

## 地下空間コンクリート構造物の延命化と非破壊試験法の開発

日本工営株式会社中央研究所 正会員 太田資郎  
日本工営株式会社中央研究所 正会員 金本康宏

はじめに

既設地下構造物の支保部材の変状・劣化状況を精度良く調査して、その都度、適切な補修・補強を実施することによってコンクリート構造物の延命化が可能になる。ここでは、トンネルの覆工の劣化状況を的確に把握するために重要なひび割れ、覆工厚および背面空洞高さを精度良く計測するトンネルレーザ計測システムとトンネルレーダ計測システムを紹介し、さらにレーダ法によるコンクリート強度推定法の研究について報告する。



写真-1 トンネルレーザ計測車

### 1. トンネルレーザ計測システムの開発<sup>1)</sup>

トンネルレーザ計測車を写真-1に示す。レーザ計測システムは覆工表面に発生しているひび割れ等の変状情報を、図-1に示すように、幅約1mmのレーザ光をトンネル全周方向に対し高速に回転し、さらに車両を前進させてレーザ光を螺旋状に走査させ、トンネル壁面を順次照らす。そして、トンネル壁面からの反射光量を受光センサで測定し、写真-2に示すような画像データとして覆工表面状況を精度良く短時間に計測する。

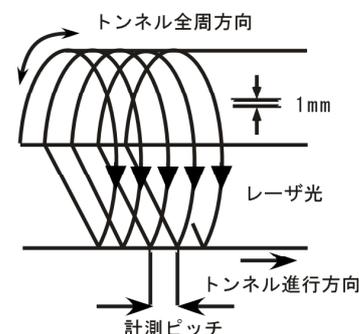


図-1 レーザ計測法の原理

### 2. トンネルレーダ計測システムの開発<sup>2)</sup>

写真-3は、レーザ計測車にレーダ計測装置を搭載したレーザ・レーダ計測車である。レーダ計測では、覆工の厚さと覆工背面の空洞高を測定する。本レーダ計測システムは、コンクリート中の電磁波の伝搬速度を精度良く測定するために、図-2に示すようにレーダ計測装置の送受信回路を改良し、電力分配器から電力合成器に直接至る基準波を導入した。

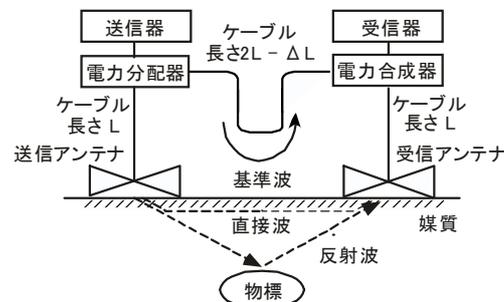


図-2 電磁波伝搬速度測定のための送受信回路

### 3. レーダ法によるコンクリート強度推定方法の開発<sup>3)</sup>

レーダ法によって、長大なトンネル等のコンクリート強度を連続的、定量的、短時間かつ非接触で計測する手法を開発している。これまでの研究によって、本方法が水路トンネルや地下構造物等コンクリートの体積水分率の大きな構造物に適用可能であることを明らかにした。

#### (1) 計測の原理

コンクリートの電気特性を表わす複素誘電率(実



写真-2 レーザ計測による画像データ



写真-3 レーザ・レーダ計測車

キーワード：非破壊試験法、地下空間、維持再生、レーザ法、レーダ法

連絡先：日本工営(株) 〒300-1259 茨城県稲敷郡荖崎町稲荷原 2304 Tel 0298-71-2030 Fax 0298-71-2022

数部と虚数部)、あるいは電磁波の伝搬特性(伝搬速度と減衰率)から強度を推定する。コンクリート中の電磁波の伝搬速度と減衰率の測定は図-2 に示した電波送受信回路系の改良によって可能になった。

(2) コンクリートの電気特性と圧縮強度の関係

円柱供試体(10cm×h20cm)を使用して、コンクリートの電気特性と一軸圧縮強度の関係を調査した。体積水分率15%以上のデータを使用して、コンクリートの電気特性を表わす複素誘電率と圧縮強度の関係を調査した。図-3、4 に、複素誘電率実数部(ε')および虚数部(ε'')と圧縮強度の関係を示した。圧縮強度と複素誘電率の間には正の相関関係が認められた。この関係から、コンクリート強度推定式(1)を提案した。

$$y \text{ (MPa)} = 14.2 \cdot \epsilon' + 11.1 \cdot \epsilon'' - 74.5 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、y : コンクリート強度(MPa)

