

1. トンネル覆工背面の地下レーダー探査例

応用地質株式会社 ○江波戸昌徳 佐藤好史

1. はじめに

NATMが採用される以前のトンネルは、支保工と矢板により地山を保護していた。当時のトンネル施工の欠陥は覆工背面に空隙が生じてしまうのである。最近、この時代に造られたトンネルの変状が顕在化し、問題となっている場合が多い。

従来、覆工背面の空洞を調査する方法としては、目視などによるトンネル覆工表面の変状の確認後、ボーリング調査などが実施されてきた。しかし、この方法では、トンネル全体を把握するためには多くの経費と時間を要するといった問題があった。そこで当社では、トンネル覆工背面の空洞を短時間にしかも非破壊で探査する目的で専用開発されたトンネル覆工診断車を数多くのトンネルに適用してきた。

この測定システムは高性能地下レーダー装置を搭載した測定車であり、一般道路トンネルばかりでなく高速道路などの大断面のトンネルでも大幅な交通規制を伴わず迅速に測定することが可能である。

本報では、トンネル覆工背面の解析方法について述べ、次にこのシステムを用いた探査例を紹介する。

2. 地下レーダー探査測定システムの概要

トンネル覆工厚および覆工背面空洞の測定は測定車に搭載されている地下レーダー探査機によって行う。

地下レーダーの原理は図-1に示すように、覆工表面に置いた送信アンテナ(T)から断続的に電磁パルスを照射し、覆工背面または背面下の空洞からの反射波を受信アンテナ(R)で捉え、覆工厚および背面の空洞の位置・大きさを求めるものである。

測定車には、マルチチャンネルの地下レーダー装置を搭載し、油圧ブームの先端に地下レーダーの送受信アンテナを取り付けている。アンテナはブームの伸張と回転によって、測定個所に押し当てられ、車両の走行により迅速な連続測定が可能となっている。

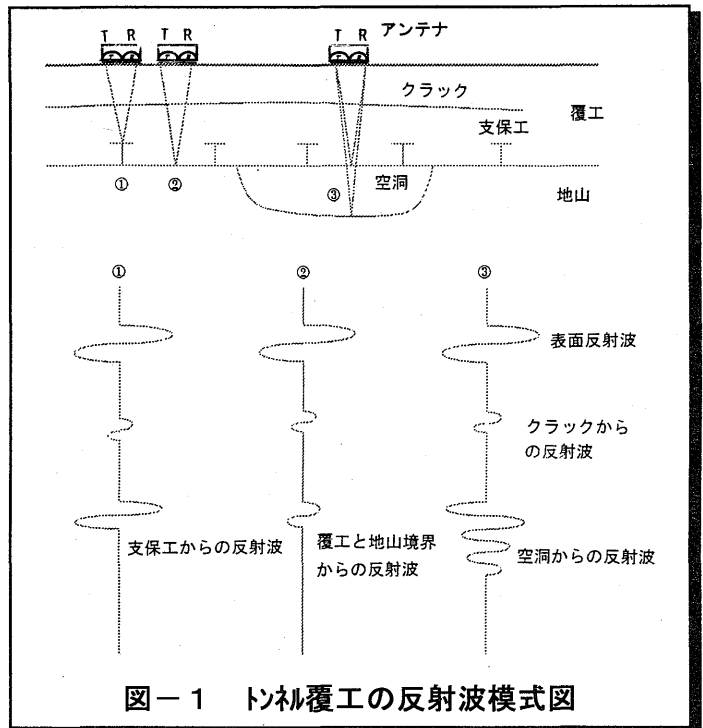


図-1 トンネル覆工の反射波模式図

図-2に測定車の外観を示す。

地下レーダー装置には最大4チャンネル同時測定が可能な米国GSSI社のSIR-10システムを使用している。

現地での測定記録は8mmビデオテープにデジタル収録される。また、測定結果は測定装置本体のカラー画面上に表示される他、モノクロのモニター記録をプリントアウトできるので、現地にて概略的な測定結果の判定を行うことが可能である。



図-2 トンネル診断車の外観

アンテナには中心周波数500MHzと900MHzの2種類を使用しており、主に覆工厚に応じて使い分けることができる。さらに、距離計により、車両の走行に連動し、予め定められた間隔で測定記録内に距離マークを入力することが可能であり、測定位置の精度を向上させている。

