

拡散レーザー光線を用いた変位計の開発 - 既存計器との比較実証実験 -

北見工業大学大学院	学生会員	納谷 宏
明治コンサルタント	非会員	溝上 雅宏
松下電工	非会員	浅利晋一郎
古野電気	正会員	増成 友宏
山口大学	正会員	清水 則一

1. はじめに

地すべりの動態観測のうち、地すべり移動体の地表変位を計測する方法として一般的に用いられるのは地表伸縮計観測と移動杭測量である¹⁾。しかし、地表伸縮計は接点式であるがゆえに移動点と固定点が離れた場合や高低差がある場合、また、計器の設置によって交通や生活などに支障をきたす場所などでは適用が難しいことも少なくない。一方、移動杭測量は、地すべり動態観測ばかりではなく、擁壁や橋梁など構造物の変位計測に用いられるが、手動計測が主流であり、長期間の自動計測には必ずしも向いていない。現在、地すべり動態観測や構造物の変位計測において、様々な条件下でも観測可能な低コストで使いやすい非接点式による自動計測技術が求められている。

我々は、非接点式で、かつ長期自動計測が可能なレーザー変位計を新しく開発した²⁾。このレーザー変位計は、一般的なレーザー距離計と比べてスポット光の直径および光線の広がり角度を大きくしたもので、拡散レーザー変位計と呼ぶことにする。

これまでに、室内における安定した環境下では、拡散レーザー変位計の計測値は基線長約 50 m の条件において、最大で強制変位の ± 0.2 mm の測定誤差であること、草により見通しを悪くした条件においては、拡散レーザー変位計は、一般的なレーザー距離計と比較して安定してデータを取得できたことを報告した³⁾。

本講演では、拡散レーザー変位計と地すべり移動体の地表変位を計測する方法として、一般的に用いられる計器である地表伸縮計とトータルステーションとの比較実証実験結果について述べる。

2. 拡散レーザー変位計の概要

レーザー距離計の計測原理は、光源から投光されたレーザー光線を反射板で反射し、レーザー光線の照射波と反射波の位相のずれから基線長(レーザー発振部と反射板の距離)を計測するもの⁴⁾である(図-1)。

しかし、一般的なレーザー距離計(投光ビームの直径が6 mm程度)を野外で利用するには、雨や雪、雑草や木の葉などが障害物となってレーザー光線が遮光されて計測が不能となる問題や、霧や雨などの外的要因、汚れによる受光光量の減少などで、安定した計測ができなくなる問題がある。これに対して、レーザー光線の出力を高めることで、上記の計測阻害要因に対する耐性を強化することが可能である。しかし、レーザー光線の出力を高めると人体、特に眼への影響が懸念されるため、実際の現場で採用することは難しく、それゆえ野外でのレーザー距離計による自動計測は困難であると考えられてきた。

そこで、我々は、既存のレーザー距離計の技術を応用

し、投光ビームの直径や拡がり角を大きくし、受光光量を最適に制御し、かつ、繰り返し計測を行うことで、上記の計測阻害要因への耐性を強化し、レーザー光線の出力を高めることなく、野外における安定した計測を可能とする拡散レーザー変位計の開発をおこなった。

