# 電磁波レーダ計測結果の RMS 振幅処理による覆エコンクリートの健全度評価

東京電力(株)	正会員	小澤	啓明
大成建設(株)	正会員	岡本	修一
応用地質(株)	正会員	前川	聡

## 1.はじめに

水力発電用水路トンネルの維持管理においては,通常,短期間断水(発電停止)を伴う水路内部点検(3年 に1回程度)により,覆エコンクリートのクラック(ひび割れ),摩耗・洗掘,ジャンカなど変状の進展度合 いや新規発生の有無,湧水状況などを監視・追跡調査を行い,既往の地質・覆工強度・背面空洞の調査結果や, 変状箇所を対象に必要に応じて実施する詳細調査結果と併せてトンネルの健全度を評価している.

しかし,設備の機能上,顕著な変状が認められない限り,長期断水を伴う詳細調査の実施は難しい.費用対 効果を考慮し適切な維持管理を行うためには,非破壊調査を含め,長期断水を必要としない簡易な調査方法が 不可欠である.これまでにも覆工表面で変状が認められ補修を計画していた箇所において,壁面詳細調査およ びコア採取による簡易調査を実施し,覆工内部及び背面地山の健全性を確認し補修を取り止めた事例があるが, 覆工強度や背面地山の地質に関しては面的情報ではなく,コア採取によるピンポイントデータしか得られない のが実情である<sup>1)</sup>.

一方, 広域を比較的容易に計測可能な非破壊検査手法として, 従来から覆工厚さや背面空洞調査に電磁波レーダ法が多用されている.図-1 に,水路トンネル内部より実施した電磁波レーダ測定記録を示す.時間的にはまず表面を伝播した直接波が現れ,次いで覆工内部の空隙に起因する不規則な散乱波が現れている.このような散乱波は健全なコンクリートではほとんど現れないため,電磁波レーダにより覆工の健全度が評価可能ではないかと考えた.

本報告では,レーダ計測結果と覆工コンクリートのコア強度など 物性値を関連付けることで,水路トンネル覆工の健全性を面的な領 域で評価する手法について検討を試みた結果について述べる.

### 2.評価手法の概要

(1) 調査から評価までの流れ

覆工の電磁波レーダ探査

- ・2 種類の中心周波数のレーダを使用(今回は, 1.5GHz と 400MHz)
- ・トンネル延長方向に断面内に約 50cm 間隔で測線を設定し測定 探査結果の処理
- ・400MHzの測定記録から覆工厚さ及び背面地山の散乱波のRMS<sup>\*</sup>値を求めて,各々の平面分布図を作成
- ・1.5GHzの測定記録から覆工中の散乱波の RMS 値を求め, 平面分布図を作成

評価

- ・目視調査による変状スケッチ図,覆工厚さの平面コンター図に加え,RMS値と強度などの関係から閾(しきい)値を設定し,覆エコンクリート強度分布,覆工背面近傍の地山状況を平面的に把握して総合評価
- ・次回の点検範囲,補修工事範囲や工法の判断材料とする

\*RMS(Root Mean Square):散乱波振幅の二乗和の平均の平方根で波形エネルギーの指標。受信波形の数が多く,振幅が大きい程大きな値になる。

キーワード 水路トンネル,覆エコンクリート,電磁波レーダ,RMS振幅処理,健全度評価 連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5 応用地質(株)東京本社ジオラクニカルセンター TEL 048-652-3942





### (2) RMS 値の計算範囲(対象範囲)の考え方

実際の覆工は場所によりその厚さが異なる.また,レーダアンテナの種類(中心周波数の違い)によって 最大探査深度が異なるので,図-2 に示すような計算範囲を便宜的に設定した.400MHz は,最大探査深度が 80cm 程度であることから,その結果より覆工厚さおよび地山の RMS 値を算出した.1.5GHz は,最大探査深度

が 25cm 程度と浅いので,覆工 厚が 25cm を超える場合には, 直接波が終了する深度から 25cm までを計算範囲とし"覆工 中の RMS 値"とした.



## 3.RMS 値と覆工圧縮強度の関係

今回,導水路A(約60年供用,馬蹄形,内径4.06m)および導 水路B(約85年供用,馬蹄形,内径3.49m)の覆工表面に変状 が発生している区間で調査を行った.レーダ計測結果と覆工コ ンクリート強度を関連づけるため,壁面清掃・目視調査の結果 とレーダ探査の結果から健全および変状と判断される箇所にお いて,コアを採取し強度試験を行った.

図-3 に覆工中の RMS 値の計算結果とコアの圧縮強度の関係を 示す.散乱波より算定した RMS 値が大きい箇所では,覆工コン クリートの圧縮強度は小さく,その相関関係が確認された.レ ーダ探査では規模の比較的大きな空隙の散乱波を捉えているも

のと考えられるが,対応するように,強度の低いコアでは,目視可能な空隙が多く不均質な状態であった.この結果より,覆エコンクリート強度の良・不良の閾(しきい)値を "RMS 値 30"に設定するものとした.

## 4.覆エコンクリートへの適用結果

図-4 に導水路Aにおける測定例を覆工厚さと併せて示 す。この調査区間の覆工コンクリートは,厚さが天頂部 付近で薄く,SL以下の側壁部が厚い傾向にあり,全体的 には 15cm以上確保されている.RMS値の分布から天頂部 付近の強度は高く,SL以下の側壁部が低い傾向にあるが, 概ねRMS値は 30 以下であり,平均的には 15N/mm<sup>2</sup>以上の 強度は確保されており,変状は局所的と判断される.

一方,図-5に導水路Bの調査結果を示す。こちらも同様に,RMS値の分布状況から強度は一様に健全であると 言える.導水路Bでは表面劣化状況より覆工の全断面補修工を計画していたが,今回の調査結果により,部分補修工に切替を行うことが出来た.

## 5.おわりに

今回検討した手法は,覆エコンクリートの強度分布を面的に把握 可能となるので,トンネル健全度評価の判断に非常に有効と考えら れる。今後は,データを蓄積し信頼性と汎用性の向上に努めたい。

## 参考文献

1)小澤 他:壁面に変状が見られる水路トンネルの調査方法に関する一考察 土木学会第 61 回年次学術講演 会 第 部門 2006 年 9 月 pp81-82



図-3 RMS 値と圧縮強度の関係(1.5GHz)



■ 3 -5 導水路Bでの調査結果例