

プラスチック光ファイバーとカラーフィルターを用いた下げ振り式傾斜計に関する基礎的検討

神戸大学大学院工学研究科	正会員	芥川 真一
神戸大学大学院工学研究科	学生会員	○井上 雅之
JFE 商事テールワン株式会社	正会員	友重 勇気
JFE 商事テールワン株式会社	正会員	木村 隆志

1.研究背景

近年の異常気象に伴う豪雨といった自然災害の激甚化に対応するため、特に盛土や地盤における土木構造物の安定化を確保する技術は非常に重要である。現在垂直壁では目視点検と併せて壁面変形計測を行っているが、経過観察が必要であることや壁高が高い場合目視点検が困難になることから、作業負担の軽減や点検作業の効率化を図ることができるような計測システムが必要である¹⁾。

2.研究目的

上記のような課題における解決方法の一つが、本研究室で取り組んでいる On-Site Visualization(以下 OSV)の考え方である。OSV は計測したデータをその場で可視化する方法論であり、目視で判断することができない微小な変化を検知し、リアルタイムで可視化することで周辺の人間に危険を知らせることが可能である。また、OSV のモニタリングは光の強さや色の変化を用いているため監視において専門的な知識を必要としない点や、シンプルで安価なシステムであるため多点計測などの広域での展開も期待できる。

本研究では垂直壁に OSV の考え方をを用いた傾斜計を据え付け、現場運用することにことを想定し、モデルとなる傾斜計の性能や計測方法について検討した。

3.実験内容・結果

3.1 傾斜計から受け取る光の計測

本研究で用いた傾斜計は下げ振り子の重りにプラスチック製光ファイバーを設置しており、観測点まで延伸することで光を届けることが可能である。また、ファイバーの先端にはカラーフィルターと光源を設置しており、傾斜が発生することでファイバーの受け取る光の色が変化する(図 1)。

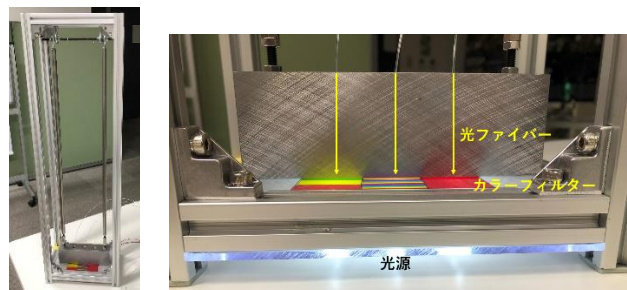


図 1 使用した傾斜計

そこで、ファイバーに表示される色の変化を正確に読み取ることができるか。また、設置位置からのファイバーを伸ばす長さに光がどの程度影響を受けるのかについて検討した。

モデルの傾斜計に取り付けたカラーフィルターの6色(シアン、青、緑、黄、マゼンダ、赤)において、10m と 50m のファイバーを延伸し、光データロガーを用いて計測した。このデータロガーでは、センサーがとらえた光の3原色の基本強度を R(Red), G(Green), B(Blue)として表示・記録する。光源がカラーフィルターの赤の部分を通り、ファイバーが光を受け取った場合、ファイバー長 10m と 50m の RGB 成分の割合は以下の通りである(図 2)。

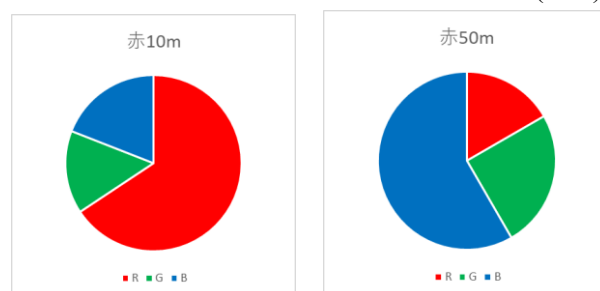


図 2 10m, 50m における RGB 成分の割合

ファイバー長 10m から 50m になることで RGB 成分それぞれが減少したが、R 成分が割合として特に大きく低下することが赤以外の全色においても確認できた。これはファイバーを通る際に R 成分が大きく減衰することが原因であると考えられる。

