

地中レーダ探査手法を用いた砂防施設堤体内部の健全度調査

応用地質株式会社	○大堀 英良	松本砂防事務所	判田 乾一
〃	中村 晋	〃	石川 一栄
〃	中川 昌浩	〃	野村 昌弘
〃	山田 祐司	〃	今井 達也
〃	村岡 直		

1. はじめに

砂防堰堤を主とする砂防施設は、明治期の空石積みから粗石コンクリート、昭和 30 年代後半以降はコンクリートを中心に施工され、古い施設は老朽化が進んでいる。一方、このような古い施設は、保全対象の直上の谷出口や狭窄部など、砂防計画に重要な位置を占めていることが多く、施設の維持管理あるいは機能向上は重要な課題である。しかしながら、上記のような老朽化に加え、施工時期が技術基準類の制定前であることや、物質的な制約から品質が不十分な材料で施工された施設もあり、堤体内部状況の確認が求められている。

本発表では、これまで道路やトンネル点検の分野で実績のある「地中レーダ探査」の手法を砂防堰堤に活用し、地中レーダ探査結果により推定した堤体内部の劣化程度と、同箇所から採取したコアの室内試験結果による強度判定が整合した事例を紹介し、本手法による堤体健全度評価に対する有効性を示す。

2. 調査方法

これまで、地中レーダ探査は、トンネルの覆工コンクリートの健全度評価等でしばしば用いられてきたが、目的が覆工背面の空洞分布や巻厚分布を調査することにあり、コンクリート内部から発生する散乱波はあまり取り扱われてこなかった。しかしながら、この散乱波とコンクリート物性には有効な関係があることが判明し（山下、前川他、2009）、今回この関係を用いてコンクリートの健全度調査を試みた。

図-1 に実際に取得された地中レーダ探査の測定記録例を示す。図-1 では、直接波と覆工背面の間に不規則な散乱波形が観測されている。このような記録が取得される要因のひとつとして、コンクリート内部における劣化の他、ジャンカ等初期欠陥による空隙率の増加が考えられる。このような内部散乱波の強度を表す指標として、波形振幅の RMS(Root Mean Square)値を用いる。RMS 値は図-2 に示されるように、ある走時時間内の散乱波の数と大きさの総和であり、大きければ劣化が進んでいると判断できる。

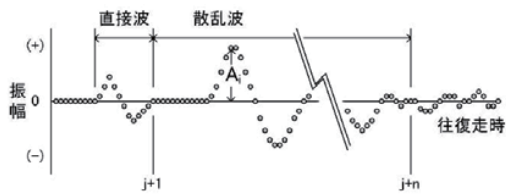


図-2 観測波形の模式

$$RMS \text{ 振幅} = \sqrt{\sum_{i=j+1}^{i=j+n} A_i^2 / n}$$

(1)

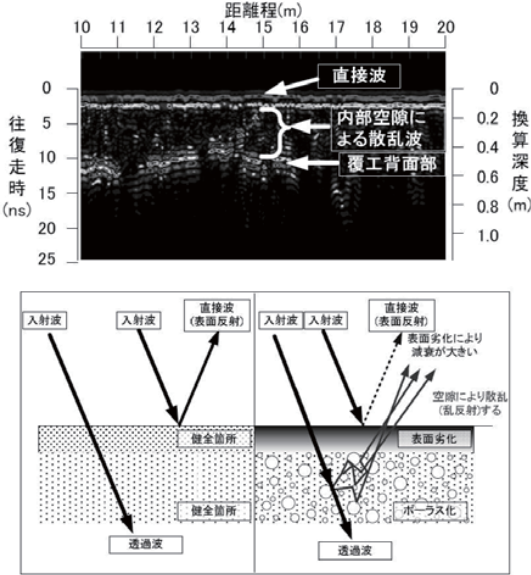


図-1 地中レーダ探査測定記録例と散乱波発生概念図 1)

