

電気探査によるフィルダム等土構造物のひび割れ深度調査用注入材料の開発

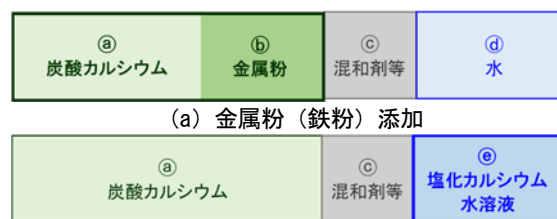
国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 ○小堀俊秀、正会員 金銅将史

1. はじめに

大規模地震等によりフィルダム等の土構造物にひび割れが発生した場合、安全性の確認や復旧計画検討のためひび割れ深度の把握が必要となる。その方法としては、石灰水注入後にトレンチ調査を行い、凝固した石灰の先端位置を確認する方法¹⁾などがあるが、ひび割れ延長が広範囲に及ぶなどトレンチ掘削での全面的調査が困難な場合でも安全性への影響の迅速な評価や復旧計画の立案が求められることがある。ひび割れに導電性の液体を注入し、堤体材料との比抵抗差からひび割れ範囲を推定する電気探査はこのような場合に有効な非破壊調査法の1つと考えられる。注入材料としてこれまで塩水²⁾や石灰水³⁾を用いた研究例があるが、塩水はひび割れ先端周辺への浸透が深度推定に影響を及ぼす可能性が指摘され、石灰水での研究ではこれまでのところ幅15mm程度のひび割れが対象になっている。そこで、幅数mm程度のより微細なひび割れも対象に電気探査でのひび割れ深度調査に適した注入材料について検討し、屋外地盤での電気探査試験によりその有効性を確認した。

2. ひび割れ注入材料の検討

注入材料への要求性能は、①自己充填性能が高いこと ②周辺に浸透しにくいこと ③堤体（土質）材料との比抵抗差が大きいこととした。①②に対しては、トレンチ掘削でのひび割れ探査で実績のある炭酸カルシウムを主成分とする市販の空隙自己充填材⁴⁾をもとに堤体材料との剛性差を抑えるためそのセメント分を減じたものをベース材とし、③に対しては、フィルダムのコアの比抵抗（60～160Ωm程度⁵⁾）と差が出るよう上記ベース材に各種導電性材料を添加材として加えることとした（図-1）。添加材は比抵抗の小さい金属粉（鉄粉）または塩化カルシウム粉末とし、前者はベース材に対する置換率（同図(a)の⑥/((a)+⑥)）、後者（水溶性）は塩化カルシウム水溶液（同図(b)の⑦）としての濃度が異なるケースを設定し、それぞれひび割れ内への充填性を確保するためベース材と同等の流動性が得られる量の混和剤等（図-1(c)）を加えた。流動性の確認はフロー試験（図-2）によった。



(b) 塩化カルシウム粉末添加

図-1 配合のイメージ



図-2 フロー試験例（CaCl₂40%水溶液置換）

各材料の比抵抗測定結果をフィルダム等でのひび割れ調査で実績のある塩水及び石灰水の比抵抗値とともに図-3に示す。この結果より、ベース材に塩化カルシウム40%（飽和）水溶液を加えた材料が、今回作成した材料の中では堤体材料との比抵抗差が大きく、所定の流動性を有する上、単位体積重量もベース材より大きいと自己充填性の面でも優れていると考えられること、また融雪剤等として比較的入手も容易なことから、注入材料として最も適していると判断した。

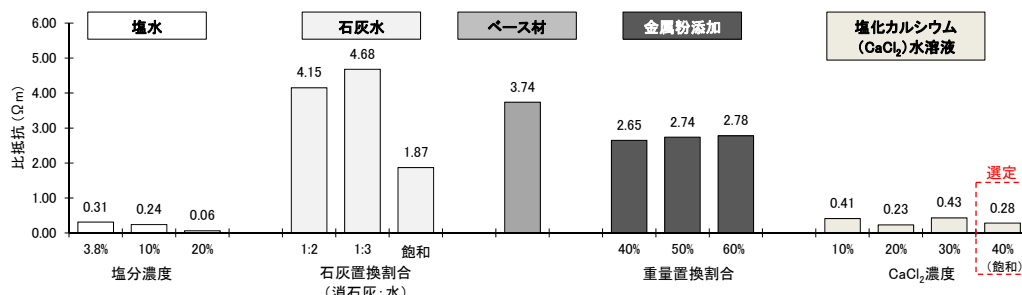


図-3 比抵抗値測定結果

キーワード 地震、フィルダム、ひび割れ、電気探査

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番 国土交通省国土技術政策総合研究所 TEL029-864-4654

