

レーザーと光センサーを利用した2次元変位計測システムの開発

(独)労働安全衛生総合研究所 正 伊藤和也 正 豊澤康男
(株)フィールドテック 非 武山峰典 正 村山盛行

1. はじめに

建設工事中の斜面崩壊による労働災害は、請負金額・工期・作業人数がいずれも小さな中小規模工事での被災がほとんどを占めている¹⁾。これらの背景には、中小規模工事に対応した労働災害防止技術の開発の立ち遅れや、経費に余裕のない中小規模工事においても利用可能な簡易で廉価な対策工・警報装置が十分に整備されていないこと考えられる。そこで、現状の計測器よりも廉価で経費に余裕のない、中小規模工事にも利用可能な計測システムに関するシステムの開発を目的として、筆者らはレーザーと光センサーを利用した計測システムについて開発を行っている²⁾。本報告では、レーザーと光センサーを利用した2次元位置(X, Y方向)変位計測システムについて、概要ならびにμm精度の強制変位実験から精度向上の検討について報告する。

2. レーザーと光センサーによる2次元変位計測システム

(1) システムの概要

本システムは図-1に示す概要図のようにレーザー光発射部とレーザー光を受光する受光部により構成されている。廉価なシステムを構築するため、レーザー光の発射部は通常使用されるレーザーポインター(波長: 635nm)を、受光部にはフォトダイオードの一種であるアモルファス光センサーを使用した。今回、このアモルファス光センサーを7×7のマトリックス状とすることで2次元変位センサーとしての利用を検討した。

(2) 計測原理

7×7の全49セルから出力される電流値を任意の電圧に増幅させて収録することでレーザー光の中心(重心)位置を算出することが出来る。すなわち、図-2のようなマトリックス状に配置されたセンサーからの出力を

p_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, n$) とすると、全体の総和、すなわち、

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad (1)$$

およびセンサーの位置に固有の何らかの座標

(u_{ij}, v_{ij}) ($i, j=1, 2, \dots, n$) についての1次モーメント、

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij} p_{ij} \quad , \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij} p_{ij} \quad (2)$$

を求め、(2)式のそれぞれを(1)式で割ることによって出力分布の中心位置を算出するものである。

3. 強制変位によるキャリブレーション実験

受光部を強制的に変位させ、それを計測することによりシステムの性能を確認した。図-3に実験風景を示す。実験はレーザー光発射部を受光部から約3m離れた位置に設置し、XYステージにより受光部を0.265mm間隔で移動させその際の出力変位を計測した。なお、レーザー光

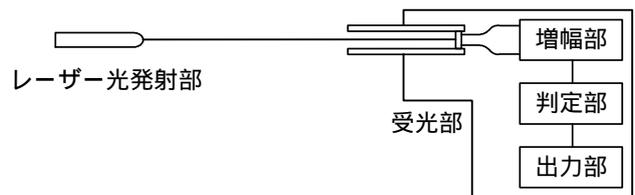


図-1 本システムの概念図

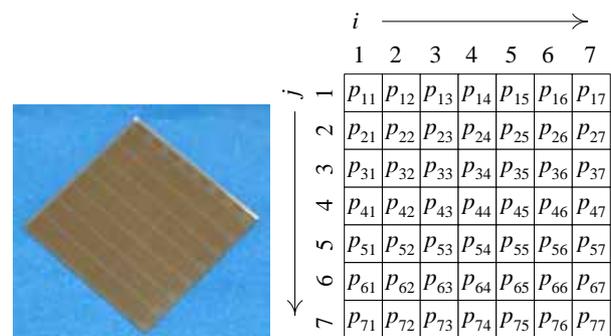


図-2 アモルファス光センサー(左)とセンサーの出力番号(右)



図-3 キャリブレーション実験

Key Words: 斜面崩壊, 計測, 労働災害,

連絡先: (独)労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 TEL&FAX 042-494-6214

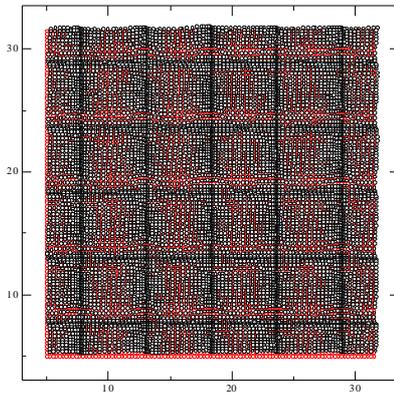
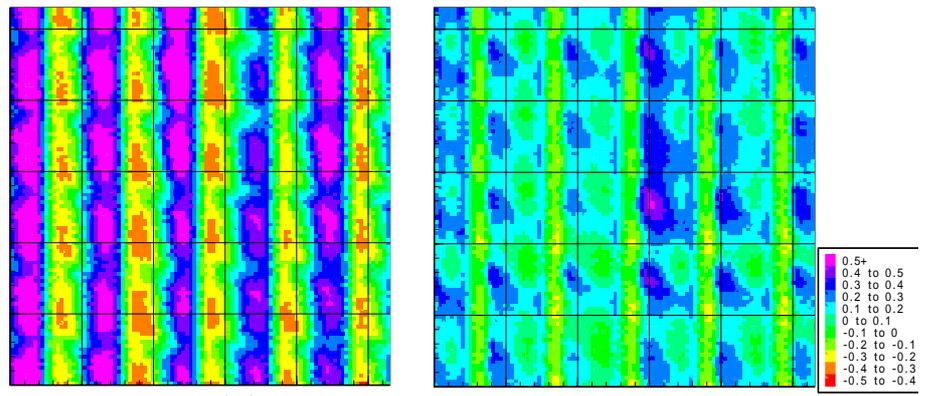


