

京都大学工学部	学生会員	○金澤 彬
京都大学大学院工学研究科	正会員	西山 哲
京都大学大学院工学研究科	正会員	矢野 隆夫
(株) つくばソフトウェアエンジニアリング	非会員	村上 治
(株) 開発設計コンサルタント	非会員	菊地 輝行
(株) ネクスコ東日本エンジニアリング	正会員	堺 道夫

1. はじめに

我が国の土木構造物は、1960年代の高度経済成長期という極めて短い期間で建設され、建設後約50年経過した現在、その多くが老朽化しているため、これらの構造物の維持管理が重要視されている。維持管理としては特に、構造物の表面等に発生したひび割れの幅を、日常点検においてノギス等を用い目視により計測しているのが現状である。ところが、この目視による計測は定量的ではなく、点検者の計研に基づくため客観的な評価が困難であるといった問題が指摘されている。このような背景から、本研究ではデジタル画像を利用したひび割れ幅の計測手法を開発し、計測精度を検証した。

2. デジタル単写真測量

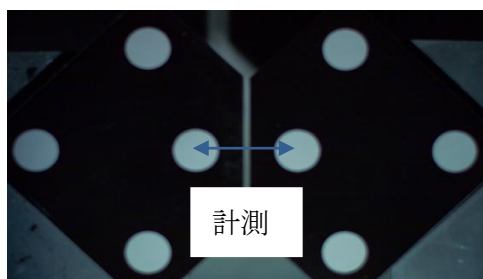


図1 コード付きターゲット

本計測手法の最大の特徴は、ひび割れを斜めから撮影した画像を正面から撮影した画像に変換し（以下、正射影変換とよぶ）、ひび割れ幅を高精度で計測可能にすることである。本計測手法では、図1に示すコード付きターゲットをひび割れの左右（または上下）に設置する。1枚のターゲットには4つの白円が印刷されている。一般的にデジタル画像では、光の信号の強度を1画素あたり256段階に数値化して画像に表現し、この数値を明度とよぶ。本研究では、円の中心座標をこの明度分布を用いて決定する

重心とした。つまり、図2に示すように、4つの円の明度分布において適当な閾値を定め、閾値以下の明度の画素については明度をゼロとし、閾値以上の明度の画素については、明度を重みとして重心計算する。

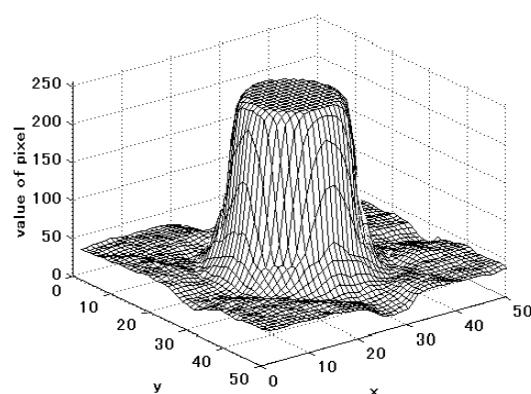


図2 円の明度分布¹

正射影変換に用いる式は、以下に示す射影変換式である。この射影変換式は、ある平面 L 上の点 (x, y) を他の平面 L' 上の点 (x', y') に変換する式であるが、未知係数 b が8個存在する。この8個の未知係数を決定するために、4つの円を既知の間隔で正確に印刷する。この4点の基準点の先述した重心計算により求めた写真座標 (x, y) に対して最小二乗法をはめることにより決定する²。

$$\begin{aligned} x' &= \frac{b_1x + b_2y + b_3}{b_7x + b_8y + 1} \\ y' &= \frac{b_4x + b_5y + b_6}{b_7x + b_8y + 1} \end{aligned}$$

