

自動打音法と電磁波反射法を併用したトンネル覆工健全性調査

ハザマ* 正員 ○笠 博義, 正員 西村 毅, 武石 学
 ダイヤコンサルタント** 杉田信隆, 正員 小泉和広, 正員 川上義輝
 ウォールナット*** 正員 稲垣正晴, 新 弘治

1. はじめに

トンネル覆工の健全性調査では、表面のひび割れ発生状況、覆工自体の劣化や強度低下等に加えて覆工背面空洞の状況等を把握することが重要である。こうした事項を把握するためには、目視観察、ハンマー打音調査、電磁波反射法（レーダー探査）などが個々に実施されることが多い。このため、供用下での調査では車線規制時間などが長くなり、調査費用も増大する傾向にある。一方、これらの調査の中で、ひび割れ観察はデジタルカメラやレーザーを用いた自動調査システムが開発されており、レーダー探査も車輻搭載型システム等により迅速な調査が可能となっているが、打音調査は人力で行われているのが現状である。

こうした中で、筆者らはトンネル覆工自動打音調査システムを開発し¹⁾、打音調査の自動化に取り組んできた。この中で、覆工の多面的な調査を迅速かつ容易に行うことを目指して、レーダー探査と打音調査の併用を可能とするシステム開発を目指してきた。これは、覆工の健全性評価の上で重要なさまざまな情報を単一の手法で調査するのではなく、複数の調査手法を組み合わせることで調査全体の精度と効率の向上を目指したものである。本報告は、自動打音調査システムとレーダー探査技術を組み合わせることで覆工の状況を総合的に評価することの有効性について、実際のトンネルの調査結果を通じて検討したものである。

2. 調査システムの概要

筆者らが開発したトンネル覆工自動打音調査システムは、図-1に示すようにトラック等の移動台車に固定した保持ユニットに取り付けられた打撃ユニットを、覆工に押し付けた状態で連続的に打撃調査を行い、その打撃音のデータを取得し、その値をもとに音響エネルギー指数¹⁾を求めて覆工の健全性を評価するものである。

この保持ユニットはレーダー探査用のブームを利用していることから、先端の打撃ユニットをレーダーアンテナに交換し、分析ユニットをレーダーのコントローラに交換することによって、容易にレーダー探査を実施することができる。これによって、打音調査とレーダー探査の併用が容易となり、それぞれの調査を同一測線上で行うことにより、覆工健全性を総合的に実施することが可能である。具体的には、目視による覆工表層のひび割れ

調査、自動打音調査による覆工表層部の浮き・剥離や表層の劣化などの把握、レーダー探査による覆工巻厚および背面空洞の調査結果により、表層から背面までの覆工状況を把握するものである。こうして得られたデータは、それぞれの情報の組合せにより、より確実性の高い情報を提供するものであるとすることができる。

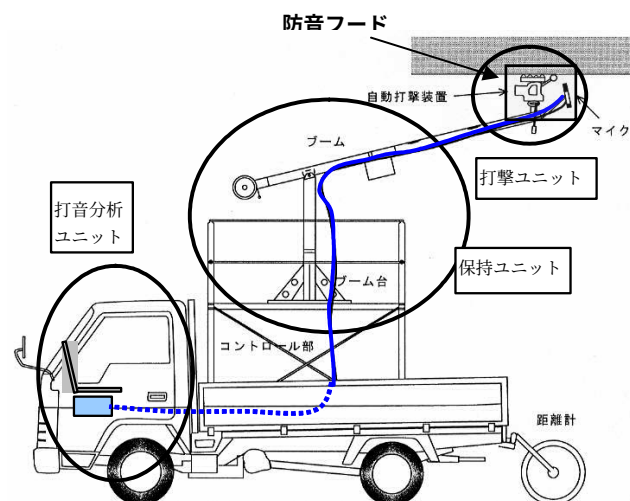


図-1 自動打音調査システム構成例

キーワード：トンネル、打音調査、レーダー探査、覆工健全性調査

連絡先* 〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL03-3423-1801, FAX03-3405-1854

** 〒330-8660 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3 TEL048-654-3011, FAX048-654-3833

*** 〒190-0002 東京都立川市幸町 1-19-13 TEL042-537-3838, FAX042-537-3820

3. 調査結果

本システムを用いて、実際の供用下の道路トンネルにおいて、健全性調査を実施した。それぞれの調査結果について以下に示す。

(1)自動打音調査結果

トンネルの片側車線の天端より肩部までの範囲を 50cm 間隔で 7 測線を設定して自動打音調査を行った。その結果を図-2 に示した。この図から、本調査実施区間では音響エネルギー指数はほぼ 100～120 であり、一般に健全性に問題があるとされる 100 以下の低い値を示す部分は局所的であり、全体として良好な覆工であることが示された。