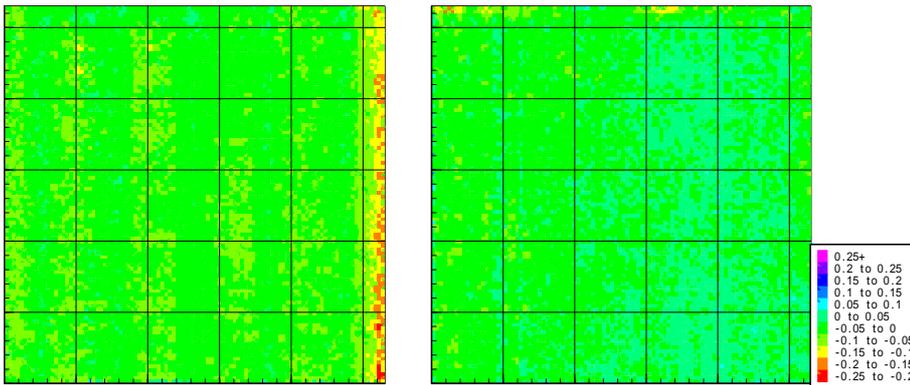
図-4 計測データと真値



(a) X方向

(b) Y方向

図-5 計測データと真値の誤差分布



(a) X方向

(b) Y方向

図-6 複数回実験による誤差差分の分布

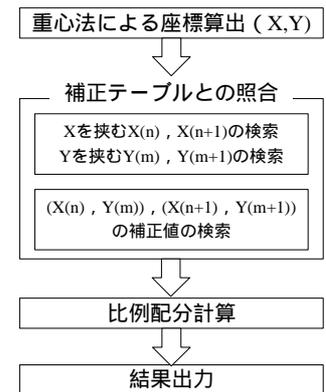


図-7 補正の流れ

のビーム径は約7.0mmに調整し、計測範囲は外側セルを除いた26.5mm×26.5mmにて実施した。

図-4は、XYステージからの出力変位（真値）とシステムからの出力変位を比較したものである。図-5は両者のX方向ならびにY方向の誤差について示した一例である。X方向の誤差分布は0.5mmから-0.5mmを波打つように変化している。一方、Y方向の誤差成分は、X方向よりも範囲は狭く0.3mmから-0.3mmの変化であった。このような違いは、レーザー光の楕円形状および干渉縞の影響だと考えられる。同様の実験を繰り返し実施し、誤差の再現性について確認を行った。図-6は複数回実験にて表れた誤差の差分を示したものである。X方向の端部について若干大きくなっている箇所があるが、それ以外については0.1mm以内に収まっていることが分かる。

4. 精度向上のための補正計算方法

複数回の実験によりほぼ同じデータが得られることが分かったため、補正計算により精度を向上させることを検討した。図-7に補正の流れを示す。補正は、あらかじめキャリブレーション実験より得られた補正データ（誤差データ）を記憶させておき、計測データから補正データを差し引くことでより真値に近づけ精度を向上させる。各計測点は0.265mm間隔であり、それらの間に位置する場合には比例配分することにより算出する。

5. まとめ

本報では、レーザーと光センサーを利用した2次元変位計測システムについて、概要およびキャリブレーション実験を実施し、補正計算の概念を示した。その結果、補正を行わない場合には0.5mm程度の誤差が発生するが、補正計算を施すことにより、0.1mm以下に押さえることが可能となる。本研究では、7×7セルのセンサーを使用した。何分割であっても計測概念は変わらない。そのため、サイズやセル数をニーズに応じて変えることによって様々な場面に応用できるものと考えている。

【参考文献】

- 1) 伊藤ら：建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析，日本地すべり学会誌，No. 41, Vol. 6, pp. 17-26, 2005.
- 2) 伊藤ら：レーザー光と光センサーを利用した2次元変位計測システムの開発と切土斜面の動態観測への適用，土木学会論文集 C, Vol.63, No.2, pp.502-515, 2007.