

岩盤工学における光による変位の可視化の一例

芥川 真一^{1*}・森 翔矢²・渋谷智明²・楠井彩子³

¹神戸大学工学研究科市民工学専攻 准教授（〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1）

²神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻（〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1）

³神戸大学工学部市民工学科（〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1）

*E-mail: cadax@kobe-u.ac.jp

計測対象物の動きに応じて色が変わる新しいタイプの変位計測装置「光る変位計」を用いて、安全・安心な生活環境の実現を目指した開発を行っている。この方法論では、身の回りで起こっている変状を検知し、その結果をLEDによる光の色にして表示し、構造物の動きをその場で視認できるようにしている。この方法論は防災対策だけでなく、我々の生活に関与するあらゆる構造物に対する平常時の安全監視にも応用できるものである。ここでは、岩盤工学における適用例について述べる。

Key Words : LEDs, relative displacements, infractructure maintenance, safe environment

1. はじめに

毎年、日本全国で豪雨や台風等により、多くの土砂災害が発生し、多大な被害が出ているのが現状である。この現状を打開するためには、何よりも災害をいち早く察知することが重要なポイントとなる。現在までも、そのような危険を察知する様々なセンサ群が開発されているものの、どうしても高価になりがちで、現在知られている多くの危険箇所の全てをカバーするのは困難である。また、既存の装置やシステムは変状や異常を察知して、その危険を住民に伝えるまでに少なからず時間を要するため、警告を出す以前に被害が発生してしまうことも考えられた。

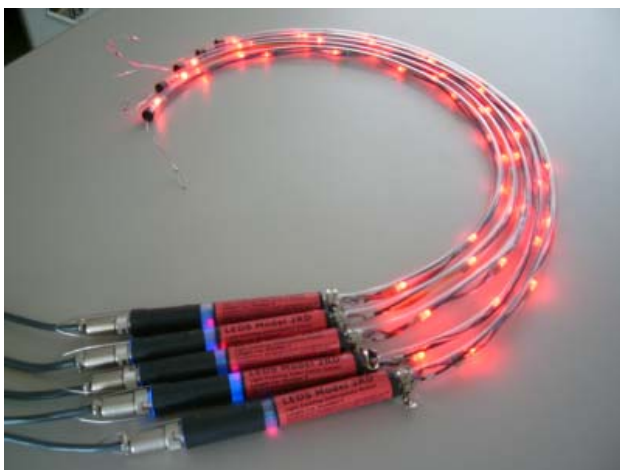


写真-1 提案する装置の外観

これらの問題点を鑑み、本報では変状を光の色で原位に表示することによって、そこにいる人に、早く、わかりやすく、遅滞なく危険を伝えることが可能になるような新しいセンサの使用例について報告する。この装置は、「光る変位計LEDS(Light Emitting Deformation Sensor)」^{1,2)}と呼ぶこととする。

2. 装置の概要

写真-1に装置の外観を示す。この装置は、変位計（兼LED発光部）、電源（兼変圧器）、接続ケーブル、電源ケーブルからなる。光る変位計は2点間の相対変位を計測するための装置であり、基本的な使用方法として、約40Nの張力を与えた状態で2点間に設置し、その初期状態からの変化量を計測する。この装置はその変化量に応じて装置発光部のフルカラーLEDの色が変化する装置である。装置の表示可能な色は白、赤、黄、緑、シアン、紫、青の7色であり、LEDSの表示色を写真-2に示す。計測範囲は、中央に位置する幅1mmのニュートラルゾーンの両側にそれぞれ伸び、縮みに対応する15mmのゾーンを設けているため、トータルで31mmとなっている。変化量と表示色の関係を図-1に示す。この装置は6Vの直流電流で作動し、1mあたりにLED10個を配置する形式としている。

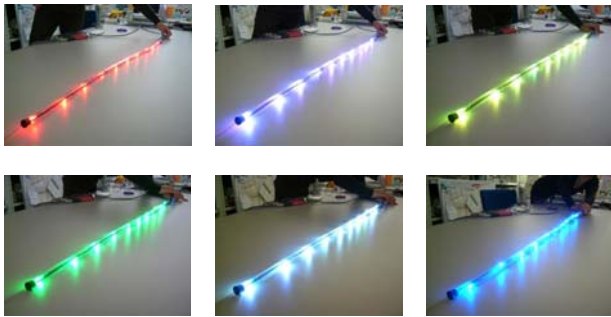


写真-2 LEDSの表示可能色（白を除く）

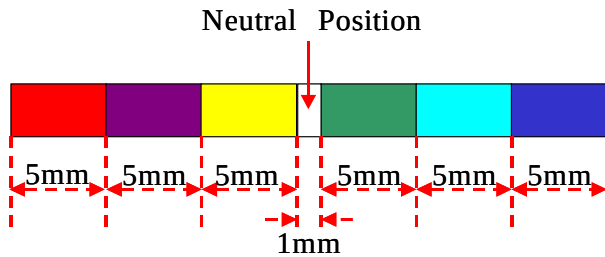


図-1 変化量と表示色の関係

3. 適用例

LEDSは、斜面崩壊や工事中のトンネルにおける安全管理、維持管理を主としてさまざまな使用方法が考えられる。そこで、LEDSの使用方法デモ実験をいくつか行ったのでその結果を紹介する。

