

# 自動打音調査装置とレーダーを併用した トンネル覆工健全性調査システムの開発

笠博義<sup>1</sup>，小泉和広<sup>2</sup>，稲垣正晴<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 博士(工学) ハザマ 環境事業開発部 (〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8)

<sup>2</sup>正会員 (株)ダイヤコンサルタント事業推進本部地盤物性研究チーム (〒330-8660 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3)

<sup>3</sup>正会員 (株)ウォールナット (〒190-0002 東京都立川市幸町 1-19-13)

**キーワード：トンネル，打音調査，レーダー探査，覆工健全性，システム開発**

## 1. はじめに

現在実施されているトンネルの健全性評価方法としては，目視観察とハンマ打撃による点検・検査が一般的である．すなわち，覆工表面のひび割れ，漏水，遊離石灰等を目視で確認し，これらの異常部や目地周辺などを重点的にハンマで打撃し，浮きや剝離などの不具合を把握するものとしている．一方，覆工の巻厚や覆工背面の空洞調査にはレーダー探査が適用されることが多い．

このように，表面を目視調査で，浅層部分（表層～15cm程度）を打音調査，より深い部分についてはレーダー探査によって，トンネルの覆工健全性について総合的に評価することが可能である．このうち，目視調査はCCDカメラやレーザーによる自動化が進められており，レーダー探査についても，アンテナ保持装置の改良により，比較的短時間での半自動調査が実現している．これに対して，打音調査は直接覆工を打撃しなければデータが得られないため，人力に頼っているのが現状であり，自動化のための技術開発がまさに進められている状況にある．

こうした背景から，筆者らは打音調査を自動化するシステム開発に取り組み<sup>1)</sup>，特にレーダー探査との併用が容易で，迅速に覆工の健全性を総合的に評価できるシステムの開発を行った．本報告は，こうして開発されたトンネル覆工自動打音調査システムの概要について示すと同時に，実際のトンネルで得ら

れたデータの活用方法についてまとめたものである．

## 2. システムの概要と特長

### (1) システムの開発方針

システム開発に先立って，人力による打音調査の問題点と自動化に向けての課題を整理した．その結果示された課題は以下のとおりである．

評価基準の客観化，個人差の発生防止

調査結果の記録・保存の容易化

作業全体の効率化・苦渋作業の解消

すなわち，打音調査を自動化する場合は，こうした課題を解決することが重要である．また，同時に，全国に広く分布するトンネルでの点検・調査への適用を考慮して，ベースマシンの汎用化や調査全体の経済性についても十分に考慮する必要がある．

以上のような検討結果から，本システムの開発に際しては，以下のような基本方針を策定した．

迅速な調査を可能とし，レーダー探査との併用を容易にするために，トンネル軸方向に調査する．調査システムは現場での組立・解体が可能なものとして，レーダー探査同様に，ベースマシンは汎用的なものを利用できるようにする．

打撃データは人間の耳による評価の特性を活かしながらも，客観性を有するものとする．

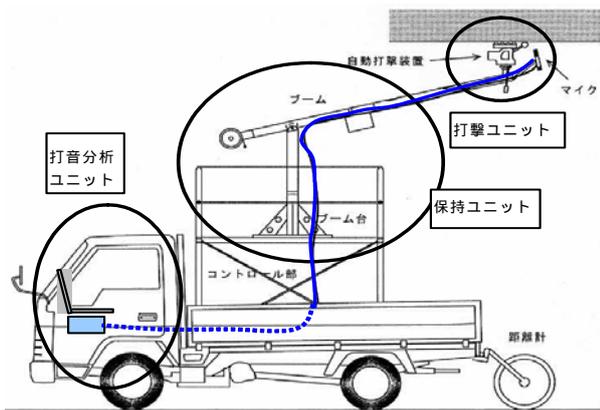


図-1 トンネル覆工自動打音調査システムの概要

## (2) システムの特長

前述の方針のもと、開発されたのが、図-1 に示す調査システムである。このシステムは、図中に示したように、打撃ユニット、解析ユニット、保持ユニットから構成される。このうち打撃ユニットでは、一定間隔・一定打撃力で覆工を打撃し、この打撃音をマイクロフォンで収録する。このデータは解析ユニットにおいて、瞬時に打音特性を示す音響エネルギー指数として解析され、その場で図-2 に示すようなグラフとして調査結果が出力される。

また、レーダー探査に使用されるアンテナ保持機構を適用することで、機動性のある調査を可能とした。

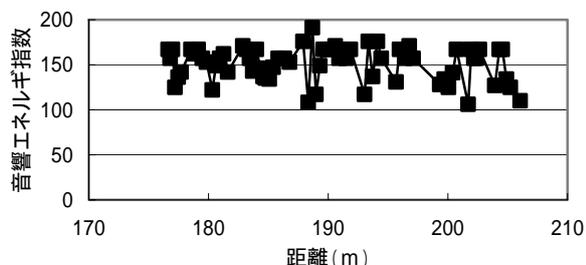


図-2 調査測線上の調査結果の表示

## 3. 調査結果の出力・活用方法

本システムによって得られたデータの活用方法を評価するために、実際のトンネルで得られたデータをもとに検討を行った。図-3 は天端および両肩部の合計3測線を設けて行った打音実験結果を平面図に加工し、目視調査による覆工表面のひび割れや目地を合わせて表示したものである。一方、図-4 は同一

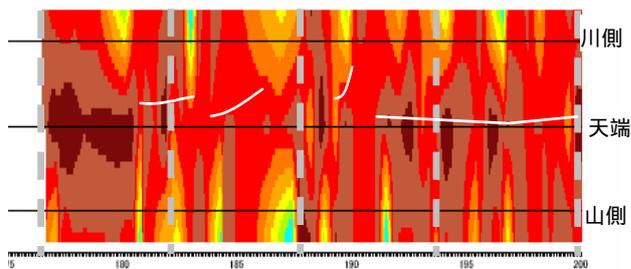


図-3 打音調査の平面展開図

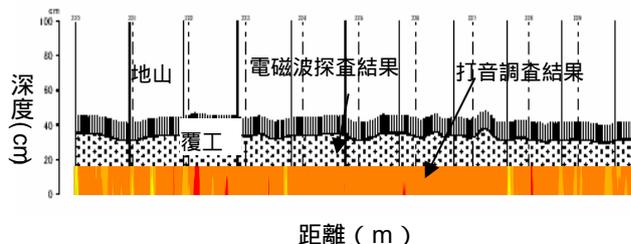


図-4 打音調査とレーダー探査結果による断面図

の測線上で自動打音調査とレーダー探査とを実施し、両調査結果を同一断面上に出力して、両者の関連性をわかりやすく示したものである。

これらの図に示したように、本システムによって得られた打音調査データは加工が容易であり、展開図や断面図として出力することも可能である。こうした出力結果は、表層の不具合と覆工巻厚や背面空洞の分布状況等との関連性を検討する上で有効な情報を提供し、単に覆工の不具合箇所の分布状況を把握するだけではなく、その発生原因の考察を行う上でも、その効果は大きいものと考えられる。

## 4. まとめ

以上示してきたように、本システムは打音調査を自動化すると同時に、レーダー探査との併用を容易にしたことで、覆工の健全性を迅速かつ総合的に評価することを可能としたものである。今後は、さまざまなトンネルにおいて調査を行い、打音調査とレーダー探査との組合せにより把握できる覆工の不具合の特徴についても検討を行っていく予定である。

- 参考文献
- 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, トンネル工学研究発表会論文・報告集, pp.343-348, 2003