

VI-295

経年劣化した水路トンネル覆工コンクリートの強度推定方法の研究

日本工営株式会社中央研究所 正会員 吉田 保
 日本工営株式会社中央研究所 太田 資郎
 日本工営株式会社中央研究所 正会員 藤原 鉄朗
 日本工営株式会社中央研究所 正会員 松山 公年
 日本工営株式会社中央研究所 正会員 金本 康宏

1. 研究の背景

土木学会エネルギー土木委員会、設備診断・補強技術小委員会は既存の経年エネルギー土木施設のうち水路トンネルについて、維持管理の合理化による設備の有効利用と耐用年数の延伸による経済効果を計るとともに、過去の保守技術から取得した知見を活用し、共有化するために「水路トンネルの維持・管理支援エキスパートシステム」を構築した（昭和62年～平成5年度活動）。その後、本システムは電力会社で独自のシステムに改良され、進化を続けている。本システムは、①変状原因推定ルール、②補修・補強要否判定ルール、③補修・補強工法選定ルールから構成され、覆工厚や覆工背面空洞等が入力項目になっている。これらの中で、コンクリート強度は、重要な入力項目になっているが、ボーリングコアに対する一軸圧縮強度試験によるデータがある程度であり、長大なトンネルに対し点データであること、さらに、強度の低い部位ではボーリングコアが採取できないなどトンネルの健全度診断において課題になっている。

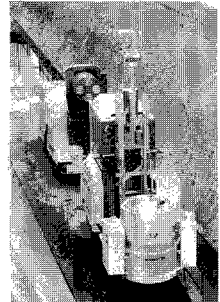


写真-1
水路トンネルレーザ・レーダ
計測システム

ここでは、当社が開発した「水路トンネルレーザ・レーダ計測システム」のうち、レーダ計測装置を利用して、覆工厚さや覆工背面空洞高を計測すると同時に、短時間・連続的かつ非破壊調査でコンクリート強度を推定するシステムの開発可能性の検討結果を報告する。

2. コンクリート強度推定方法の提案

以下の2項目を明らかにすることによりコンクリートの強度が推定可能であると考えた。

- ①コンクリート強度と空隙率（（空気量＋含水量）／体積）の関係調査
- ②レーダ計測により、コンクリートの空隙率を計測する技術の確立

レーダは電磁波を利用する計測手段であり、これによってコンクリートの電気特性が測定できる。電波が物質中を伝播する場合の特性は複素誘電率で表現される。電波はその物質固有の伝播速度で伝播し、物質固有の減衰率で減衰する。表-1にコンクリートの電気特性とその主要因を示す。即ち、提案した方法は、電波の伝播速度と電波の減衰率を測定して、コンクリートの含水率と空隙率を求める技術である。

表-1 コンクリートの電気特性とその主要因

電気特性	電波伝播速度	電波減衰率
対応する誘電率	ϵ' (実数部)	ϵ'' (虚数部)
測定方法	直接波法(特許出願中)	新たな手法が必要
主要因	含水率	空隙率((空気量+含水量)/体積)、塩分、骨材率

3. 実験方法

(1) 空隙量が異なるコンクリート供試体の作成

覆工コンクリートが貧配合で施工されたり、厳しい使用環境（流水や湧水）で長期に供用された場合、マイクロクラックの蓄積やセメント分の溶出などによりコンクリートが多孔質化する（空隙量が増加する）こ

表-2 コンクリートの配合条件

項 目	配 合 条 件
粗骨材の最大寸法	20mm (碎石)
所要強度	150, 180, 210kg/cm ² (空気量5%を基準とする)
所要スランプ	10±2cm
所要空気量	5±1, 10±1, 15±1, 20±1%

キーワード：レーダ計測、コンクリート、強度推定、トンネル

連絡先：〒300-1245 茨城県稲敷郡茅崎町高崎 2304 Tel 0298-71-2030 Fax 0298-71-2022

とが考えられる。このような長期劣化コンクリート再現するために表-2に示す配合条件でコンクリート供試体（ $\phi 10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ ）を作成した。

（2）空隙量と強度の関係

作成したコンクリート供試体について一軸圧縮試験を実施し、空隙量と強度の関係を調査した。

（3）レーダ計測により、コンクリートの含水率と空隙率を計測する技術の確立

写真-2に示すようにコンクリートの供試体の電気特性を測定するための基礎実験用システムを作成し、ホーン型接続治具の中へ、供試体を挿入して計測を実施した。

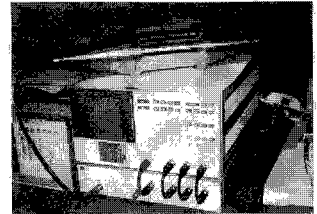


写真-2
複素誘電率測定用治具とネットワークアナライザ

4. 実験結果と考察

（1）空隙率と強度の関係

図-1に作成した供試体を使用した場合のコンクリートの空隙率と圧縮強度の関係を示す。

コンクリート強度は、空隙率の増加に伴い線形的に低下する傾向がみられた。また、空隙率の増加に伴いセメント量の強度に対する影響が小さくなることが明らかになった。

（2）コンクリートの電気特性と強度の関係

図-2は基礎実験によって求めたコンクリートの比誘電率（実数部、虚数部）から、コンクリート強度を予測したものである。湿潤から絶乾までの水分条件について調査しているが、水路トンネルへの適用を目的として含

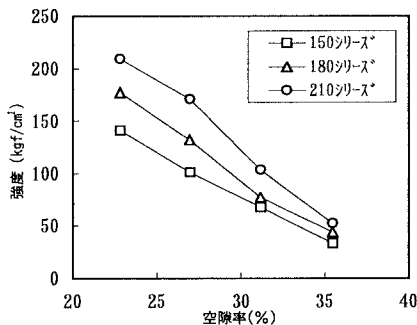


図-1 空隙率と圧縮強度の関係
（製作供試体による）

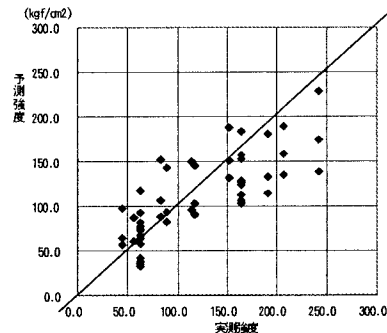


図-2 レーダ法によるコンクリート強度の予測
（含水率5%以上のデータで計算）

水率5%以上のデータを抽出して作成したものである。

コンクリート強度推定式は、基礎実験によって次式のように求められた。

$$y \text{ (コンクリート強度 } \text{kgf/cm}^2) = 4.9 x_1 \text{ (実数部)} + 16.6 x_2 \text{ (虚数部)} + 9.6$$

5. まとめ

今後以下のような開発・調査を実施し、課題を解決することにより、水路トンネルのコンクリート強度をある程度の精度で非破壊、短時間かつ連続的に調査が可能になると考えられる。

- ①実トンネルにおいて、コンクリートの比誘電率を計測するレーダ計測システムの開発
- ②実トンネルにおいて、コア抜きしたコンクリート試料による空隙率と圧縮強度に関するデータの蓄積

【参考文献】

- 1) 太田資郎他、水路トンネルの維持・管理支援エキスパートシステム、電力土木 No.259 1995.9
- 2) 太田資郎他、地中レーダにおける電波伝播速度推定方法の研究、こうえいフォーラム No.4 1995