投光と受光の位相のずれから距離を計測

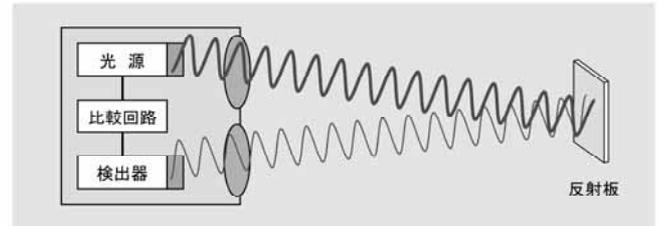


図-1 拡散レーザー変位計の原理概念図

3. 拡散レーザー変位計と既存計器との比較実験

3.1 地表伸縮計との比較実験

3.1.1 実験方法

拡散レーザー変位計の安定性と精度について地表伸縮計と比較するため、野外実験をおこなった。

野外実験では、地表伸縮計と拡散レーザー変位計を併設し(図-2)、同一の計測対象(図-2の反射板)の変位を同時に測定した。基線長は約 16 m とし、測定間隔は各計器とも 1 分毎に計測をおこなった。反射板は約 3 分間隔で精密スライダにより強制的に変位を与えて各位置において計測をおこなった。変位量は遠ざかる方向へ+1.0 mm,+1.0 mm,+4.0 mm,+4.0 mm と計 4 回(計+10.0 mm)変位させた後、近づく方向へ-1.0 mm,-2.0 mm,-3.0 mm,-4.0 mm と計 4 回(計-10.0 mm)変位させた。

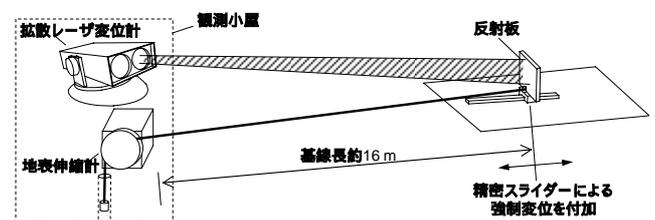


図-2 拡散レーザー変位計と地表伸縮計との比較実験機器設置図

3.1.2 実験結果と考察

計測の結果、図-3 に示すように、反射板が遠ざかる(伸び)方向では地表伸縮計は強制変位量よりも 0.2 ~ 0.3 mm 短い値となっている。一方、拡散レーザー変位計は最大でも 0.1 mm の誤差である。反射板が近づく(縮み)方向では地表伸縮計による計測結果は強制変位量よりも 0.4 ~ 1.0 mm 短い値となり、遠ざかる(伸び)方向よりも誤差が大きくなっている。一方、拡散レーザー変位計は 0.1 ~ 0.3 mm の精度である。

地表伸縮計の計測値で誤差が大きくなったのは伸びや縮みに対するインバー線の追従性の影響と思われる。特に、縮む方向では、インバー線がたるむことにより、実際の変位に地表伸縮計が即時的に追従できなかったものと考えられる。一方、拡散レーザ変位計は、反射板の移動方向が遠ざかる方向、近づく方向ともに地表伸縮計と比較して高い精度であり、構造上、非接点式であることの優位性が示された。

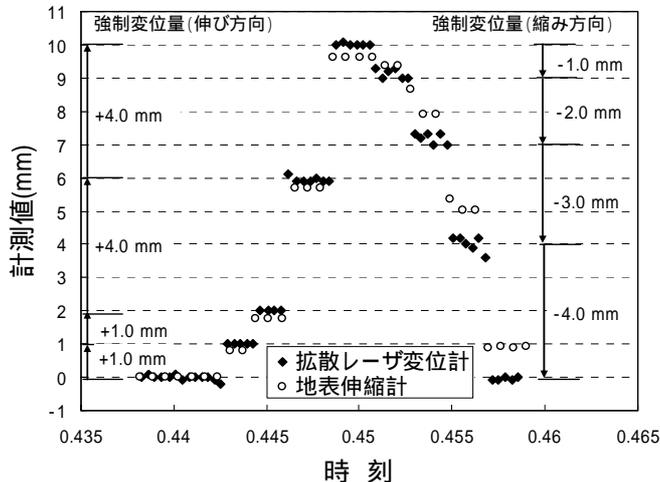


図-3 拡散レーザ変位計と地表伸縮計との比較実験結果

3.2 プリズム型トータルステーションとの比較実験

3.2.1 実験方法

野外において霧や煙などの視界不良時の拡散レーザ変位計の安定性と精度を検証するため、図-2 に示す実験機器をビニールハウスで覆い、見通しの悪い条件を人工的に作り、計測安定性の実証実験をおこなった。

