

透水性被覆ツイスト電線による漏水探知システムの CFRD への適用性

独立行政法人土木研究所 (正)○小堀 俊秀, (正) 山口 嘉一, (正) 市原 裕之
坂田電機(株) (非) 山崎 宣悦

1. はじめに

堤体の上流側斜面に配したコンクリートスラブにより遮水機能を確保する型式のロックフィルダムをコンクリート表面遮水型ロックフィルダム(Concrete Face Rockfill Dam : 以下 CFRD と称す)と呼ぶ。1960 年代前半以前の旧型 CFRD ではロック材料を投石工法にて盛立てたため、変形量が大きく、かつスラブに多くの水平継目が設けられていたため湛水時の漏水が大きな問題であった。しかし、1960 年代後半以降、ロック材料を振動ローラ転圧することによりダムの変形量を小さく抑えたうえ、スラブの水平継目を施工継目として必要な場合以外は設けないことで漏水量を小さく抑えることが可能となった新型 CFRD の登場にともない、海外において多くの堤高の高い CFRD が経済的に建設されるようになった¹⁾。我が国においてはこの新型の CFRD の本格的な導入の第一段階として、堤高 30m 程度以下の小規模な徳山ダムの上流二次締切や苦田ダムの鞍部処理工の型式として CFRD が採用され、実際の建設にあわせて設計施工に関する細部の検討が進められている。

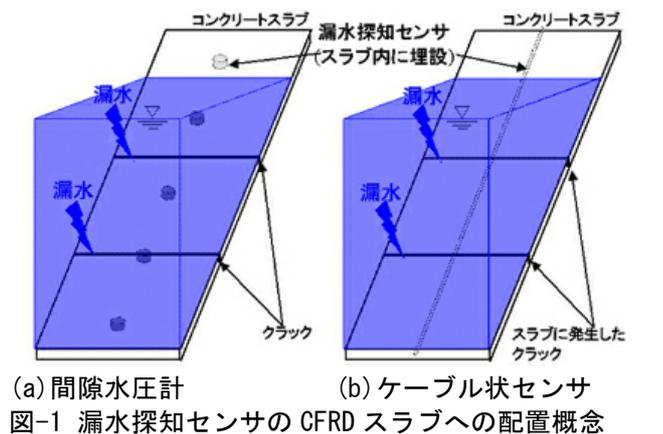
新型 CFRD では、堤体の変形量を小さく抑えることで漏水量を少なくし、漏水が発生した場合にも安全に排水するための設計をおこなっている。しかし、CFRD の本格的導入にあたっては、漏水が発生した場合に、適切かつ迅速に対策の必要性を検討する体制を確立するため、精度の高い漏水位置探知システムの構築が求められている。

本研究は、従来技術である平行二線間の周辺媒質の違いによる特性インピーダンスの差を利用した漏水発生位置検出手法²⁾を発展させ、透水性被覆ツイスト電線を用いた CFRD のコンクリートスラブからの漏水位置探知システム開発のための基礎的検討を行った。

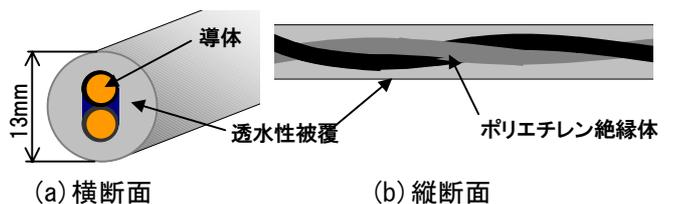
2. 漏水探知センサの概要

CFRD の堤体からの漏水箇所としては、各種継目とスラブに発生した亀裂が想定される。各種継目のうち既設のダムにおいて主要漏水箇所であった周辺継目については、直下に間隙水圧計を配することで漏水を水圧として探知できる可能性が高い。しかし、図-1(a)に示すように、スラブの亀裂からの漏水については水圧として探知することは難しく、また仮に水圧として探知できるとしても、漏水箇所を探知するためには、かなり密な間隙水圧計のネットワークを形成しなくてはならない。そこで、図-1(b)に示すようなケーブル状のセンサをスラブに埋設し連続的に漏水を探知する方法の開発が望まれる。