3. 撮影角度の変化に伴う精度検証

本計測手法は正射影変換という大きな特徴を備えており、これは斜めからの撮影に対して精度が低下

することを抑えることを目的としている．従って，撮影距離を 0.36m で一定とし，撮影角度を変化させて計測精度を検証した．

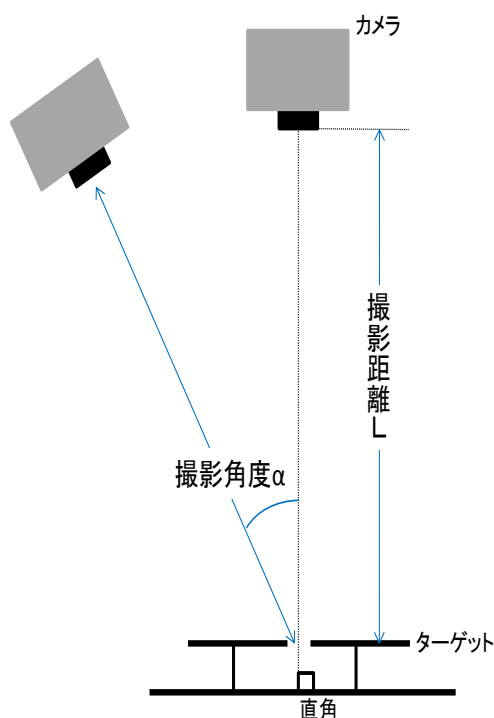


図3 撮影角度と撮影距離

撮影角度は図3のように定義し，実験結果を以下に示す．

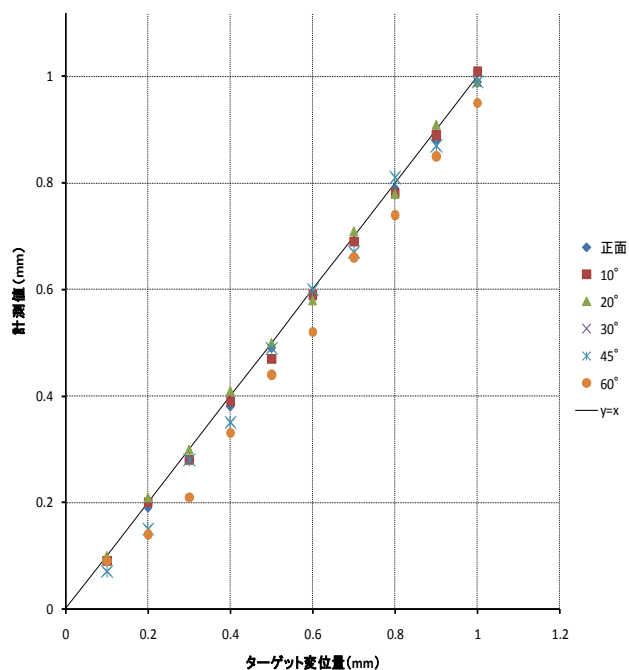


図4 撮影角度と計測結果

計測値－真値＝誤差の平均値を外的精度と定義し，誤差の標準偏差を内的精度と定義し，撮影角度との関係にまとめた結果が表1である．

表1 撮影角度と精度

撮影角度	0度	10度	20度	30度	45度	60度
外的精度 mm	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.06
内的精度 mm	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

撮影角度が 20 度以内で精度の低下はまったく見られていないことがわかる．撮影角度が 60 度となった場合でも外的精度で 0.05mm，内的精度で 0.01mm の低下にとどまっている．

4. 撮影距離の変化に伴う精度検証

先述した室内実験と同じ変位パターンで，撮影角度は 0° で固定し，撮影距離を変化させて精度検証を行った．結果を表2に示す．

表2 撮影距離と精度

撮影距離	0.5m	1m	1.5m
外的精度 mm	0.02	0.04	0.08
内的精度 mm	0.01	0.02	0.04

計測精度は撮影距離に依存するが，撮影距離が 1.5m の場合，外的精度 0.08mm，内的精度 0.04mm の計測が可能であることがわかる．

5. まとめ

本計測手法は，ターゲット円の中心を明度分布を用いて決定する重心とする，正射影変換により斜めからの撮影でも計測を可能とする，という2つの大きな特徴をもつ．この技術により，撮影角度による精度の低下は 60° の場合，0.1mm 以内に抑えることが可能である．また，撮影距離が 1.5m の場合計測精度は±0.1mm であることが実験により明らかとなった．

参考文献

- 1) 龍明治，大西有三，西山哲，中井卓巳：デジタル画像計測による斜面モニタリングシステムの研究，地盤工学ジャーナル，Vol.3, No.2, pp109-119, 2008
- 2) 日本写真測量学会：解析写真測量（改訂版）