キーワード プラスチック光ファイバー カラーフィルター 傾斜計

連絡先 〒657-8501 兵庫神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科芥川研究室 TEL078-803-6015

3.2 計測ソフトを用いた光強度の計測

3.1 でも示したように現時点での光強度の計測には光データロガーを使用しているが、高コストであり経済的にベストな計測方法であるとは言えない。新たな計測システムとして、PCにより起動可能であるソフトを用いた光強度の計測について検討した。

3.2.1 計測ソフトを用いた光強度の計測

光強度の変化を正確に計測できることを確認するため、光データロガーとソフトそれぞれに先端に水が付着すると光強度が低下するRRセンサー²⁾を設置し、同じタイミングで先端を空気→水→空気→水→空気と移動させる行為を同時に計測し(図3)、光の強さの指標として光強度($=\sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$)を算出して比較を行った。

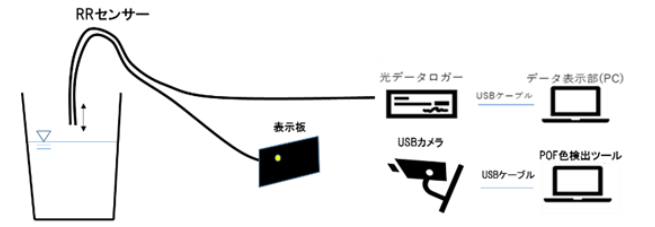


図3 計測方法の模式図

それぞれの計測値を初期値で除すことにより、初期値からの変化の割合として表示した(図4)。センサーの先端に水を付着させたタイミングで同時に光強度の値が低下したことから、光強度の変化を正確にとらえていることが確認できた。

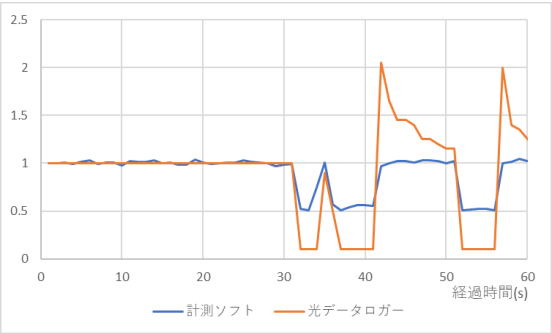


図4 計測結果の比較

3.2.2 色ごとの計測と判別結果

3.1 において用いた傾斜計について、同様の計測を光データロガーから計測ソフトに置き換えて計測を行った(図5)。



図5 計測の様子

ファイバー長 10m, 50m で延伸した各色における計測結果の平均値は以下の通りであった(表1)。

表1 ソフトによる計測結果の平均値

	R	G	B		R	G	B
シアン10m	77	158	175	黄10m	128	174	167
シアン50m	58	159	173	黄50m	118	171	154
青10m	5	133	170	マゼンダ10m	110	139	168
青50m	28	114	158	マゼンダ50m	82	118	159
緑10m	116	170	158	赤10m	126	120	132
緑50m	92	164	138	赤50m	86	104	108

計測結果から色ごとに RGB 成分の特徴を確認することができ、計測値からの色の判別も可能であるケースがあった。しかし、3.1 と同様にファイバー長により RGB 成分に変化が生じることや、計測時の周辺環境によっても計測値に影響が出ることなどの課題も見受けられた。

4.結論

モデルとした傾斜計による計測を通じて、ファイバー長や計測地点の外部環境により計測装置が同条件の場合にも計測結果に変化が生じることが確認された。現場での運用に向けては多様な条件下でも統一した結果を得られるよう、計測装置や光ファイバーの表示仕様、計測システム等の計測方法についてさらなる改善が必要であると考えられる。

参考文献

1)大島淳矢：補強土壁の維持管理における合理的モニタリングに関する基礎的研究，修士論文，神戸大学大学院市民工学専攻，2020

2) Akutagawa, S., Machijima, Y., Sato, T. and Takahashi, A. 2017. Experimental characterization of movement of water and air in granular material by using optic fiber sensor with an emphasis on refractive index of light, Proceedings of the 51st US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, ARMA 17-313, San Francisco.