既存技術のケーブル状センサとして、平行な二本の電極からなるレッシュ線を用いたセンサ²⁾に着目した。この電極に電気パルスを入力すると、一様なコンクリートの部分と水のある部分で特性インピーダンスの変化が起こり負の反射波が生じる。そのため、パルス入力から反射波がもどるまでの時間とパルスの伝搬速度から反射の位置を求め漏水箇所として特定することが可能になる。この技術を応用した漏水探知センサとして、図-2 に透水性被覆ツイスト電線センサ (以下、センサと称す) の構造を示す。センサは外径 13mm のツイスト線に透水性被覆として綿テープを巻いた構成になっている。透水性被覆によりセンサ断面内に微細な空隙を形成し、クラックから浸入する水分を被覆内部に貯める構造にすることで、確実に反射波が得られるようにしており、この点が既存技術に対する改良点である。



(a) 間隙水圧計 (b) ケーブル状センサ
図-1 漏水探知センサの CFRD スラブへの配置概念



(a) 横断面 (b) 縦断面
図-2 透水性被覆ツイスト電線構造

キーワード : CFRD, コンクリート, 遮水, 位置検出, センサ

連絡先 : 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL:(0298)79-6781 Fax(0298)79-6737 E-mail:kobori@pwri.go.jp

3. 試験方法

センサの適用性検証に用いた試験装置概要を図-3に示す。供試体は図-3(a)に示すように、0.15m×0.15m×30mの型枠内にセンサを設置し、擬似漏水箇所として計測部側から40mの地点に、図-3(b)に示すようにコンクリート打設前にあらかじめセンサ上に塩ビパイプを固定し、コンクリートを打設し作製した。コンクリート硬化後に塩ビパイプに水を入れ、2mの水頭をかけ注水することで漏水を模擬した。入射する電気パルスは幅10ns、振幅3.5Vとし、反射波の記録にはメモリー付オシロスコープを使用した。

4. 試験結果

図-4に擬似漏水により得られた反射波を示す。下横軸は反射波の測定時間(μs)、縦軸は反射波の振幅(V)(図中では表記上、注水時間の経過に対して振幅を1V平行移動して表記)を表示している。図中①は入射波、②はケーブル終端における反射波である。注水前のケーブル終端における反射波の伝播時間・距離より乾燥状態のコンクリート中のパルス伝播速度は約 $106m/\mu s$ と算出される。図中上横軸にパルス伝播速度より換算した乾燥状態の伝播時間に対する距離を示す。

注水2分後には図中③の箇所に負極性の反射波が確認できる。波形は伝播時間 $0.35\mu s$ 前後で生じており、乾燥状態のコンクリート中のパルス伝播速度より距離に換算すると、波形は計測部より35mの地点で発生していることになる。注水地点より手前で波形が観測された理由としては、入射パルスに対して明瞭な反射波形が確認できるまでにある程度の湿潤範囲が必要なためであると考えられる。

注水後の時間経過により、図中④に示されるような波形の検出範囲が広がる傾向が見られた。これは、透水性被覆内に浸潤区間が広がったためであり、これにより、漏水位置の特定が困難になったと考えられる。

5. まとめ

透水性被覆ツイスト電線センサのCFRDの漏水位置探知システムとしての適用性を検証するための基礎的検討を行った。透水性被覆を用いることにより漏水箇所(今回の試験では一箇所)の位置特定を行うことが可能となったが、時間とともに漏水が透水性被覆内を広がり漏水位置の特定が困難になった。さらには、被覆内に漏水が広がることによりセンサが湿潤状態になり、後に発生した複数の漏水検出が困難になると考えられる。これらの対策方法としては、透水性被覆に漏水が浸透する範囲を制限する等の対策が有効になると思われる。