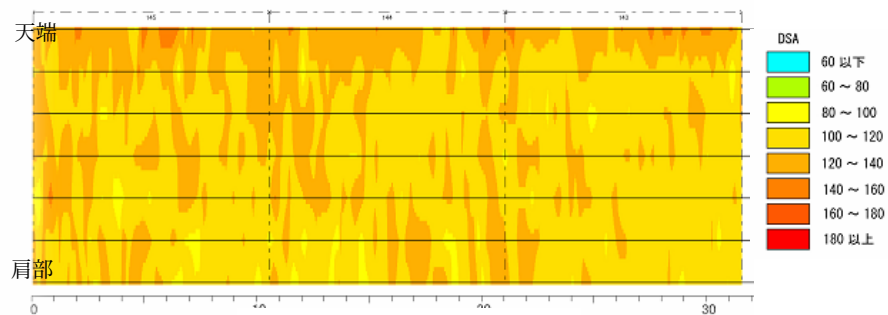


図-2 自動打音調査結果

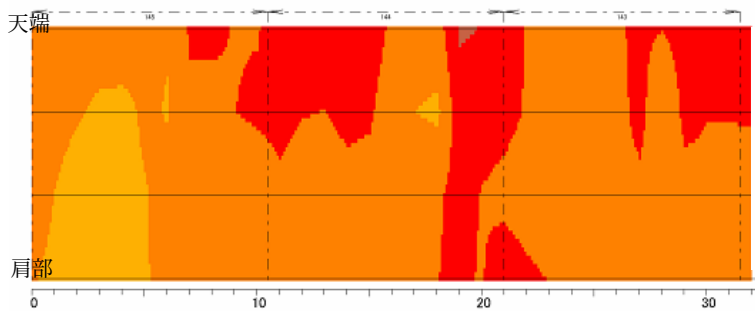


図-3 レーダー探査結果による巻厚分布図

(2)レーダー探査

レーダー探査法による覆工巻厚分布を図-3 に示した。この図から、本調査区間の覆工は全体として 30cm 以上確保されており、巻厚が小さい部分は確認されなかった。なお、レーダー探査の測線は打音調査測線と同一としたが、その間隔は 1 測線のレーダー探査によってデータを取得できる範囲を考慮して、間隔を 1m とした。

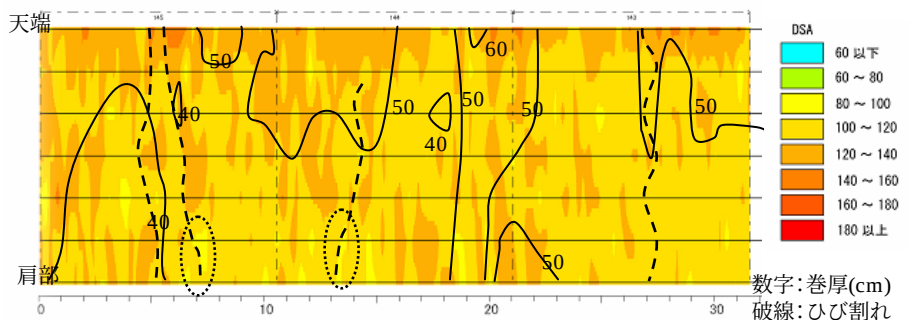


図-4 目視・打音・レーダー探査総合評価結果

(3)総合評価結果

今回実施した自動打音調査結果の展開図に、レーダー探査により得られた覆工巻厚の等厚線および目視観察によるひび割れの分布を示したものが図-4 である。この図では、目視観察で確認されたひび割れに沿って音響エネルギー指数がやや値が低い部分（図中の点線で囲んだ部分）が見られ、表層のひび割れの影響が打音調査結果に反映したことが推定される。一方、自動打音調査結果と巻厚との関係は不明瞭であり、巻厚が大きい部分では音響エネルギー指数が高い傾向がわずかに認められる程度である。これらの調査結果から、本調査区間では、横断方向のひび割れがいくつか見られるものの、これらは大きな剥離や浮きを伴うものではなく、覆工巻厚も十分であることから、全体として問題となるような欠陥は見られないものと判断された。

4. まとめ

本調査事例では、自動打音調査とレーダー探査を併用することで、覆工健全性を多面的に評価することが可能であることが示された。また、この調査システムを利用することにより、個々の調査を別々に実施するのに比較して、作業時間においても大幅な効率化を図ることができたものと考えられる。

- 1) 笠 博義, 小泉和広, 稲垣正晴: トンネル覆工の自動打音調査システムの開発, 土木学会トンネル工学研究発表会論文・報告集, Vol.13, pp.343-348, 2003