

コンクリート遮水壁用漏水探知センサの性能試験

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

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。

近年の施工技術の向上により築堤後のロックフィルダムの表面沈下量が小さくなり、従来の CFRD で問題視されていたコンクリート遮水壁のひび割れによる漏水の発生可能性が小さくなった結果、海外では多くの CFRD が建設されるようになった¹⁾。我が国においても CFRD の本格的な導入に向け、徳山ダムの上流二次締切や苦田ダムの鞍部処理工に CFRD が採用され、その設計・施工に関する細部の検討が進められている。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、平行な二本の電極からなるケーブル状センサ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透水性被覆ツイスト電線を用いた CFRD コンクリート遮水壁(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 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、場所が特定できるため、その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、スラブの亀裂からの漏水についてはその発生箇所が特定できないため、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 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。

漏水箇所を連続的に検知できるケーブル状センサとして、平行な二本の電極からなる透水性被覆ツイスト電線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(図中①)。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。センサの漏水探知原理の詳細は文献³⁾を参照されたい。センサはツイスト電線に透水性被覆としてポリエステル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ある。また、センサには、ある間隔で不透水性被覆(長さ3cm, エポキシ樹脂製)を設けてあり、センサ内の漏水が広範囲に浸透し、漏水位置の特定精度が低下することを防止している。この点が既存技術²⁾に対する改良点である。不透水性被覆の設定間隔は漏水位置の所要の特定精度に応じて設置する。

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-2 に示す。供試体は実物の CFRD スラブ厚を模擬したものであり、センサを図中に示すように、0.3m×0.3m×100m の型枠内に設置し、擬似漏水を形成するためにコンクリート供試体の計測部側端部から 35m～38m 区間は1m 毎に、40m～90m 区間は10m 毎に塩ビパイプを

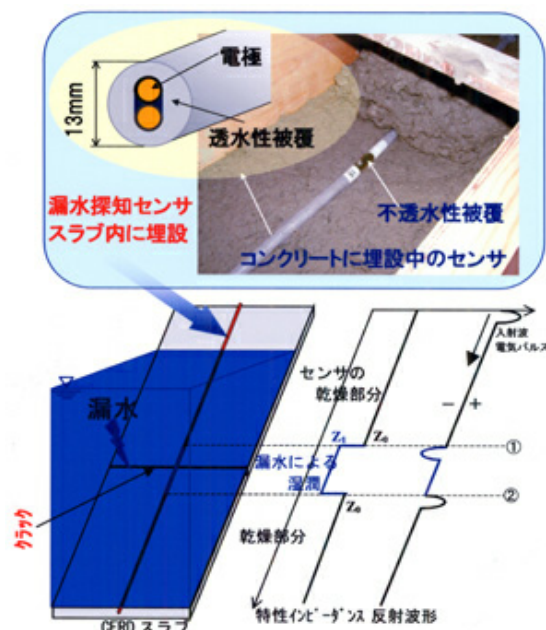


図-1 漏水探知センサ概要

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:(029)879-6781 Fax(029)879-6737 E-mail:kobori@pwri.go.jp

建て込み注水口を設け、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2mの水頭をかけて注水することで漏水を模擬した。漏水位置探査精度を1mに設定するため、センサの不透水性被覆部は1m毎に設置した。入射する電気パルスは幅 $0.01\mu s$ 、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

試験結果を図-3に示す。試験結果は、1)模擬漏水部への注水前、複数の漏水探知試験として2)40m・50m地点注水試験、狭間隔漏水探知試験として3)35m・37m・40m・50m地点注水試験、性能限界確認として4)全箇所注水試験を例示した。図中横軸は模擬漏水箇所までの距離(m)(図-2(a)中の距離に対応)、縦軸は波形の振幅(V)である。模擬漏水箇所までの距離(m)は、計測された漏水箇所までのパルス伝播時間(μs)にパルス伝播速度(m/ μs)を乗ずる事により求める事ができる。なお、終端反射を利用して算出した漏水のないコンクリート中のパルス伝播速度は $101.2m/\mu s$ 、漏水が浸潤している区間のそれは $80.4m/\mu s$ である。図中では表記上、注水箇所ごとに振幅を+0.5V平行移動して表記している。グラフに用いたデータは各試験とも波形が安定した注水30分後のデータを使用した。

