

関西大学大学院 学生員 ○森山健太郎
 関西大学大学院 学生員 藤田 喜彦

関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
 関西電力(株) 正会員 吉田 次男
 関電興業(株) 正会員 尾崎 克之

1. まえがき

近年、岩盤斜面崩壊や地滑り等の土砂災害が増加するなか、これらに対する十分な対策は確立されていない。しかしながら、従来の計測手法では、斜面の点の情報としてのみであり、非常に限られたものとなり、不十分なことが多々見られている。本研究では、斜面を面的に精度よく計測でき、数kmに渡る遠隔監視が可能である光ファイバセンサ(BOTDR)に注目した。そして、過去の研究¹⁾における基礎的実験や亀裂性岩盤斜面での計測結果を基に、地すべり地帯において動態観測を実施し、地すべり地帯への光ファイバセンサの有用性を検討した。

2. 観測地の地形・地質状況

図1は現場の地形・地質状況を示したものである。図面中央部には道路が通っており、山側の斜面と谷側の斜面とに分断されている。また、山側の斜面中央部には滑落崖が形成され、滑落崖より下方の斜面勾配は約30°であり、滑落崖上方の斜面勾配は約40°である。現場の地質は広域的に硬質な凝灰岩やチャート類から成り、節理が発達している。

3. 動態観測手法

現場の地形・地質状況を考慮した結果、この現場では広範囲にわたり地滑りが起こっていると考えられる。よって、予想される地滑り範囲を跨ぐ形で、総延長2000mの光ファイバを、V字型に組み合わせて敷設した。(伝送区間約1600m、計測区間400m) 光ファイバの固定治具には留め金付きクリートを用い、No.1~No.80の80個を敷設した。また、光ファイバの保護管として、合成樹脂製可とう電線管を被せた。また、光ファイバセンサは温度変化によるひずみ測定誤差(約0.002%/°C)を生じるため、温度補正を行っている。この現場では斜面の傾斜方向により、日照条件が変化すると考えられるため、斜面の傾斜方向ごとに、4箇所の温度補正帯を設けた。

4. 観測結果及び考察

図2は、図1に示された3箇所の光ファイバセンサの経時変化を示したものである。これら3つの光ファイバセンサは計測期間中に最も変位の大きかつ

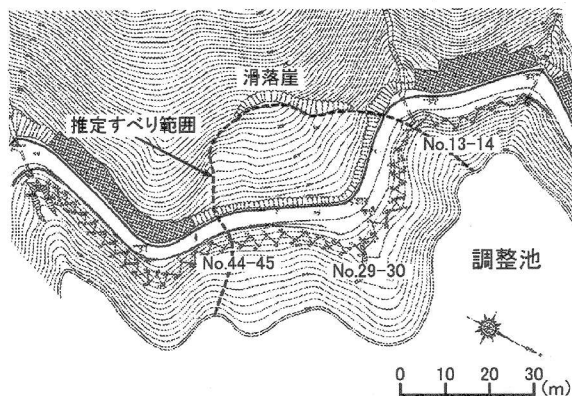


図1 動態観測斜面の地形・地質状況図

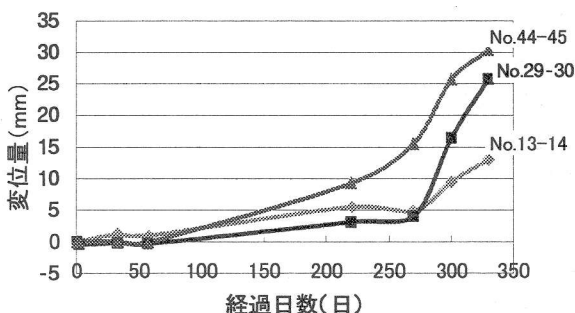


図2 光ファイバセンサの経時変化



図3 光ファイバセンサ No.44-45 付近の道路状況

たものである。計測開始後約 270 日以降に、3 箇所の光ファイバセンサ全てにおいて急激な変位の増加が見られた。また、これと同時期に光ファイバセンサ No.13-14、No.44-45 付近の道路上において最大幅約 15cm 長さ約 5m のクラックが生じていることが確認できたことから、地すべりの挙動が捉えられたものと考えられる。