(1) 斜面崩壊の安全管理・維持管理の想定

LEDSを用いた斜面崩壊の安全管理、維持管理を想定した簡単なデモ実験を行った。まず、図-2のようにLEDSを斜面に設置した。例えばLEDSを1本縦に設置した場合、LEDSの光の色が変化することでその2点間のどこかで異常が発生したことがわかる。この場合、異常発生箇所が特定しにくい。そこでLEDSを複数本、図-2のように設置することで、変状が起こった場所が特定しやすくなり、その後の対策が行いやすくなる。

例えば写真-3(a)の場合は図-2のLEDS番号(赤字)①周辺に変位が生じたと推測でき、写真-3 (b)の場合はLEDS番号②, ③周辺に変位が生じたと容易に推測できる。それにより場所がある程度特定でき、また変位量が色で示されるので危険度も推測でき、対策を講じやすいと考えられる。また、LEDSの設置方法は自在であり、危険度が高い箇所には複数本設置するなど、さまざまな設置方法が考えられる。

(2) 部材にかかる力を光の色で表示する例

引っ張り力の監視が重要となるケースを想定したデモ実験を行った。例えば、写真-4のように落石防護ネット

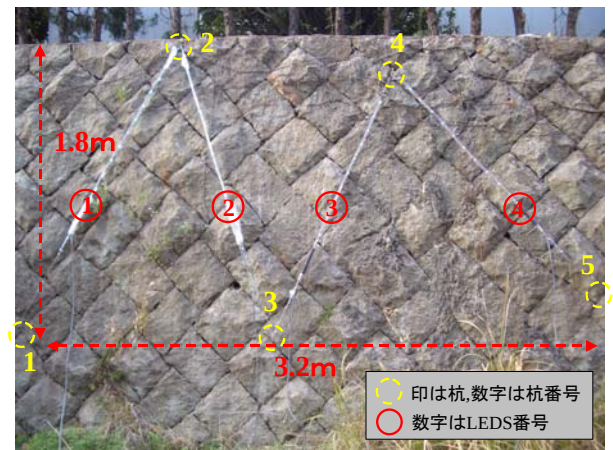


図-2 斜面モニタリングでの適用例



(a) 変形が生じる前



(b) 変形が生じた後

写真-3 変位発生前後のLEDSの反応

へ適用を想定した場合、(a)の初期状態でネットを支えている部材にLEDSを設置しておく。その後(b)のように落石が発生し、支えている部材に変形や伸びなどの変化が出ている場合にLEDSが光で変形量（落石の量を表すことになる）を示し、その部材に異常が発生していることを周りの人々に知らせることができる。



(a) 初期状態



(b) 落石発生後

写真-4 落石防護柵への適用例

また、吊り橋や斜張橋といった主桁などを上部から支えるような構造物への適用も可能である。図-3のように通常状態時に緑に光るようにLEDSを設置し、赤字はLEDS番号とする。

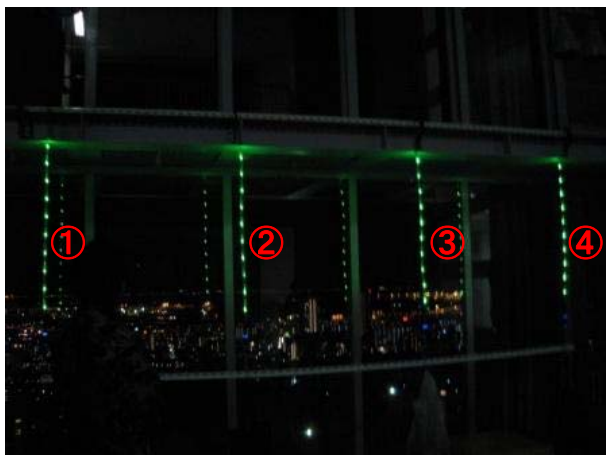


図-3 橋の吊り材への適用例

何らかの超過荷重がLEDS番号2周辺にかかったとすると写真-5 (a) のようになった。これは番号2のLEDSは

通常状態よりも力がかかっている状態を示し、部分的に超過荷重が載荷されたことでそのほかのLEDSにかかる力のバランスが崩れているのが分かる。写真-5 (b) は全体に均等に超過荷重をかけた場合である。この場合力のバランスは保たれているものの、かかる力が大きく最も引張り方向の色である青色が表示されていることから、構造物が危険な状態であると判断できる。



