

光ひずみセンサによるV字型敷設によるひずみ特性

関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
 関西電力(株) 前田 稔
 住友電気工業 (株) 小熊 一郎

関西大学大学院 学生員 ○成田 一真
 関電興業(株) 正会員 川畑 祐子

1. まえがき 光ひずみセンサは、微小の変位に対しても高精度で検知できることが確認されており、現場に電源が不要で、低損失であるため数 km に渡る遠隔監視が可能であることから、岩盤斜面の動態観測手法として十分利用できることが認められている。本研究は、光ひずみセンサによって自然もしくは人工的な岩盤斜面の動態観測法として、実際の現場計測に適應するために引張、圧縮ひずみを捉えるための固定方法を検討し、その固定方法における種々の確認試験を実施した。

2. 光ひずみセンサ (BOTDR) の測定原理 ひずみ測定器である BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometry) の測定原理¹⁾を以下に示す。光パルスをファイバに注入すると、ファイバの至る所から後方散乱光が帰ってくる。図.1 は散乱光の周波数分布であり、最大のレーリー光の両サイドに散乱光のピークが現れる。そのピークの1つがブリルアン散乱光であり、ファイバの歪によって発生周波数がシフトする特性を有している。

図.2 はブリルアン周波数シフトのひずみ依存特性であり、光ファイバに生じたひずみに比例して変化することがわかる。その関係は次式で表される。

$$\lambda(\varepsilon) = \lambda_B(0) \times (1 + K \cdot \varepsilon) \dots (1)$$

$\lambda(\varepsilon)$: 実測のブリルアンスペクトルの最大レベル周波数,
 $\lambda_B(0)$: 光ファイバの固有ブリルアン周波数シフト (ゼロひずみの周波数), K : ひずみ係数 ($K = 4.78$), ε : ひずみ量 (%)

3. 固定方法 光ファイバは、ひずみセンサとして用いるためにはある程度の張力を作用させて敷設する必要がある。また、屋外でファイバを敷設するためには、様々な外的要因から保護することも不可欠である。そのような観点から、岩盤斜面の動態観測には、ドロップファイバが適当であると考えられる。ここで、ドロップファイバとはファイバ芯線の両端に鋼線を配置し、防食層で一体化させたものである。

過去の研究において²⁾、固定治具に関して種々の検討がなされたが、今回は、図.3 に示すようなしずく型クリートを使用した。本固定治具は軽量であり、この治具に1回巻き付けることにより固定することが可能である。利点としては、作業性がよく、敷設段階で容易に張力をかけることができる。

4. V字型配置による確認試験 図.4 はV字型配置による確認試験の試験装置を示したものである。ここで、A, C, D, E 点に直接アンカーボルトを打ち込むことで A, C, D, E 点を固定してい

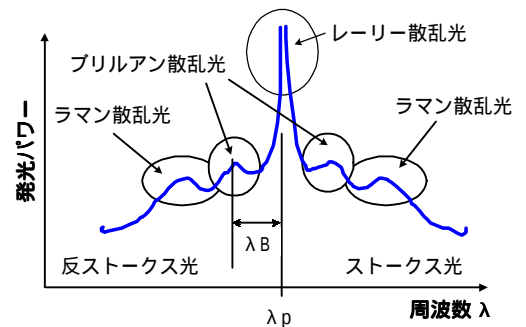


図.1 散乱光の周波数分布

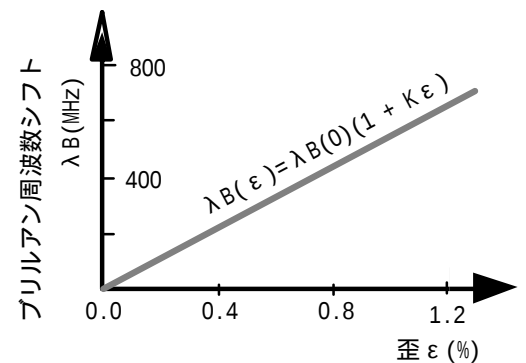


図.2 λ_B のひずみ依存特性例

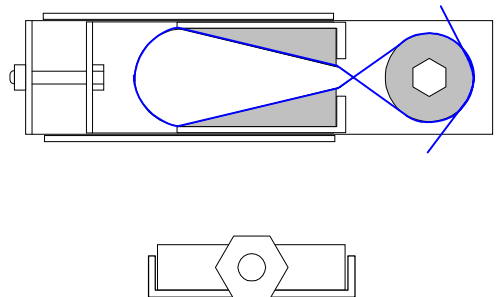


図.3 しずく型クリート

キーワード：光ひずみセンサ、岩盤斜面、室内試験

連絡先：大阪府吹田市山手町 3-3-35 Tel&Fax 06-6368-0837

る。また、中心に B 点を変位させるために、変位装置を取り付ける。このとき、同一となるように調整する。移動間隔としては、2mm までは 0.5mm 間隔で、6mm までは 1mm 間隔で 10mm までは 2mm 間隔で変位させ往復させた。その移動量に対する理論値と計測データの比較を行なった。また、伸縮の繰り返しによる変化に対して、計測データの妥当性を検証するために、任意の移動量についても検討した。移動方向に対しては、上下左右対称であるので 0° 、 45° 、 90° の 3 方向について行った。ここで、初期ひずみとしては、引張ひずみを受けると想定される区間については 0.1% 程度、圧縮ひずみを受けると想定される区間については 0.6% 程度作用させることで、引張・圧縮に対しても測定できるようにした。