ビニールハウス内実験では、計測の安定性を比較するため、拡散レーザ変位計とプリズム型トータルステーションを併設し、加熱蒸散殺虫剤により見通しの悪い状態(写真-1)をつくり、同一の計測対象(図-2の反射板)の距離を同時に測定した。基線長は約16mとし、各計器とも連続計測をおこなった。

3.2.2 実験結果と考察

プリズム型トータルステーションと拡散レーザ変位計による計測値(距離)を図-4に示す。両者を比較すると、どちらも殺虫剤加熱蒸散直後の視程3mの状態(A点, 14時22分59秒)でデータが欠測している。しかし、その約24分後(B点, 14時46分42秒)の視程10mまで回復した時点で、拡散レーザ変位計では、計測が再開され、ほぼ欠測前と同じ精度(± 0.8 mm)と安定性が確認された。一方、プリズム型トータルステーションは、約50分後(C点, 15時12分17秒)に視程が殺虫剤加熱蒸散前の状態(16m)に戻ってもしばらく欠測が続き、約61分後(D点, 15時24分17秒)に計測が再開された。

拡散レーザ変位計は、基線長約16mに対して視程が10mという見通しの悪い状態でも計測が再開され、その精度も ± 0.8 mm以下であった。

この実験結果より、拡散レーザ変位計は、見通しの悪い条件においてプリズム型トータルステーションと比較して計測の安定性に優れる。



写真-1 加熱蒸散殺虫剤による見通しの悪い状態

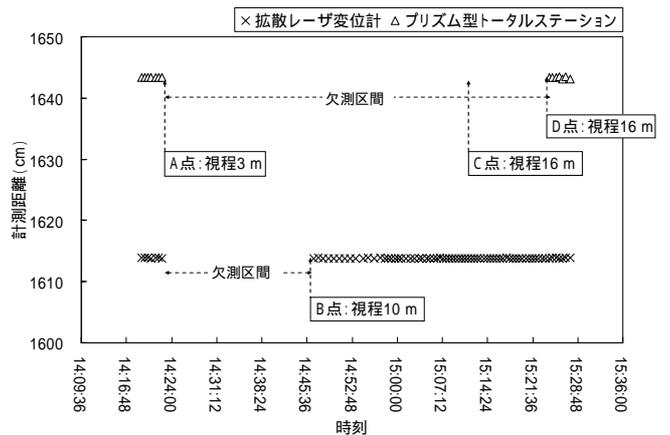


図-4 拡散レーザ変位計とプリズム型トータルステーションの比較実験結果

4. まとめ

本講演での比較実験結果とこれまでの実験成果³⁾から、拡散レーザ変位計は地表伸縮計よりも高い計測精度を持ち、計測範囲も長いことが確認された。また、一般的なレーザ距離計やトータルステーションよりも障害物がある場合や視界不良状態において高い計測精度と安定性を持つことが確認された。

これは、拡散レーザ変位計が、構造上、非接点式であることの優位性と、レーザのスポットを50mmと大きくしたこと、4回の繰り返し計測をおこなったことの効果が示されているものと考えられる。

引用文献

- 1) (社)地すべり対策技術協会(1996):地すべり観測便覧, 519p.
- 2) 納谷 宏, 溝上雅宏, 浅利晋一郎, 増成友宏, 清水則一, 前田寛之(2008):拡散レーザ変位計の開発とその実用性の検証, 日本地すべり学会誌, Vol.44, No-6(182), pp.1-10.
- 3) 納谷 宏, 溝上雅宏, 浅利晋一郎, 増成友宏, 清水則一, (2007):拡散レーザ光線を用いた変位計の開発 - 地盤伸縮計との比較実証実験 -, 第36回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.219-224.
- 4) 光応用計測技術調査研究委員会(1987):光計測のニーズとシーズ, (社)計量管理協会, pp.139-159.

キーワード 非接点式観測, 拡散レーザ光線, 変位計, 変位計測, 地すべり動態観測

連絡先 〒064-0807 札幌市中央区南7条西1丁目13 明治コンサルタント(株) TEL 011-562-3066