

VI-9

光ファイバセンサによる模擬岩盤斜面での岩盤変状測定

北海道開発局 開発土木研究所○正会員 中井 健司
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 池田 憲二
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 日下部祐基
(株)構研エンジニアリング 正会員 川瀬 良司
住友電気工業(株) 佐藤 浩二

1.はじめに

岩盤斜面の変状を把握する方法として、変位計や傾斜計など既往のセンサを用いた計測について研究が進められている。しかし、これらの手法は予め崩壊しそうな岩塊、亀裂を特定して行われる限られた点でのものであり、このような場所を抽出する方法がない限り現実的には困難である。本研究では、光ファイバをセンサとしてひずみを連続的に計測する手法⁽¹⁾を用い、広範囲の岩盤の中から変状を起こしている箇所を抽出する手法について検討を行っている。本稿では人工的に岩石を積んだ模擬斜面をつくり、人為的な変状を起こした状態で岩盤斜面のひずみを計測することにより、光ファイバセンサの岩盤斜面での適用性ならびに、センサとして適応可能な光ファイバの選択、設置方法について検討を行った。

2. 試験概要

2. 1 試験装置

実験に使用した模擬斜面は図-1に示す、 $\phi 300 \sim 500\text{mm}$ の小岩塊で築いた1:0.3の勾配の斜面に、 $\phi 1\text{m}$ 程度の大型岩塊を5mの高さに積み上げ、エアモルタルにより空隙を充填したものである。大型岩塊の最下部の架台には油圧ジャッキを設置しており、下降させることにより大型岩塊がオーバーハングした状態になる。また、人為的に強制変位を与えるためにジャッキ下降後、パイロハンマにより岩盤背面に埋設した鋼管杭、または架台あるいは岩盤内の心材に直接振動を与えられ、さらに岩盤上部に最大20tまでウェイトを載荷できる構造になっている。

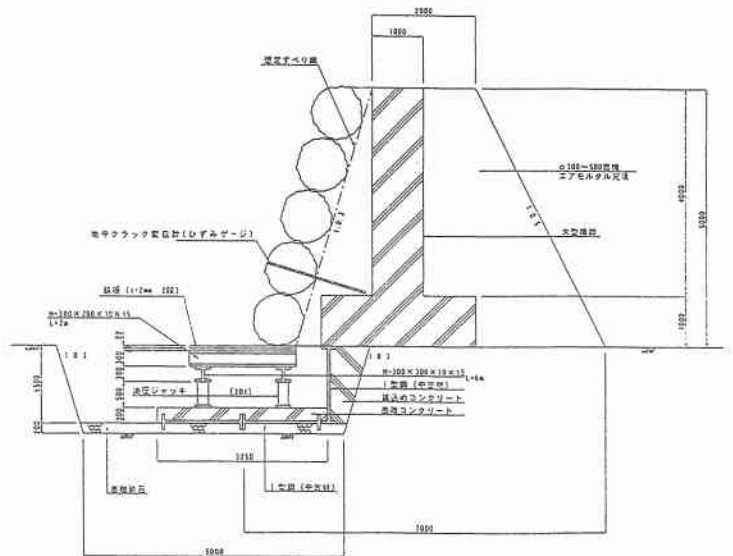


図-1 模擬斜面詳細図

Measurement of Rock Displacement by Optical Fiber Sensor on Artificial Slope.

by Kenji Nakai kenji, Kenji Ikeda, Yuki Kusakabe, Ryouji Kawase and Koji Satou

2. 2 試験方法

光ファイバセンサには、図-2に示す鋼線を心材とした外傷に強く、外圧により損傷しにくい構造のものを使用した。岩盤への設置は図-3に示す治具に光ファイバを巻き付け固定点とし、治具間の平均ひずみとして計測した。また、光ファイバセンサの他に、表面クラック変位計、地盤傾斜計、孔内ひずみ計等を設置した。

図-4に各計測器の配置図を示す。試験はジャッキを最下部まで下げた後、パイプロハンマで振動を与える加振実験と、ウェイトの载荷、除荷、加振を繰り返す载荷・加振実験の2ケースについて行い、段階毎に各計測器の測定を行った。各実験の測定フローを表-1に示す。