5. 結果及び考察

図.5 は 90° 方向に移動させた場合の測定結果について示している。この方向は、AB 間、BC 間がほぼ同等の引張ひずみを、BD 間、BE 間は圧縮ひずみを受けると想定される方向である。AB 間、BC 間については往路、復路ともに誤差は、 $\pm 0.02\%$ と良く一致しており 2 回目

に至っても誤差はほとんど見られなかった。また、圧縮方向である BD 間、BE 間については 1 回目に移動量 10mm 地点で、理論値と離れた結果になった。その後、0mm まで戻してもひずみが戻ることはなかった。しかしながら、1 回目の復路の結果については、ほぼ理論値と同じ傾きでひずみが推移していることから、固定部分のしずくりとファイバとが、一体化していなかったことに起因していると思われる。また、変位を戻した後、変位を与えると 1 回目の復路と 2 回目の往路とは一致したことから、ファイバを敷設した段階で 0.5% 程度の引張ひずみを与えることによって高精度のひずみ計測が可能となることが認められた。

6. まとめ 本研究では、V 字型配置により引張および圧縮を同時に測定を行った。引張方向に関しては常に高精度で測定することが可能であることが認められた。圧縮方向については固定治具とファイバをあらかじめ一体化させることで引張時とほぼ同等の精度で測定できることが確認できた。

《参考文献》1) 倉嶋利雄, 田中郁昭, 薄 知規: 光ファイバを用いた歪分布計測, 第 28 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp. 378-382, 1997.

2) 楠見晴重, 藤枝敬史, 佐藤浩二, 成田一真, 西田一彦: 光ひずみセンサによる岩盤斜面の動態観測に関する基礎的研究, 第 35 回地盤工学研究発表会論文集 pp. 2493-2494, 2000.

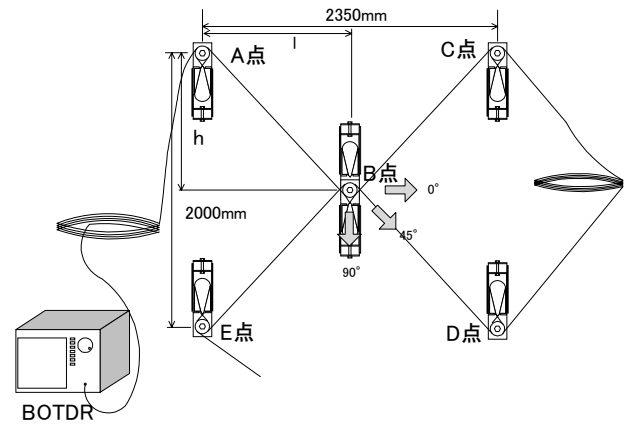


図.4 実験装置図

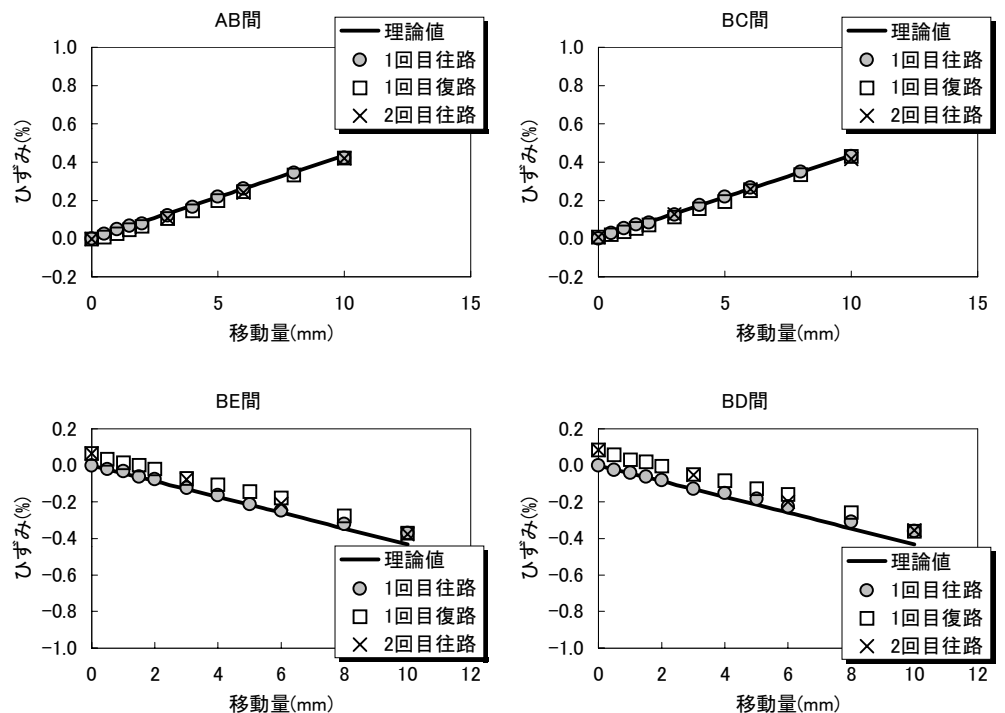


図.5 90° 方向における各点の計測結果