3. 解析概要および探査例

解析の流れを図-3のフローチャートに示す。

解析は測定波形データを8mmビデオテープからPCに転送した後、PC上ですべて行う。

以下に解析の内容をまとめる。

①データ入力・ファイル編集

記録を収録した8mmビデオテープを再生しデータをPCに取り込む。また、多チャンネル測定の場合、1チャンネル毎の波形ファイルに分離する。

②バックグラウンド除去

同一測定条件における表面反射記録を差し引き、必要な反射波を強調する。

③ゲインの最適化

測定記録を測定時の増幅率で除した後、覆工コンクリート中における電磁波振幅の逆数で再増幅する。

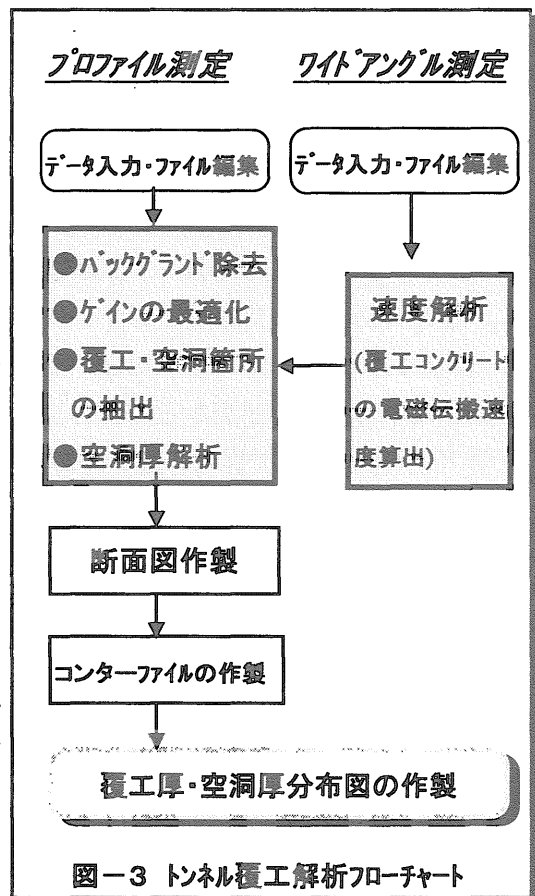


図-3 トンネル覆工解析フローチャート

④速度解析

ワイドアングル測定（図-4参照）記録から、覆工コンクリート中における電磁波伝搬速度を求める。

⑤覆工・空洞箇所の抽出

覆工背面からの反射波を特定するとともに、振幅、位相、反射パターンの特徴から空洞の有無・範囲を判定する。

⑥空洞厚解析

電磁波の伝搬時間を読み取り、その値に先のワイドアングル測定で決定した速度値を乗じて覆工厚を求める。そして、その解釈結果に基づいて空洞範囲を抽出する。

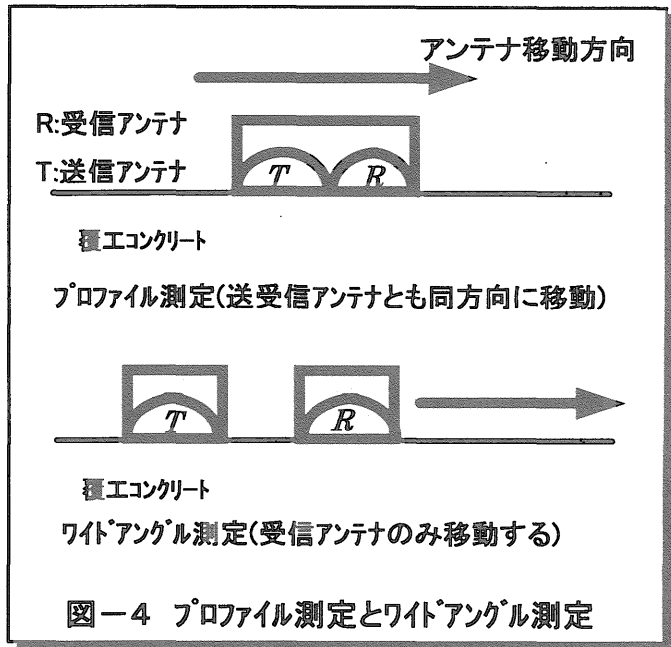


図-4 プロファイル測定とワイドアングル測定

次に探査の一例を示す。

図-5にトンネルの縦断測線（No. 1測線出力範囲は110-150m）で実施した測定記録および覆工厚・空洞厚の解析結果を示す。上段が測定記録、下段が解析断面図である。解析断面図中斜線で示した部分が空洞と推定した範囲である。

図-6には他の10本の横断測線と5本の縦断測線解析結果（No. 3測線が天盤、No. 1測線、No. 5測線がスプリングラインよりやや上方部の測線）から作製した空洞厚のコンター