(3) 電磁波の伝搬特性と圧縮強度の関係

供試体における基礎実験で、コンクリートの体積水分率が15%以上の条件において圧縮強度と複素誘電率の関係は線形であることを明らかにした。そこで水路トンネルと地下構造物を対象に適用試験を実施した。レーダ計測を実施した箇所と同一箇所においてコアボーリングを行い、一軸圧縮試験を実施した。実構造物のコンクリートにおいて求めた電磁波の伝搬速度と一軸圧縮強度の関係を図-5 に示した。伝搬速度と圧縮強度の間には負の相関関係が認められた。一方、電磁波の減衰特性と圧縮強度の関係には正の相関関係が見られたが、データがばらついた<sup>3)</sup>。

(4) 円柱供試体の基礎実験結果と実構造物での適用試験結果との比較

コンクリートの電気特性である複素誘電率(実数部・虚数部)を電磁波の伝搬速度に換算して図-6 に示した。また、図-5 に示した実構造物における電磁波伝搬速度と圧縮強度の関係を同図に示した。図-6 に示すように、供試体および実構造物のいずれにおいても伝搬速度と圧縮強度の間には負の相関関係が見られ、データのばらつきはコンクリートの体積水分率の増加とともに小さくなった。式(2) は、実構造物におけるコンクリート強度推定式として提案したものであるが、電磁波の減衰率の項は入れていない。

$$y = 62.1 - 6.8 \times 10^{-7} V \dots\dots\dots (2)$$

ここで、V : 電磁波のコンクリート中の伝搬速度(m/s)

(5) 今後の課題

実構造物におけるコンクリート強度推定式(2)への電磁波減衰率の項の導入は、実構造物でのデータの蓄積を図り、データのばらつきの要因を明らかにした上で実施する。

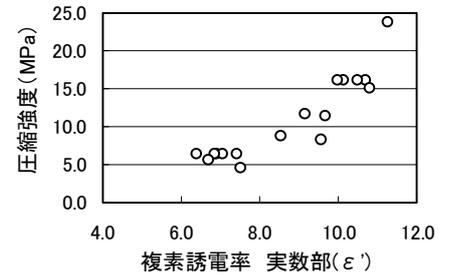


図-3 圧縮強度と複素誘電率実数部の関係

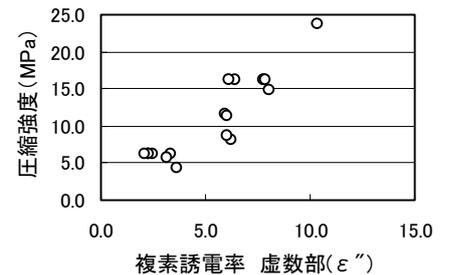


図-4 圧縮強度と複素誘電率虚数部の関係

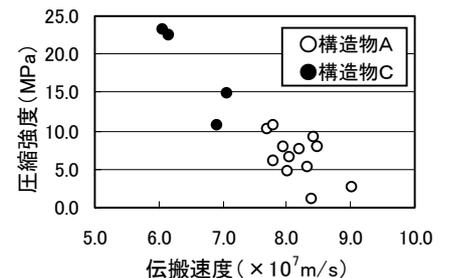


図-5 実構造物における電磁波の伝搬速度と圧縮強度の関係

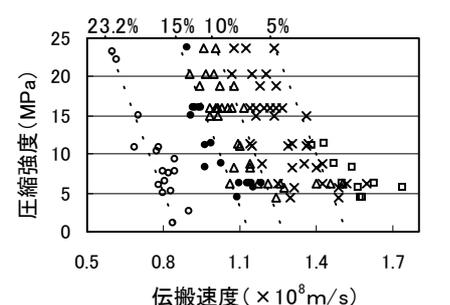


図-6 圧縮強度と電磁波伝搬速度の関係  
 体積水分率  
 実構造物 : 平均 23.2%  
 供試体 : 15%以上 : 10~15%  
 x : 5~10% : 5%以下

参考文献

- 1) 太田資郎：トンネルレーザ計測システムの開発、日本非破壊検査協会、鉄筋コンクリート構造物の計測と表面探傷シンポジウム講演論文集、2001.1
- 2) 太田資郎、吉田典明他：地中レーダにおける電磁波伝搬速度推定方法の研究、こうえいフォーラム第4号、1995.12(特許願、特願平7-186021号、1995.7)
- 3) 太田資郎、藤原鉄朗他：レーダ法によるコンクリート強度推定方法の研究、日本非破壊検査協会、平成12年度秋季大会講演概要集、2000.11