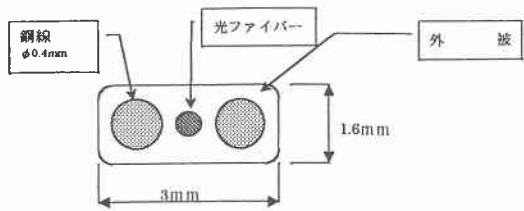


図-2 光ファイバセンサの構造

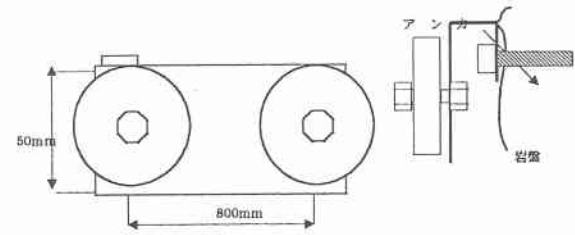


図-3 光ファイバ設置治具

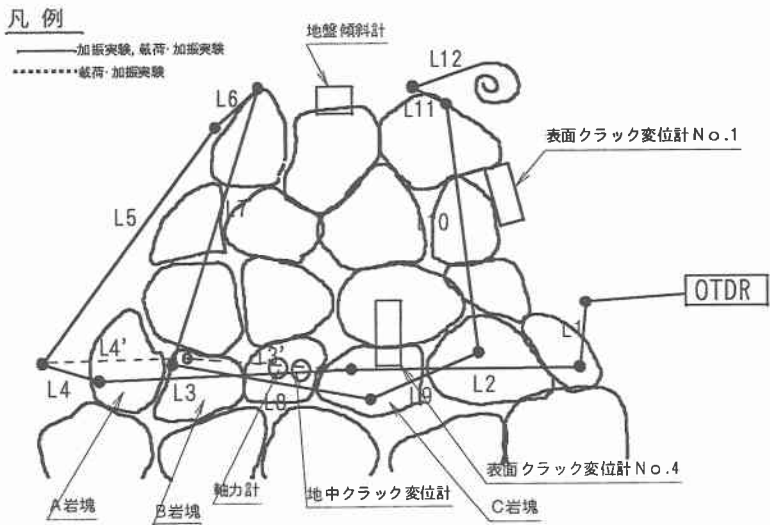


図-4 計測器配置図

(加振実験)	(载荷・加振実験)	
① 30秒加振後測定	① ウェイト5t载荷後	⑧ ウェイト5t载荷後
② 60秒加振後測定	② ウェイト10t载荷後	⑨ ウェイト10t载荷後
③ 90秒加振後測定	③ ウェイト15t载荷後	⑩ ウェイト15t载荷後
④ 120秒加振後測定	④ ウェイト20t载荷後	⑪ ウェイト20t载荷後
⑤ ステージ加振後測定	⑤ ウェイト除荷後	⑫ ウェイト除荷後
	⑥ パイプロ加振後	

表-1 測定フロー

3. 試験結果と考察

3. 1 加振実験

図-5に加振実験後の光ファイバの計測結果を示す。図より計測結果で大きな変化が認められたのは120秒加振後からステージの加振後でL2～L3区間の光ファイバ内のひずみが圧縮から引張に大きく変化している。この時、変化量は最大でL2区間の約500 μ で、この後、図-4に示すL3～L4交点のA岩塊が、不安定化している現象を確認することができた。