地中レーダ探査の測定は、以下の手順にて実施した。

- ①表流水箇所では土嚢等により計測面に流水が当たらないよう養生した。
- ②アンテナ固定用の木杵に中心周波数 400MHz のアンテナを設置した。
- ③アンテナ設置後、木杵に距離計および牽引用ロープを装着した。
- ④予め設定した測線位置で、堰堤天端から測定開始位置までアンテナを降下させた。
- ⑤堰堤天端から牽引用ロープを用いて、アンテナを一定速度で引き上げて測定した。



図-3 地中レーダ探査状況

あわせてコアサンプルの室内試験（密度試験、一軸圧縮試験）を実施した。

3. 調査事例

対象砂防堰堤は満砂状態で、目視では堤体下流面に多数の亀裂が確認された。堤体の下流面に複数の測線を設け、鉛直方向に地中レーダ探査を行い、任意の箇所を抽出し、コア採取、室内試験（密度試験、一軸圧縮試験）を実施した。

図-4 に地下レーダ探査結果を示した。上段は堤体表面から深度 30cm まで、下段は 30cm 以深の RMS 分布図である。探査深度が、深度 30cm までの表層においては、水通し部の劣化が著しく、30cm 以深では、水通し部と非越流部とはほぼ同等の劣化状況であった。また、深度 30cm までは、両袖と本体部付近に弱線が認められるが、30cm 以深では左岸側に弱線が残る。弱線は遊離石灰の浸出や縦ジョイントの開口部の目視確認位置と一致していた。探査事例はこの他に数例あり、口頭で報告する。RMS 値と採取したコアの一軸圧縮試験値とをプロットすると、図-5 に示した通り比較的良好な関係が示唆された。

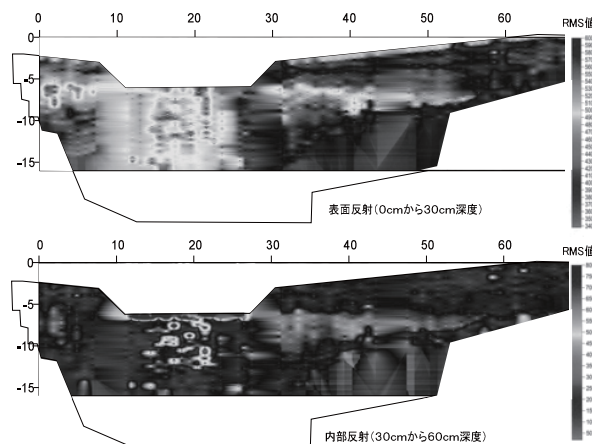


図-4 地中レーダ探査結果(RMS 分布図)

4. 今後の課題、方向性

今後、同様の調査の実績を重ねることで、RMS 値とコアの一軸圧縮強度の関係性がより明確になる。これにより、レーダ探査による砂防施設の老朽化具合の把握手法が確立されれば、コアサンプリング調査で施設に悪影響を及ぼすリスクを減少させることができる。さらに、調査時間の短縮が図られ、効率良く多数の施設調査が実施可能となり、大幅なコスト縮減につながると期待される。なお、現在の手法では表面から 2.0m 程度までの性状把握が限界であり、これより深部の状況把握も課題である。

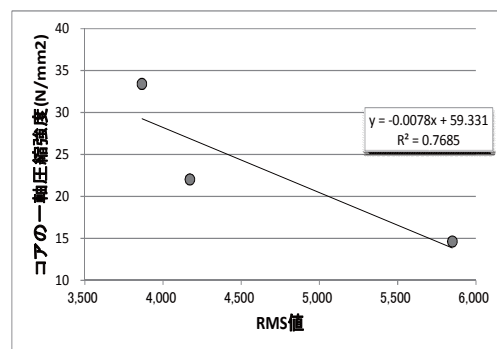


図-5 RMS 値と一軸圧縮強度の関係

参考文献：

- 1)山下他(2009)：地中レーダを用いた導水路トンネル覆工コンクリートの健全度評価(1)－散乱波形を用いた評価手法について、物理探査学会第 121 回学術講演会論文集,pp56～59.
- 2)前川他(2009)：地中レーダを用いた導水路トンネル覆工コンクリートの健全度評価(2)－覆工圧縮強度との比較検討、物理探査学会第 121 回学術講演会論文集,pp60～63.