

光ファイバによる岩盤亀裂の目開き挙動計測試験

鹿島建設(株) 正会員 ○小泉 悠 黒川紗季 宮石雅子 今井道男
松本孝矢 小原隆志 岡山 誠 川端淳一

1. はじめに

ダム工事では、堤体下における岩盤の亀裂に対してセメントミルクを注入し、岩盤の止水性を向上させる基礎処理工が施工される。しかしながら、注入圧力の選定など、適正な施工管理が行われない場合には、注入の形態は浸透型から割裂型へと変化し、亀裂の拡大（以下、目開きと呼ぶ）によって止水性の確保が困難となる。この課題に対し、既報¹⁾では、光ファイバを用いた分布型ひずみ計測技術による、注入に伴って発生し得る目開き計測のコンセプトを提示した（図-1）。そして、建設中のダム現場のカーテングラウトを対象とした目開き計測について、光ファイバケーブルの実装方法および計測結果を報告した。本稿では、光ファイバを用いた分布型ひずみ計測技術の精度ならびに提示した計測コンセプトの適用性検証を目的に、同ダム現場の明かりヤードにて、意図的に注入圧力を高め、強制的に発生させた目開きのひずみを計測する野外試験（以下、強制目開き計測試験と呼ぶ）を実施したので、その結果について報告する。

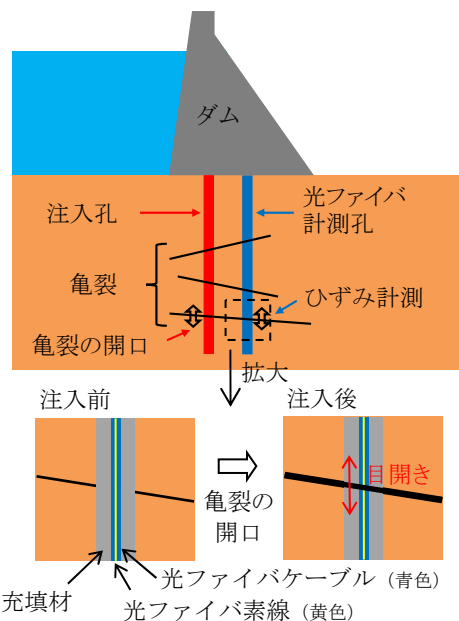


図-1 注入に伴う目開き計測のコンセプト

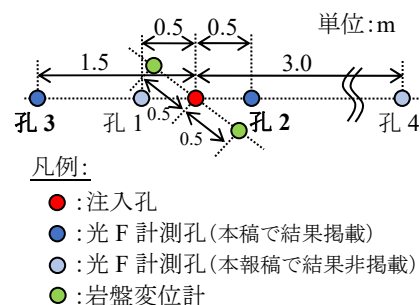


図-2 注入孔および計測孔の配置（平面図）

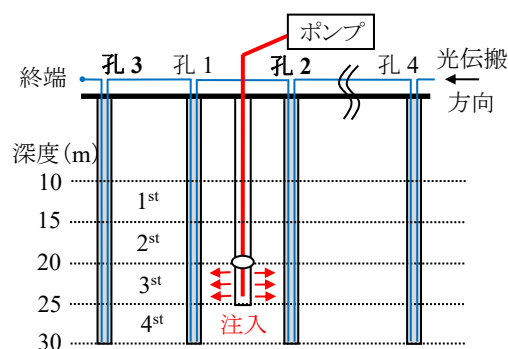


図-3 注入孔および計測孔の配置（縦断面図、ステージ3 注入状況）

2. 強制目開き計測試験の概要

強制目開き計測試験の孔配置を図-2 に示す。中央の注入孔（図中赤色）に対し、離隔が 0.5m, 1.5m, 3.0m となる位置に計測孔 1～4 を削孔した。孔の深度はいずれも 30m とした（図-3）。光ファイバケーブルは錘を取り付けて沈降させた後、セメントベントナイトで孔を充填し、岩盤と一体化させた（写真-1 および写真-2）。また、注入孔から離隔 0.5m の位置に、比較のため、既存の計測技術である岩盤変位計を設置した。約 2 週間後、深度 10～30m にかけて、1 ステージ長を 5m とした注水およびセメントミルクの注入を 1 ステージ/日で計 4 ステージ行い、光ファイバケーブル沿いのひずみ分布の変化を計測した。

3. 目開きに伴うひずみ分布の計測結果

ステージ3における注水およびセメントミルク注入について、注入圧力、流量、計測孔 2 および 3 のいずれも深度 20.1m におけるひずみ

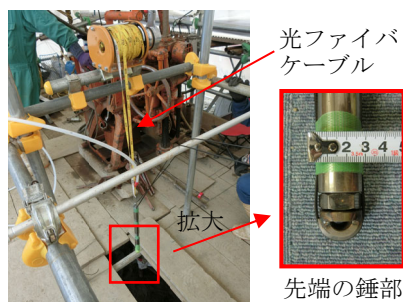


写真-1 光ファイバケーブルの沈降状況



写真-2 セメントベントナイトの充填状況

キーワード：光ファイバ、分布型ひずみ計測、ダム、注入、亀裂、目開き

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 岩盤・地下水 Gr. TEL 042-489-6646

の経時変化を図-4に示す。同図より、午前の注水#1に伴い、計測孔2および3でひずみの増大が認められた。注水量が供給の限界となる70ℓ/minに達して注水を終了した際、ひずみが急減した。このとき計測孔2で7.3 μ 、計測孔3で4.5 μ の残留ひずみが認められた。なお、岩盤のルジオン値は14.9Luと比較的高透水であった。