5. 変位方向及び変位量の検出

図 3 は、ヘロンの公式による変位点の変位量及び変位方向の算出方法を示したものである。ここで、三角形の辺は光ファイバセンサを表している。辺 a は変位していない光ファイバセンサであり、辺 b 、 c の光ファイバセンサは変位を受けた光ファイバセンサである。三角形の頂点をそれぞれ、 A 点が基準点 $(0,0)$ とし、 B 点を変位が生じた測点、 C 点を固定点とおく。また、既知である要素は、 CA 間 AB 間 BC 間の距離である a 、 b 、 c と、それぞれのひずみ量 0 、 ε_{AB} 、 ε_{BC} である。ヘロンの公式により面積の増減から B 点および移動後の B' 点の座標は以下の式により算出される。

$$B(b \cdot \cos \theta, \frac{2S}{a}) \quad (1)$$

$$B'(b' \cos \theta', \frac{2S'}{a}) \quad (2)$$

$$\theta = \angle BAC = \arcsin\left(\frac{h}{b}\right)$$

$$\theta' = \angle B'AC = \arcsin\left(\frac{h'}{b'}\right)$$

S : 三角形 ABC の面積

S' : 三角形 $AB'C$ の面積

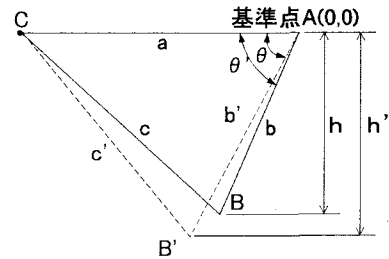


図 3 ヘロンの公式による点 B の変位方向及び変位量

図 4 は、特に変位の大きかった No. 13, No. 29, No. 45 について変位量と変位方向の検討を行った結果を示したものである。図 4 より推定すべり範囲の境界付近である No. 13, No. 45 の光ファイバセンサでは、斜面の内側の方向に変位していることが分かった。また、推定すべり範囲の中央部である No. 29 の光ファイバセンサでは斜面の傾斜方向とほぼ同方向に変位していることが分かった。これらのことより、この地域の地すべりは推定されたすべり範囲で起こっており、その挙動を光ファイバセンサにおいて捉えられることが確認できた。

6. まとめ

過去における亀裂性岩盤斜面での計測を基に、地すべり地帯でのモニタリングを行い、地すべりの生じている箇所の変位量及び変位方向を算出することで、地すべりの進行状況を捉えることができた。また、ライン型センサである光ファイバセンサを広範囲に敷設することで、すべり範囲を特定できることも確認でき、地すべり地帯においても光ファイバセンサ (BOTDR) が有用であることが認められた。

参考文献

- 1) 楠見晴重、成田一真、前田 稔、川端裕子、小熊一郎：光ひずみセンサの V 字型敷設による岩盤斜面のモニタリング手法、第 11 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、岩の力学連合会、2002. 1.
- 2) H. Kusumi, K. Moriyama, K. Narita, Y. Hasagawa, T. Katayama : The development of monitoring system for rock slope by optical fiber sensor, ISRM International Symposium on Rock Engineering For Mountainous Regions, 2002. 11

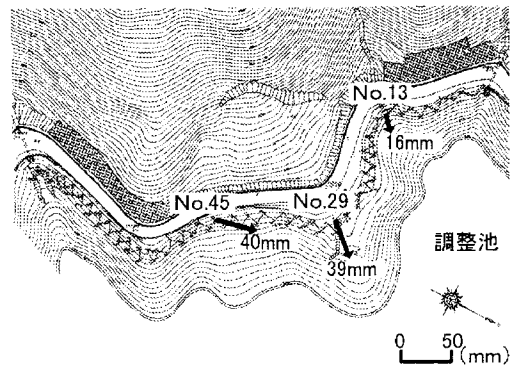


図 4 地すべり斜面の変位量及び変位方向