 遠距離撮影を想定した精度検証

本研究ではより遠方での撮影を想定しターゲットからの撮影距離を 5m 以上離して検証を行った<sup>3)</sup>。1800 万画素の Canon 社製デジタル一眼レフカメラ EOS

キーワード 維持管理, ひび割れ計測, 画像計測

連絡先 〒700-0089 岡山県岡山市北区津島本町 3-31 片山ハイッ B202 TEL 080-6164-9626

KissX7 と SIGMA 社製レンズ 18-250mm F3.5-6.3 DC MACRO OS を焦点距離 250mm に固定し使用した。反射ターゲットのサイズと撮影距離は表-1 の条件とした。実験では同一の計測を 5 枚実施し系統誤差と偶然誤差を算出した。表-2 を見ると 50mm ターゲットは 15m 以内の撮影距離では系統・偶然誤差とも 0.1mm 以下であった。しかし撮影距離が 25m になると系統・偶然誤差が大きく低下する。これは 100mm ターゲットにおいても同様であるが系統誤差は 0.1mm 上回ったが偶然誤差は 40m においても 0.1mm 以下となった。計測精度の低下は、撮影距離が大きくなったことによる写真上の円の直径ピクセル数不足が原因の一つだと考えられる。しかし 50mm ターゲットと 100mm ターゲットの同距離を比較すると直径ピクセル数が多いと精度が向上するわけではない。ただし 100mm ターゲットは遠距離でも精度の低下が小さいといえる。

表-1 実験条件

| パターン | ターゲットサイズ    | 焦点距離  | 撮影距離           |
|------|-------------|-------|----------------|
| I    | 50mm×50mm   | 250mm | 5m、10m、15m、25m |
| II   | 100mm×100mm | 250mm | 5m、15m、25m、40m |

表-2 撮影距離と pixel 数、精度の関係

| 撮影距離                 |          | 5m   | 10m  | 15m  | 25m  | 40m  |
|----------------------|----------|------|------|------|------|------|
| 50mm×50mm<br>ターゲット   | 系統誤差(mm) | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.24 | —    |
|                      | 偶然誤差(mm) | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.15 | —    |
|                      | 直径ピクセル数  | 83   | 45   | 31   | 18   | —    |
| 100mm×100mm<br>ターゲット | 系統誤差(mm) | 0.04 | —    | 0.08 | 0.14 | 0.17 |
|                      | 偶然誤差(mm) | 0.04 | —    | 0.05 | 0.08 | 0.09 |
|                      | 直径ピクセル数  | 168  | —    | 63   | 37   | 24   |

### 3. 2 フラッシュの有無による精度検証の実験

次にカメラ、レンズ焦点距離、撮影距離 25m、反射ターゲットのサイズを 100mm×100mm に固定し、フラッシュを使用し実験を行った。フラッシュは Canon 社製のスピードライト 600EX-RT を使用した。図-4 はフラッシュの有無の違いによる変位量と計測値の関係を示したものであり、横軸が強制的に与えたひび割れ幅の変化量で、縦軸が計測されたひび割れ幅の変化量である。表-3 はフラッシュの有無による計測精度の違いである。フラッシュを使用することにより系統・偶然誤差ともに精度が向上している。これはフラッシュの光によりターゲット円の明度が向上し重心座標の取得精度が向上されたためと考えられる。

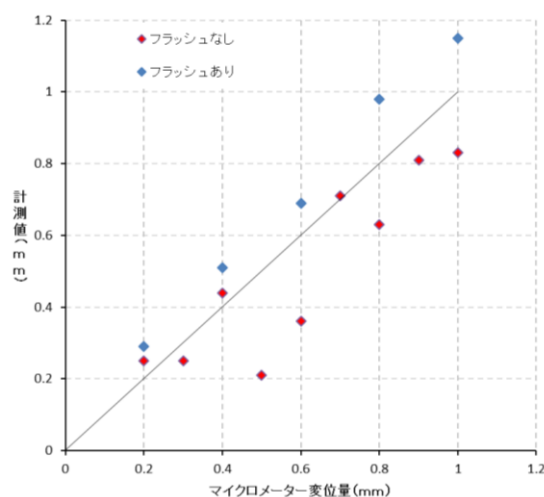


図-4 フラッシュの有無の計測結果

表-3 フラッシュの有無による計測精度の違い

|         | 系統誤差 | 偶然誤差 |
|---------|------|------|
| フラッシュ:有 | 0.12 | 0.04 |
| フラッシュ:無 | 0.14 | 0.08 |

### 4. まとめ

本研究はひび割れ幅の変化を高精度で検出する方法においてより遠距離から写真撮影をした際の精度検証を行った。またフラッシュを用いることで計測精度の向上を図った。以下にその結果を示す。

- 1) 撮影距離 15m 以内であれば系統誤差、偶然誤差ともに 0.1mm 以下でひび割れの変化の計測が可能である。
- 2) ターゲットのサイズ別に比較すると、100mm ターゲットの方が遠距離計測では精度の低下が小さい。
- 3) フラッシュを使用すると円の明度が向上し重心の二次元座標のばらつきが小さくなりより正確に変化をとらえた。

実験結果を考察するにあたり、デジタル画像上の円の写り方が計測精度に影響していると考えられた。遠距離計測において円の写り方を改善することが今後の課題である。

### 参考文献

- 1) 菊地輝行, 秦野輝儀, 壺阪知広, 西山哲: デジタル画像を利用したひび割れ幅計測手法の研究, 第 59 回地盤工学シンポジウム論文集
- 2) 金澤彬: デジタル画像を用いたひび割れ幅計測手法の研究, 京都大学修士論文, 2013
- 3) 永久直樹: デジタル画像を用いたひび割れ幅計測法の研究, 岡山大学卒業論文, 2015