

日本工営(株) 中央研究所 正会員 ○ 金本康宏
 日本工営(株) 中央研究所 正会員 太田資郎
 日本工営(株) 中央研究所 正会員 藤原鉄朗
 日本工営(株) 中央研究所 正会員 松山公年

1. はじめに

老朽化したコンクリート構造物の維持管理において、コンクリート強度は補修の検討材料となる。また、トンネルや橋梁など長大な土木構造物の調査では、迅速に広範囲を調査できる手法が望まれている。

筆者らは、平成 9 年から非破壊検査で連続的にコンクリート強度が調査できる方法の開発を目的として、レーダ法を用いたコンクリート強度推定法の研究を実施してきた^{1) 2)}。

本報告では、平成 11 年に実施した実験結果を踏まえ、本手法の適用性を検討する。

2. コンクリート強度推定法

電気特性とこれらに影響を与える要因について、表-1 にまとめた。電気特性に影響を与える要因のうち、空隙率（有効空隙率）や骨材率などは、一般的にコンクリート強度にも影響を与えられている。また、クラックが多く内在する強度の小さいコンクリートは、湿潤な環境下では水分を吸収しやすいため、体積水分率が大きくなる。即ち、電気特性と強度の間に相関関係が認められる場合、回帰分析から強度が推定できると考えられる。

この仮定を検証するため、平成 9 年に室内基礎実験を実施した^{1) 2)}（図-1、図-2）。本実験において回帰分析により得られたコンクリートの強度を推定する式は以下となった。

$$y = -5.96 + 1.10 x_1 + 1.36 x_2 \quad y: \text{推定強度 (MPa)}$$

$$x_1: \varepsilon' \text{ 複素誘電率実数部} \quad x_2: \varepsilon'' \text{ 複素誘電率虚数部}$$

また、本実験では約 $\pm 2.5\text{MPa}$ の誤差で強度が推定できた（図-3）。

3. 実構造物における検証試験（1）

平成 10 年に実構造物（構造物 A）に対する本手法の適用性を検証した²⁾。検証では、レーダ計測による電気特性値（電波の伝播速度と減衰相対比²⁾）の把握とレーダ計測位置から採取したコンクリートコアの圧縮強度の関係から、コンクリート強度の推定を実施した。

この結果、室内基礎実験と同様の良好な結果が得られた。ただし、採取したコンクリートの強度が 10MPa 以下であったため、10MPa 以上の強度を有する実構造物のコンクリートに対する検証が課題となった。