次に、セメントミルク（水セメント比200%）の注入を行ったところ、10:48に注入圧力の急減と流量の増大が生じ、目開きの発生が認められた。ただし、このとき検知されたひずみの増加は、計測孔2で1.7 μ 、計測孔3で4.1 μ のみであった。この要因として、発生した目開きが計測孔2や3の方向に進展しなかった可能性が考えられる。

午後に注水#2を行ったところ、14:30に注入圧力の急減と流量の増大が生じ、目開きの発生が認められた。このとき、計測孔2で35 μ 、計測孔3で29 μ のひずみの急増が計測された。また、目開きの発生より30分ほど前（14時頃）から、ひずみの微増が認められ、目開き発生の予兆を示していたものと考えられる。つまり、本計測技術によりひずみの微増を捉えることで、目開きの発生を事前に予測し、目開きが発生せぬよう、注入圧力を低下させるといった対策が可能であることが示唆された。

最後に、計測孔2の深度15～25mにおけるひずみ分布を図-5に示す。注水#2での目開き発生後のひずみ分布を、図中に示す引張ひずみの卓越区間で積分した結果、算定された目開き変位量は0.069mmであった。なお、計測孔2の近傍に岩盤変位計を設置したが、目開きの発生とは無関係に計測誤差程度の変位が計測された程度で、有意なデータは得られなかった。

以上、光ファイバを用いた分布型ひずみ計測技術の高い計測精度と、距離情報から目開きの発生位置が特定できる利点が示されたといえる。

4. まとめ

ダム工事における基礎処理工の施工管理法を高度化すべく、光ファイバによる分布型ひずみ計測技術の適用性の検証に取り組んでいる。意図的に注入圧力を高め、強制的に発生させた目開きに伴うひずみを計測する野外実験を実施した。その結果、目開き発生時、30 μ 程度のひずみの急増が認められ、また、目開き発生の約30分前からひずみが微増していた等の新たな知見が得られた。光ファイバケーブルの岩盤への実装方法・計測方法等、実用化に向けて、さらなる改善を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 小原ら：光ファイバによるダム基礎処理工の施工管理法の高度化，土木学会第75回年次学術講演会，2020。

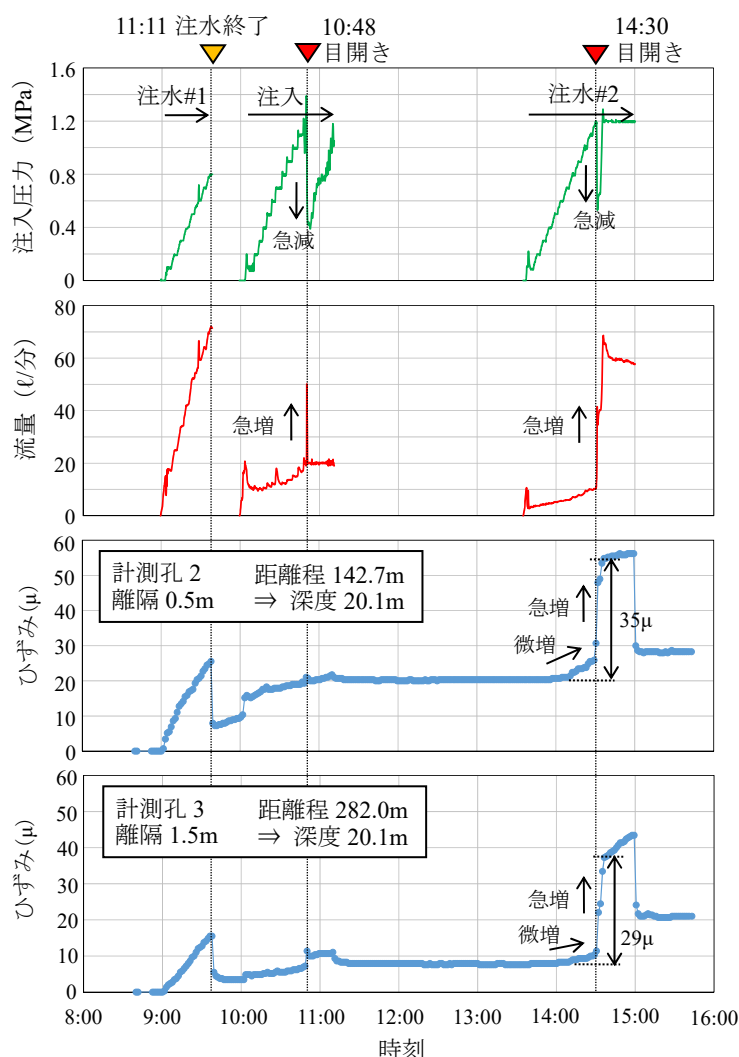


図-4 注入圧力、流量およびひずみの経時変化

(※ ひずみは、正：引張である。)

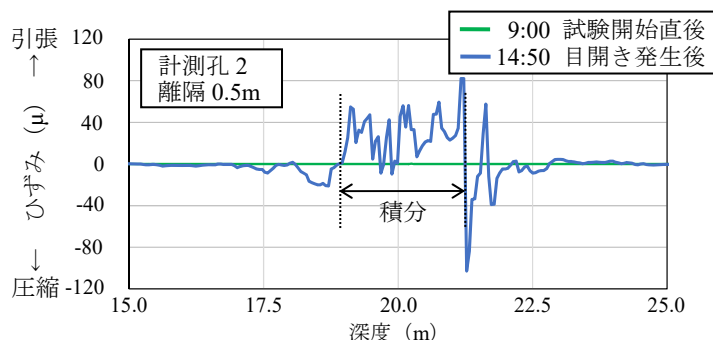


図-5 目開き発生深度付近でのひずみ分布