

拡散レーザ光線を用いた変位計の開発—大型移動降雨装置を用いた計測安定性実験—

明治コンサルタント	正会員	○納谷	宏
明治コンサルタント	非会員	溝上	雅宏
パナソニック電工	非会員	窪井	良行
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変位計を新しく開発した²⁾。このレーザ変位計は、一般的なレーザ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、拡散レーザ変位計と呼ぶことにする。

これまで、室内における安定した環境下では、拡散レーザ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を報告した³⁾。また、比較実験結果から、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、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を報告した⁴⁾。

本講演では、降雨時における拡散レーザ変位計の計測可否と精度の検証をするため、独立行政法人 防災科学技術研究所が所有する「大型移動降雨装置」において、実証実験をおこなった結果について述べる。

2. 拡散レーザ変位計の概要

レーザ距離計の計測原理は、光源から投光されたレーザ光線を反射板で反射し、レーザ光線の照射波と反射波の位相のずれから基線長(レーザ発振部と反射板の距離)を計測するもの⁵⁾である(図-1)。

しかし、一般的なレーザ距離計(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、雑草などが障害物となってレーザ光線が遮光され、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

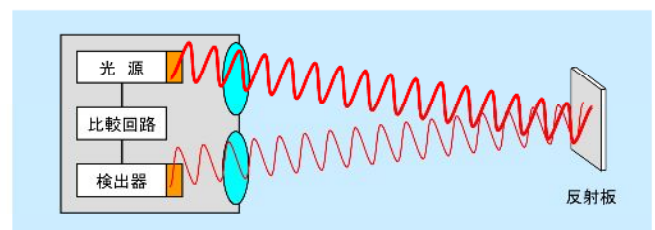


図-1 拡散レーザ変位計の原理概念図

3. 大型移動降雨装置を用いた計測安定性の実証実験

3.1 実験方法

拡散レーザ変位計は、主に地すべりなどの斜面防災分野での使用を想定している。斜面災害は降雨時に発生することが多いことから、降雨時(特に豪雨時)における拡散レーザ変位計の計測可否と精度の検証をするため、独立行政法人 防災科学技術研究所が所有する「大型移動降雨装置」において、実証実験をおこなった。

「大型移動降雨装置」は国内で最大の規模・能力を有する散水装置である。降雨施設は、幅 49 m、長さ 76 m、高さ 21 m の大きさで、体育館のような装置が、5 区画の敷地をレールで移動するものである。装置の天井には、口径の異なる 4 種類のノズル(総数 2、167 個)が取り付けられており、15~200 mm/h の雨を降らせることが可能となっている。

なお、雨滴粒径は、ノズルから噴出し、落下する際に空気抵抗を受けて変形することが確認されており、「大型移動降雨装置」では、ノズルの組み合わせにより落下時の雨滴粒径が 3 mm と 6 mm となる(大型移動降雨装置内の説明パネルより)。

降雨実験は基線長を 60 m、30 m、15 m とし、降雨の粒径を 6 mm、降雨強度 80 mm/h~200 mm/h の範囲で変え、各基線長における計測限界降雨量(計測が可能な降雨量)を求めた。

降雨実験に先立って、基線長 60 m の無降雨状態において、反射板に取り付けた読み取り精度 0.1mm の精密スライダーにより強制変位(1 mm→2 mm→4 mm→9 mm→10 mm、図-2 に△で示す)を与えた計測をおこなった。

次に、各基線長での計測限界降雨量を求めるととも

に、基線長 60 m と 15 m において強制変位 (1 mm→2 mm→4 mm→9 mm→10 mm、図-2、3 に実線で示す) を与え、両者の計測精度を比較した。

本実験では計測分解能を 0.1 mm、1 回の計測時間を 1 秒以下として 4 回繰り返して計測しその平均値を相対変位とした。なお、実験中の実験装置内の気温はほぼ 15°C で一定であった。

実験に当たっては、ノートパソコンを拡散レーザ変位計本体に接続し、計測データをモニタリングしている。また、雨量計を基線長上に設置し、実際の降雨量の計測をおこなった。

3.2 実験結果と考察

大型移動降雨装置を使用した実証実験結果を表-1 に示す。なお、表-1 の測定結果において「△：計測できるが、光量不足でエラーとしているのは、拡散レーザ変位計が同時に計測する光量の値が 1 以下の場合であり、これを計測が不安定な状態と判断した。