(a) LEDS No.2付近に超過荷重がある場合



(b) 全体的に超過荷重がある場合

写真-5 超過荷重載荷後の様子

(3) 主歪みの方向を光で示す例

LEDS を複数個用いると、任意箇所の主歪みの方向を可視化することも可能である。

木の枠にLEDSを図-4のように取り付け、木枠を赤矢印方向に引っ張った。(a)の場合は横に取り付けたLEDSが初期色の紫から引張り方向の黄色に変わり、(b)の場合は引っ張った方向のLEDSは黄色に、初期状態よりも緩んだLEDSは圧縮向きの赤に変化した。この用に複数個のLEDSがあれば、主ひずみの方向を視認できることになる。

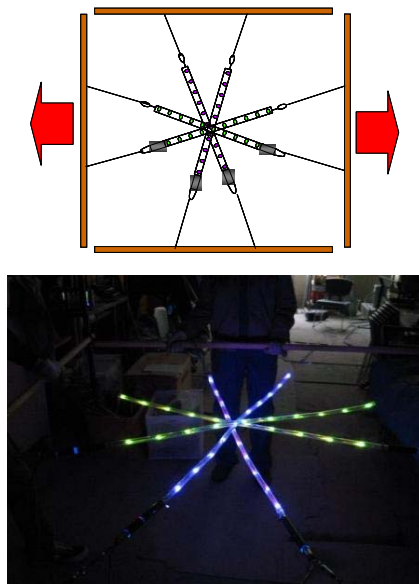
図-4 主歪み実験の様子

4. まとめ

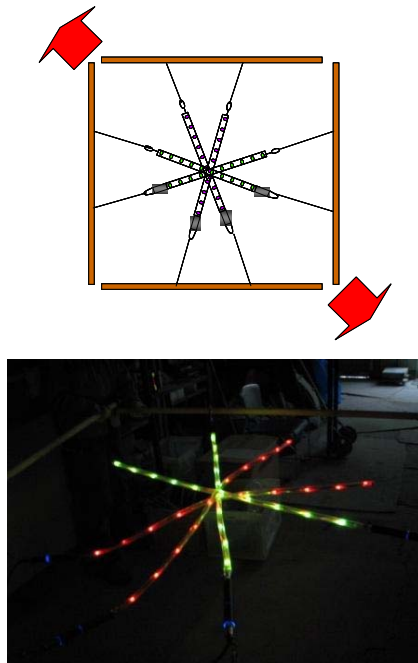
岩盤工学における変位モニタリングにおいて、データを光の色に変えて現場に表示する概念を紹介し、その例を岩盤工学、および広い意味での変位モニタリングに関する例題において示した。ここで紹介した例のほかに、実際の斜面への試験的な現場実験、工事中のトンネルの安全管理、また既設トンネルの安全管理への適用に向けた現場実験などを実施予定である。変位や力の状態を分かりやすく可視化することによって、変形の状況を効果的に把握し、より安全な工事現場、労働環境を実現することが可能になることが考えられる。

参考文献

- 1) 芥川真一：特願 2007-130679 光の色による自然及び人工構造物の変状原位置表示装置，2007.5.
- 2) 芥川真一，高野晃佑，竹中嗣人：相対変位を光の色に変えて表示する装置の開発と斜面変位モニタリングの一例，平成 19 年度土木学会年次学術講演，広島，3-015, pp.29-30, 2007.9.



(a) 横方向に伸ばした場合



(b) 斜めに伸ばした場合

APPLICATION EXAMPLE OF LIGHT EMITTING DEFORMATION SENSOR FOR VISUALIZATION OF STATE OF DEFORMATION OF INFRASTRUCTURES

Shinichi AKUTAGAWA, Shoya MORI, Tomoaki SHIBUTANI and Ayako KUSUI

A new deformation sensor is developed for monitoring of infrastructures. This sensor is composed of a deformation detection part and a data visualization part. The detection part is similar to common deformation sensor which is made of a stiff cable and a spring. The data visualization part is made of a specially designed switch that can convert measured displacement into color of LED lamp. In this paper, a basic concept of the new device, LEDS (Light Emitting Deformation Sensor), is introduced firstly. Several application examples are shown in which LEDSs are used for deformation monitoring of infrastructures and other purposes.