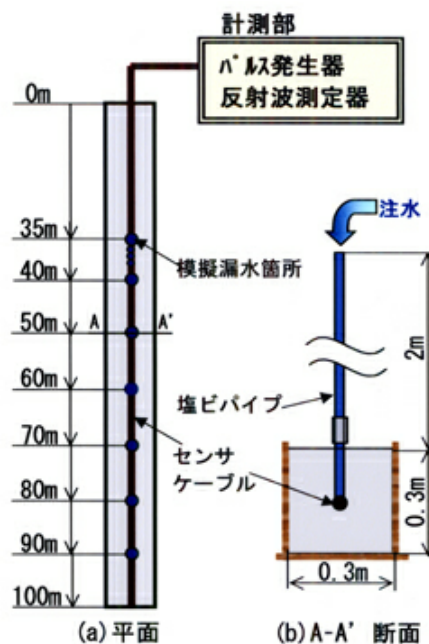


図-2 試験装置概要

1)注水前波形について、図中①は入射波、②は100m地点のセンサケーブル終端における反射波である。

2)40m・50m地点注水後、図中③の40.3m及び50.4mの2箇所で負極性の反射波が見られる。注水後長時間経過しても波形は安定しており、不透水性被覆の効果及び複数箇所漏水の検知が可能であることが確認できた。

3)35m・37m・40m・50m地点注水後、図中④に示されるようにそれぞれの負極性の反射が見られた。しかし、35m、40m地点に注水した結果発生した正極性反射と重なり37m地点は十分な精度で個別に検出できているとは言えない。このことから、浸水区間または乾燥区間が複数あり、これらの間隔が2m以下で存在する場合、その箇所に漏水が発生していることはわかるが、それぞれの区間を個別に検出することは難しい。

4)全箇所注水後、図中⑤の60m～90m区間の10m毎に設けた模擬漏水部の負極性反射は小さく、漏水を判断することができなかった。負極性反射が小さいのが、漏水箇所による入射パルスの減衰が主原因であれば、終端反射は漏水箇所数が増える度に小さくなるはずであるが、試験結果では全箇所漏水後も終端反射の変化がほとんど見られないため、距離による減衰が主原因と思われる。

5. まとめ

湿潤区間を限定するため、不透水性被覆を有する透水性被覆ツイスト電線センサを利用した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。その結果、本センサを用いることにより複数の漏水部の位置特定を行うことが可能となった。しかし、狭間隔漏水探知の限界、長尺センサケーブルの漏水探査性能向上等の問題点も見られた。今後は、本検討より得られた問題点を改善し、実際のCFRDへの設置・適用を試みる予定である。

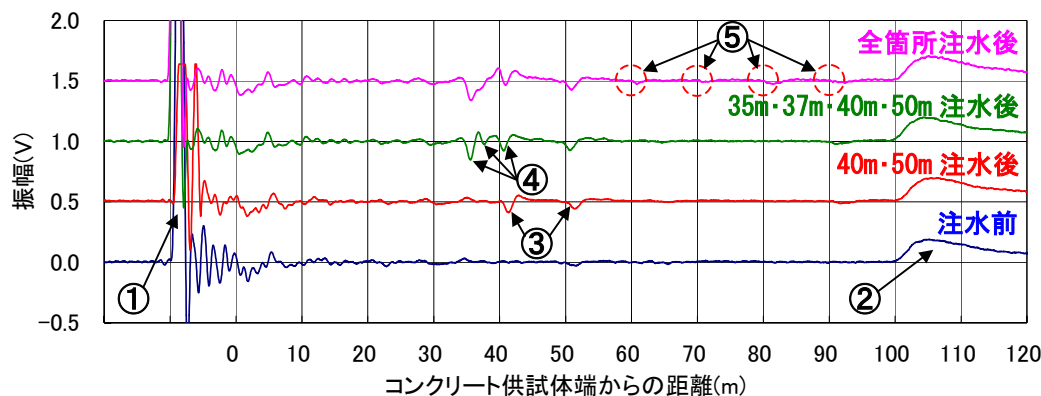


図-3 模擬漏水部への注水試験結果

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)小堀俊秀，山口嘉一，市原裕之，山崎宣悦：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，土木学会関東支部技術研究発表会，第30回，2003年3月。
- 3)樋口佳意，山崎宣悦，後藤知英，山口嘉一：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。