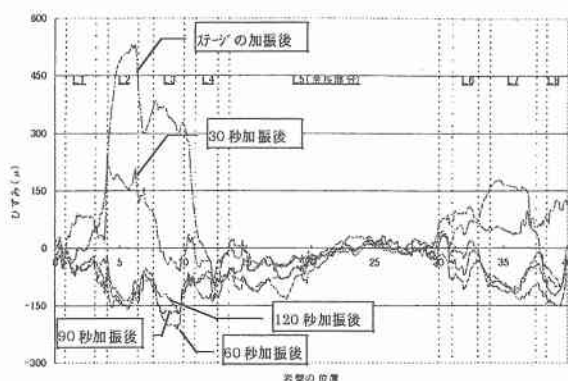


図-5 加振実験後の光ファイバ歪計測値

3. 2 載荷・加振実験

図-6に、載荷加振実験後の光ファイバの計測結果を示す。図より大きな変化が認められたのは、10t載荷後と除荷後であった。10t載荷後は、全区間で光ファイバ内のひずみが圧縮に変化し、変化量の最大はL1区間で約2000 μ であった。また、除荷後はL2～L3'～L4'、L7区間でひずみが引張に変化していた。L4'およびL7は同一のB岩塊に対して縦横方向の測線で設置した区間であり、このB岩塊に向かって右側のC岩塊に設置している表面クラック変位計No.4が約0.4mm鉛直方向に伸張していることから、B、C岩塊を含む下から2段目の列が下方に変位した可能性が考えられる。

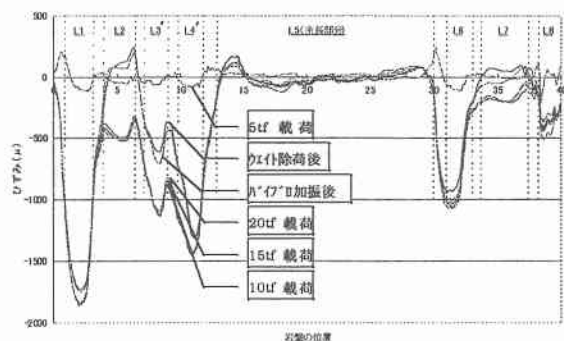


図-6 載荷加振実験後の光ファイバ歪計測値

図-7に再載荷後の光ファイバの計測結果を示す。図より計測結果で大きな変化が認められたのは、L7区間であった。この区間のひずみは、載荷重量の増加とともに、光ファイバ内のひずみが圧縮に変化していた。同様に、L10区間についてもこの傾向が見られた。

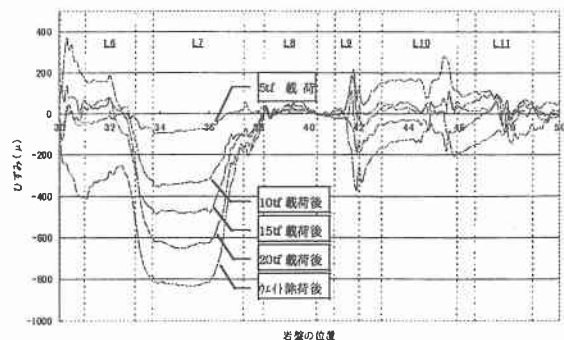


図-7 再載荷後の光ファイバ歪計測値

4. まとめ

本試験では、人工岩盤の変状が当初想定していたものより小規模で、かつ部分的な現象であったことから、光ファイバセンサで岩盤全体の大きな動きを捉えることはできなかったが、岩塊個々の挙動は計測結果から確認できたと考えられる。今回の試験結果を総括すると

- (1) 岩盤表面に光ファイバセンサを治具で固定し、治具間の平均歪みを測定することで、岩盤の変状を歪みの増減から推測する方法について可能性が見いだせた。
 - (2) 鋼線を心材とした光ファイバを、専用治具で固定する方法は、これまで採用してきたナイロン及びテープ心線を接着剤により固定する方法¹⁾に比べ施工性が良く、強度的にも良好であることが確認できた。
 - (3) 光ファイバを敷設する際、あらかじめ張力を与えることで、圧縮の歪みを測定することが可能であるが、固定区間毎の延長に応じた適切な張力を設定する必要がある。
- 今後、岩盤変状を測定するのに適した1固定区間の延長、測定方向等について検討していく予定である。

〔参考文献〕

- 1) 倉嶋利雄、佐藤昌志：光ファイバを用いた構造物のひずみ分布計測、土木学会誌、pp18～20、1997.5
- 2) 中井健司、日下部祐基、小林 将、佐藤昌志：模擬岩盤斜面での岩盤変状とOTDRによる変状測定、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集 第6部 pp558～pp559、1999.9