今後は、本検討より得られた問題点を改善し、数箇所の漏水を精度良く検出することのできるセンサを作製し、実際のCFRDへの設置・適用を試みる予定である。

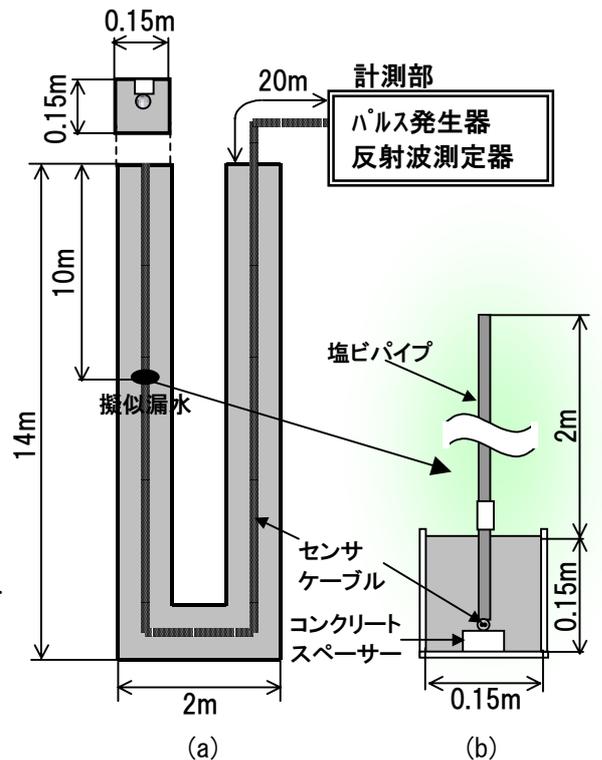


図-3 試験装置概要

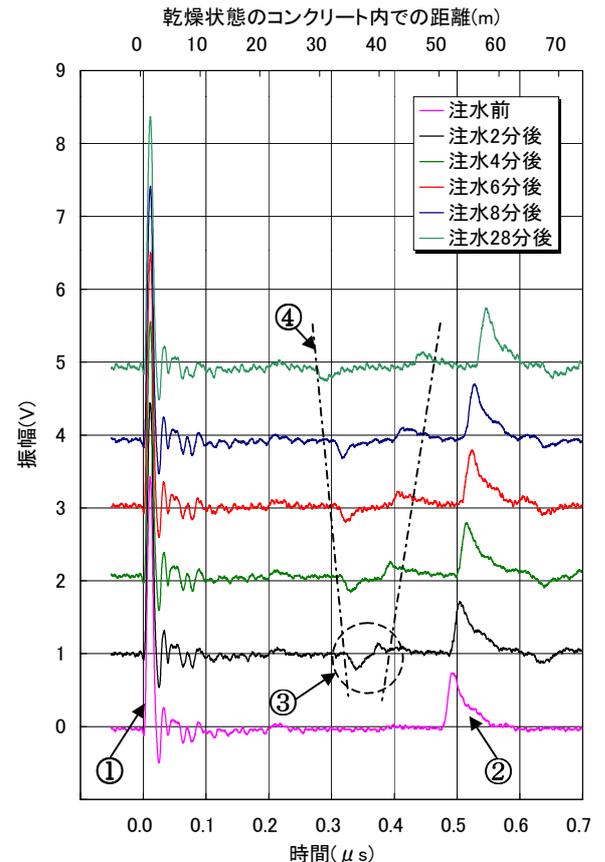


図-4 擬似漏水(注水)による反射波

参考文献：

- 1)坂本忠彦, 松本徳久, 福永和久：海外のCFRDの動向, ダム技術, No.162, 2000年3月。
- 2)樋口佳意, 山崎宣悦, 後藤知英：コンクリート構造物の漏水発生位置検出手法の基礎的検討, 土木学会関東支部技術研究発表会, 第30回, 2003年3月。