3. 屋外地盤での電気探査試験

上記で選定したベース材に塩化カルシウム 40%水溶液等を加えた材料を注入材料として用いた場合のひび割れ検出性能を確認するため、屋外土質地盤（盛土部、比抵抗 100～250Ωm 程度）に模擬ひび割れ（幅 10mm、4mm、2mm）を造成し、電気（比抵抗）探査試験を実施した。模擬ひび割れ成は、地盤内に鉛直に挿入したプレート（長さ 1.0m、深さ 50cm 程度）を転圧後に引抜くことで造成した。比抵抗測定は各ケースとも注入材料の注入前、注入後、1 日後の計 3 回、ひび割れ直交方向測線上（電極間隔 6cm）で 2 極法（ポール・ポール法）により行った（図-4）。なお終了後に開削し、注入材料が所定の深さまで注入されていることを確認した。

屋外試験で得られた模擬ひび割れ周辺の比抵抗分布の一例（ひび割れ幅 4mm のケース）を図-5 に示す。注入後 1 日経過した後もひび割れ深度（深さ方向に比抵抗が大きく変化する深度。同図(b)で 55cm）が概ね正しく推定されている。ひび割れ幅が異なるケースとの推定結果の比較を表-1 に示す。幅 2mm の微細ひび割れではやや深度が過小推定されたが、幅 4mm 以上のひび割れでは、本検討で用いた注入材料及び試験条件によりその深度がほぼ正確に推定された。なお、比較のため塩水を別途造成した模擬ひび割れ（幅 4mm）に注入し、同様の方法で比抵抗分布を測定したところ、浸透によるとみられる低比抵抗領域の拡大が認められた。

4. まとめ

フィルダム等の土構造物内部のひび割れ深度を非破壊で調査可能な電気探査（比抵抗探査）に適したひび割れ注入材料について、自己充填性、周辺への浸透のしにくさ及び土質材料との比抵抗差の観点から検討した結果、炭酸カルシウムを主成分とする市販の空隙自己充填材をもとに塩化カルシウム水溶液等を混合した材料が有効と考えられた。土質地盤内の長さ 1m、深さ 50cm の模擬ひび割れでは、同材料を用いることで幅 4mm 以上の場合に概ねその深度が正確に推定された。

参考文献

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震被害調査報告、国総研資料、第 439 号、p. 84、2008。
2) 中里裕臣、井上敬資、吉迫宏、堀俊和：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震によるため池堤体亀裂に対する緊急的な電気探査、農工研技報、第 213 号、pp. 23-28、2012。
3) 井上敬資、中里裕臣：2 次元電気探査による地盤の亀裂範囲簡易推定手法、農業農村工学会論文集、No. 290、pp. 43-53、2014。
4) 佐々木 隆、小山幸男、宍戸善博、伊藤武志：岩手・宮城内陸地震による胆沢ダムフィル堤体の被災復旧概要、ダム工学、Vol. 18、No. 4、pp. 251-262、2008。
5) 鈴木 浩一、藤井 健知、高橋 章：電気探査法によるロックフィルダム初期湛水時の浸透水のモニタリング、物理探査、68 巻、3 号、pp. 189-199、2015。



図-4 屋外電気探査試験実施状況（模擬ひび割れ幅 4mm）

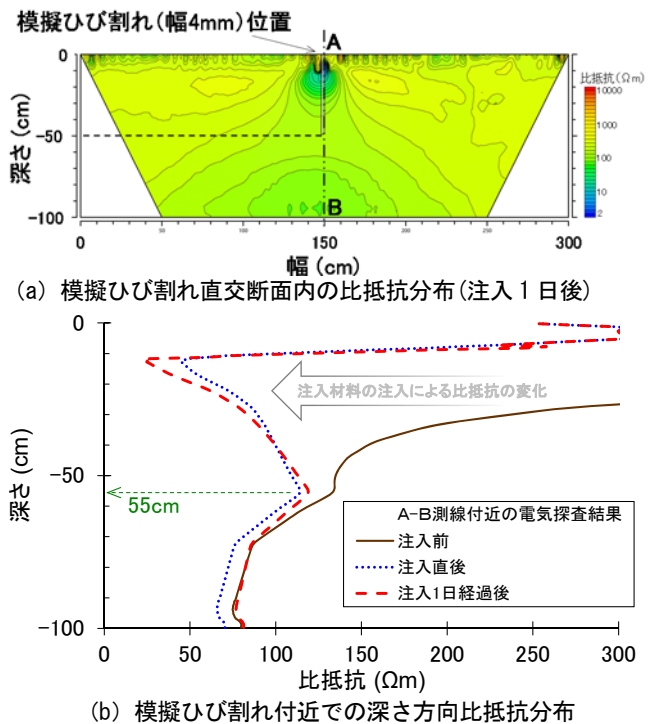


図-5 屋外電気探査試験結果（模擬ひび割れ幅 4mm）

表-1 ひび割れ幅の違いによる推定深度の比較				
模擬ひび割れ幅		10mm	4mm	2mm
ひび割れ 推定深度	注入直後	約 45cm	約 55cm	約 40cm
	1 日後	約 50cm	約 55cm	約 40cm
開削確認結果		約 50cm	約 55cm	約 50cm