第 部門

関西大学大学院	学生員	成田	一真	関西大学工学部	正会員	楠見	晴重
住友電気工業 ㈱		藤枝	敬史	住友電気工業(株)		佐藤	浩二
関西大学工学部	正会員	西田	一彦				

<u>1.はじめに</u>本研究は、光ひずみセンサをラインセンサとして利用することによって、岩盤斜面のモニタ リングに適応することを試みた。特に、岩盤斜面の変位を精度良く把握するための敷設方法を提案するとと もに、その敷設形態と岩盤斜面の変位およびその方向との関係について、基礎的に考察するために、主とし て室内実験によって検討したものである。

2.光ひずみセンサの基本原理 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2つ現れる。そのピークの1 つがブリルアン散乱光であり、ファイバのひずみによって発生 周波数がシフトする特性を有している。また、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。

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

():実測のブリルアンスペクトルの最大レベル周波数,
B(0):光ファイバの固有プリルアン周波数シフト,K:ひずみ係数(K=4.78),
:ひずみ量(%)

<u>3.V字型敷設法の基本特性</u>今までの研究において²⁾、単純 な持ち上げ試験を行った結果、岩盤の変位方向によっては変位 を検知できにくい方向があることが認められた。したがって 種々の変化方向に対しても、光ひずみセンサによって岩盤の変 位を検知できる敷設法を提案した。

図.3 は光ひずみセンサを岩盤斜面上に、三角形敷設したとき の模型実験の概略を示したものである。図に示すように、光ひ ずみセンサをVの字型に敷設し、A 点が岩盤斜面における移動 点、B 点、C 点は不動点とした。A 点は X-Y-Z 面内に任意方向 に移動させることにより、AB、AC 間のひずみ量を計測する。 ここで、A 点の移動方向は、xy 平面を x 軸から時計回りの方向 に角度、xy 平面から z 軸方向に角度 とすると、 と の組 み合わせにより、その移動方向を表すことができる。これによ り、A 点の変位量から得られる理論値と計測データとの比較検 討を行なった。ここで、理論値とは次式によって求められるひ ずみである。

$$\varepsilon_{\rm AB} = \{\sqrt{(l_0 + \alpha)^2 + \beta^2 + (h_0 + \gamma)^2} - \sqrt{h_0^2 + l_0^2} \} \sqrt{h_0^2 + l_0^2} \times 100...(2)$$





AB: AB 間のひずみ(%), l_0 : AB 間の水平距離, h_0 : AB 間の鉛直距離,(,,,): 移動点 A'の座標 <u>4.実験結果および考察</u> 図.4 は、図.3 の A 点を = 90° = 50°方向に変位させた場合の移動方向、図.5 はそのときの AB・AC 間のひずみ、図.6 は、図.5 における実測値から得られる変位量に対するひずみ誤差を 示す。ここで AB 間のひずみ誤差 AB(%)とは次式で示される。

$$\varepsilon_{AB} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 / \overline{AB} \times 100 \dots}$$
 (3)

図.5 より、光ひずみセンサから得られる伸びひずみは、ほぼ等しく得られ、理論値ともほぼ一致することが 認められる。また、図.6 よりひずみ誤差は、±0.1%以下であり高い精度を有することがわかる。図.7 は、図.3 の A 点を =60° =50°方向に変位させた場合の移動方向、図.6 には AB 間の実測値、図.8 には AC 間の実 測値を示す。この方向については、AB 間と BC 間では、図.4 の条件とは異なり、ひずみ量が同一とはならな い移動方向である。図.8 より、AB 間については実測値と理論値はよく一致している。それに対して、図.9 に示すように AC 間のひずみは理論値曲線とはかけ離れた値になっている。これは、A 点における光ファイ バとローラーの接点がずれて、それによりこのような誤差が生じたものと思われる。しかし、AB 間のひず みは理論値曲線に一致していることから、事実上大きな問題は無いと考えられる。

5.まとめ 光ひずみセンサは、微小の移動量についても高精度で検知できることが認められ、岩盤斜面の 動態監視手法として十分利用できることが確認された。光ひずみセンサの敷設方法としては、直線状と三角 形状を比較すると後者の方が種々の方向に対する岩盤の変化を捉えることが可能である。また、水平より下 方に移動する場合には、少なくとも一方のファイバにはひずみが発生することから、岩盤斜面に対しては十 分適応可能であることが認められた。



《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)斉藤浩之,楠見晴重,藤枝敬史,向瀬光雄:光ひずみセンサによる岩盤斜面の動態観測に関する手法に関 する研究,第 29回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集,土木学会,pp280-284,1999.