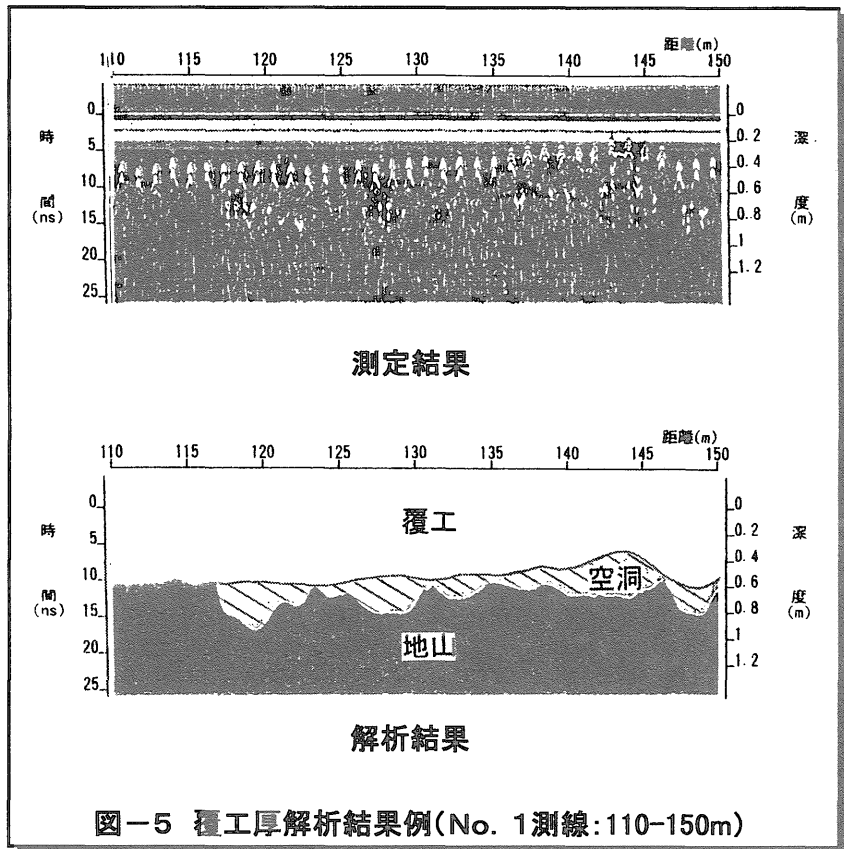
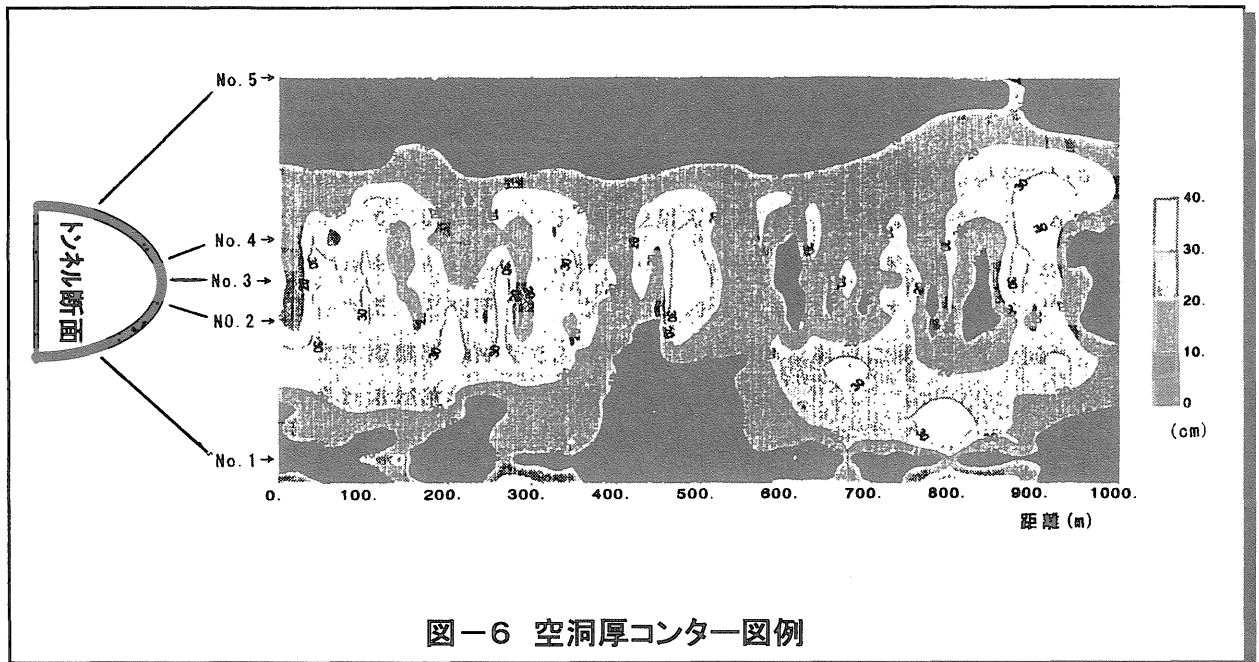


図-5 覆工厚解析結果例(No. 1測線:110-150m)

図を示す。結果図より、空洞はトンネルの天盤部に多く存在し、部分的に厚さ30cm以上のやや大きな空洞が存在することが推定される。



4. おわりに

地下レーダー探査の測定および覆工厚・空洞厚の解析方法について述べた。

専用車を用いた測定システムの導入により、トンネル覆工背面空洞調査はかなり効率化されてきている。今後は、地下レーダーの探査結果のみではなく、地山や覆工コンクリート自体の状況を含めた総合的な健全度判定を行うとともに、道路トンネル以外の鉄道・導水路などのトンネル調査にも同システムを適用させて行きたい。

<参考文献>

小松及十、及川理人、前川 聡：「トンネル覆工探査における地下レーダー記録の自動処理の試みについて」、物理探査学会、1994

大東秀光、及川理人、前川 聡 ほか：「地下レーダー記録からコンクリート背面の空洞厚を算出する一方法」、物理探査学会第90回学術講演論文集（1994）、93