

関西大学大学院

学生員 ○森山健太郎

関西大学工学部

正会員

楠見 晴重

日本建設コンサルタント(株)

正会員

成田 一真

関電興業(株)

正会員

川端 裕子

1. まえがき

近年、岩盤斜面自然崩壊の対策として、モニタリング手法の適用が様々検討されている。しかしながら、従来の計測手法では、斜面を一次元的にしか捉えられず、また道路斜面などの広い領域をカバーすることは技術的及び経済的から困難である。そのため、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(B-O TDR)に注目した。そして、過去の研究¹⁾における基礎的実験の結果を基に、亀裂性岩盤斜面において動態観測を実施し、人工的に外力を岩盤斜面の一部分に与えて、岩盤斜面が崩壊に至るひずみ挙動について検討を行った。

2. 動態観測手法

計測現場は、大阪府北部に位置している。現場の地質状況は古生層の頁岩が主体で、多くの亀裂が見られ、斜面の平均傾斜は70°程度である。図1は、光ファイバセンサの敷設状況を示したものである。図1の様に1本の光ファイバをV字型を組み合わせる形で岩盤斜面上に敷設した。光ファイバの固定治具にはしずく型クリートを用い、保護材としてセンサ部である光ファイバに合成樹脂製可とう電線管を被せた。また、人工的に岩盤変位を生じさせるため、静的破砕剤は図1の▼印の箇所にボーリング孔を設けて、注入した。今回、人工的に岩盤崩壊させた地点は光ファイバセンサNo.7,8,10,11の中心にある点Bの箇所である。静的破砕剤の注入時間はひずみ計測開始直前と計測開始後約280時間後の2回行った。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(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、計測区間No24を温度補正帯として設けている。

3. 計測結果及び考察

図2は、岩盤斜面の崩壊に至るまでの、No.7,8,10,11におけるひずみの経時変化を示したものである。岩盤斜面の崩壊までの経緯としては、計測開始直前に岩盤斜面内にある開口亀裂に静的破砕剤を注入した。その後、一様にひずみが増加していく状況が見られた。その後、約200時間経過した頃からひずみが安定しているのが認められた。そして、1回目に静的破砕剤を注入してから約280時間経過した時点で、2回目の静的破砕剤を同一の開口亀裂に注入した。その後ひずみは急激に変化し、2回目の静的破砕剤を注入してから約100時間後に、亀裂部の開口によって崩壊に至った。ここでNo.7,8は大きな引張ひずみを、No.10は小さい圧縮ひずみを、No.11は大きい圧縮ひずみを受けていることが分かる。また、1回目、2回目の静的破砕剤注入後約24時間で、引張側、圧縮側ともひずみが急激に変化していることから、静的破砕剤によって亀裂が開口していく様子が認められた。また、光ファイバセンサをV字型で敷設していることで引側張、圧縮側からも微小な変位に対するひずみを捉えることができ、V字型敷設が有効であることが確認できた。

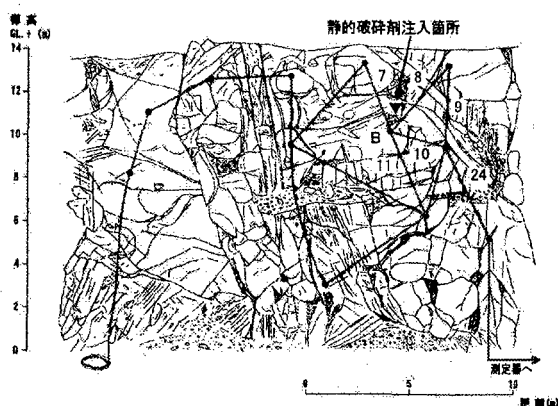


図1 光ファイバセンサ敷設状況図

4. 変位方向の検討

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 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。

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

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

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

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

S : 三角形ABCの面積

S' : 三角形AB'Cの面積

図4は、点Bの変位量と変位方向を座標平面上に表したものである。ここで、点B'は点Bの移動後の点を示している。この図より、崩壊直前における点Bは矢印の方向に変位しており、崩壊する直前には29.2mmまで変位していたことが分かり、2次元的にはあるが点Bの崩壊に至る直前までの変位状況を把握することができた。

5. まとめ

過去における基礎実験を基に、亀裂性岩盤斜面での動態観測を行い、岩盤斜面崩壊までの挙動を捉えることができた。また、2次元的にはあるが、点Bの移動方向を算出することができ、岩盤斜面の崩落方向を予測することができた。今後は、岩盤斜面崩壊のデータを詳細に検討することで、より明確な岩盤斜面崩壊の前兆現象を捉えることができると考えられる。

参考文献 1) 楠見、成田、前田、川端、小熊：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.

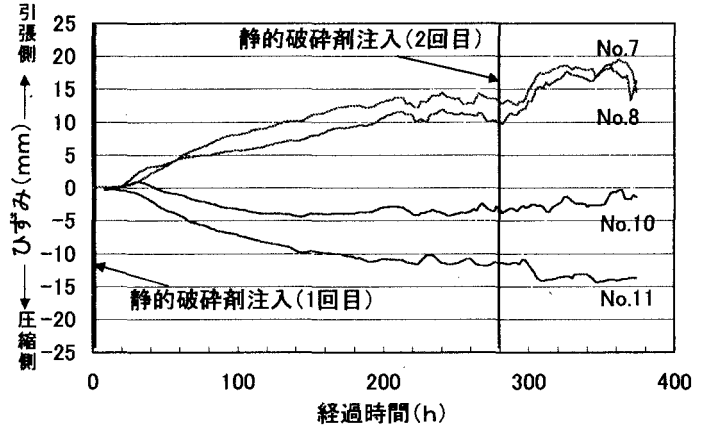


図3 ヘロンの公式による点Bの変位方向及び変位量の算出方法

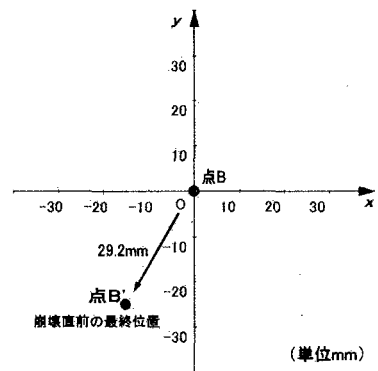


図4 点Bの変位方向及び変位量