表-1 大型移動降雨装置での実測結果

基線長	降雨装置 降雨量設定値	雨量計による 実測最大雨量	強制変位 付加※1	測定結果 ※2
60m	0mm/h	0mm/h	あり	○
	100mm/h	96mm/h	あり	○
	120mm/h	129mm/h	なし	△
	140mm/h	135mm/h	なし	×
30m	180mm/h	174mm/h	なし	○
	200mm/h	186mm/h	なし	△
15m	200mm/h	192mm/h	あり	○

※1 強制変位は読み取り精度0.1mmの精密スライダーにより 0→1→2→4→9→10mmを与えた

※2 ○：計測可能、△：計測したが、光量不足でエラー、×：計測できず

実験の結果、基線長が 60 m では、降雨装置降雨量設定値が 100mm/h、実測降雨量が 96 mm/h の降雨までは計測が安定し、降雨量が無い状態での計測とほぼ同じ精度であった。基線長 30 m では、降雨装置降雨量設定値が 180 mm/h、実測降雨量が 174 mm/h までは安定した計測ができた。基線長が 15m では、降雨装置降雨量設定値が 200 mm/h、実測降雨量が 192 mm/h (写真-1) までは安定した計測ができた。



写真-1 実測降雨量 192mm/h での計測状況

次に、基線長 60 m と 15 m において強制変位を与えた場合の結果図をそれぞれ図-2、図-3 に示す。

基線長が 60 m で、降雨装置降雨量設定値が 100 mm/h、実測降雨量が 96 mm/h の条件で反射板を強制変位させた結果、強制変位量の理論値との差は 0.3mm あるものの、無降雨条件での計測値とほぼ同じ精度であった。基線長が 15 m、降雨装置降雨量設定値が 200 mm/h、実測降雨量が 192 mm/h の条件で反射板を強制変位させた結果でも、強制変位量の理論値との差は 0.3mm で計測できた。

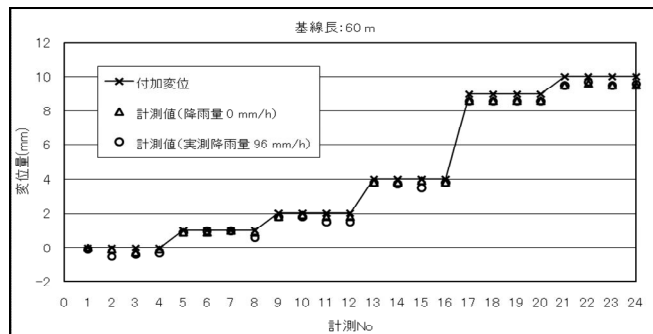


図-2 強制変位付加した時の計測精度 (基線長 60m)

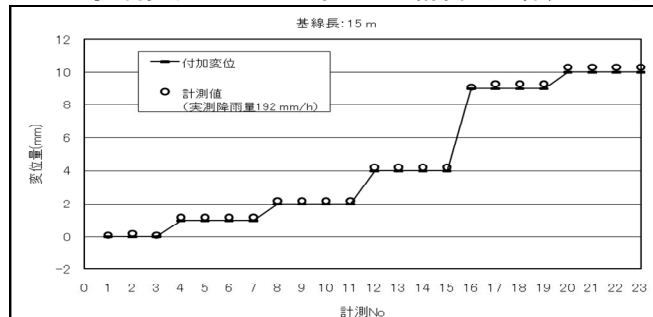


図-3 強制変位付加した時の計測精度 (基線長 15m)

4. まとめ

拡散レーザ変位計を屋外で活用しようとする、計測精度はもちろんのこと、降雨時のデータ取得の可否が問われる。気象庁電子閲覧室によると日本で観測された最大 1 時間降水量は 153 mm/h であることから、日本国内における降雨条件において、拡散レーザ変位計は計測が十分に可能であると判断できる。

また、降雨状態であっても、無降雨状態と同等の精度で計測できたことは、拡散レーザ変位計のスポット光の直径を 50 mm とノーマルレーザ光線の 6 mm よりも大きくしたことと 4 回の繰り返し計測をおこなったことにより、反射光の受光効率が高くなった効果と考えられる。

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ー地盤伸縮計との比較実証実験ー、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) 納谷 宏、溝上雅宏、浅利晋一郎、増成友宏、清水則一、(2008):拡散レーザ光線を用いた変位計の開発ー既存計器との比較実証実験ー、第 63 回年次学術講演会講演概要集、pp.173-174.
- 5) 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、大型移動降雨装置
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) TEL011-562-3066