表-1 電気特性

電気特性	伝播速度	減衰相対比
対応する 複素誘電率	ε' (実数部)	ε'' (虚数部)
電気特性に 影響を与える要因	水分・空隙・骨材・塩分	

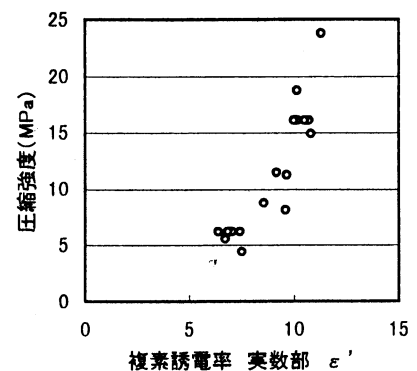


図-1 ε' と圧縮強度

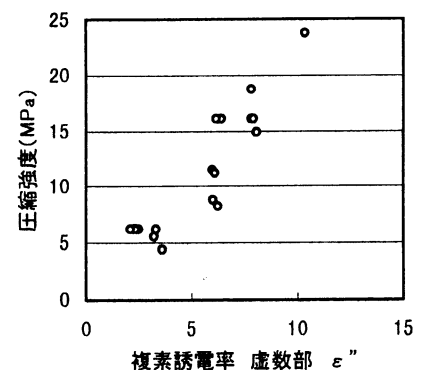


図-2 ε'' と圧縮強度

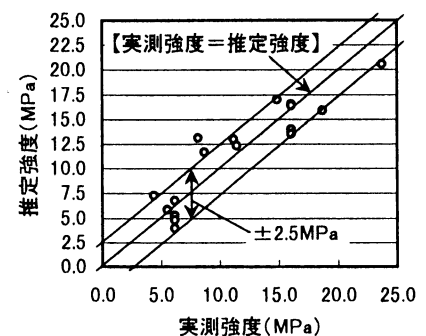


図-3 実測強度と推定強度

キーワード：レーダ法、コンクリート強度推定、非破壊試験

〒300-1259 茨城県稲敷郡茎崎町稲荷原 2304 TEL 0298-71-2030 FAX 0298-71-2022

4. 実構造物における検証試験（２）

平成 11 年に実施した構造物 B に対する検証試験で、コンクリート強度 10MPa 以上のデータが得られた。よって、平成 10 年の結果と併せて本手法の適用性に関する検証を行った。

図－４に電波伝播速度と圧縮強度の関係を示す。実構造物においても、複素誘電率実数部 ϵ' に対応する電波の伝播速度と強度の間に負の相関関係が認められる。一方、図－５に電波の減衰相対比（電波の減衰特性を示す値）と圧縮強度の関係を示す。減衰相対比は複素誘電率虚数部 ϵ'' に対応する。室内基礎実験において ϵ'' と強度の間には相関関係が認められていることから（図－２）、同様に減衰相対比と強度の間にも相関関係が成り立つと予想された。しかし、図－５からこれらの関係において相関性がないことがわかる。

4. 実構造物のコンクリート強度推定の検討

室内基礎実験では、２つの電気特性値と強度の間にそれぞれ相関関係が認められた。よって、強度推定のための回帰分析に、この２つの特性値を用いることができた。しかし、実構造物では伝播速度と強度の間には相関関係が成り立つものの、減衰相対比と強度の間には相関関係が成り立たっていない。

そこで相関関係が見受けられる伝播速度と強度の関係から強度推定のための回帰分析を行った。本検証において回帰分析により得られたコンクリートの強度を推定する式は以下となった。

$$y = 62.1 - 6.76 \times 10^{-1} x$$

y：推定強度（MPa） x：伝播速度（m/s）

推定結果を図－６に示す。実測強度と推定強度の誤差は約±2.5MPaとなった。

5. まとめ

実構造物のコンクリートで圧縮強度と相関性が認められた電気特性は、電波伝播速度であった。また、この値により回帰分析からコンクリート強度を推定することができた。実測強度と推定強度の差は、約±2.5MPaであった。

以下に今後の課題をまとめる。

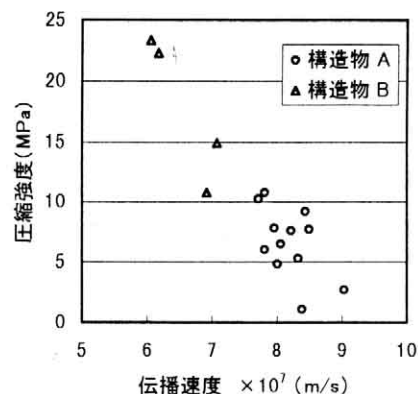
- ・推定精度と適用性の向上に関する検討とデータの蓄積
- ・減衰相対比に影響を与える要因の把握

[参考文献]

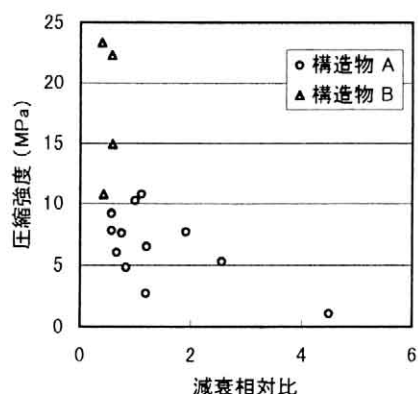
- 1) 太田資郎他：「経年劣化した水路トンネル覆工コンクリートの強度推定法の研究」土木学会年次学術講演会概要集 1998.10
- 2) 金本康宏他：「レーダ法によるコンクリート強度推定法に関する研究」構造物の診断に関するシンポジウム講演論文集 1999.8



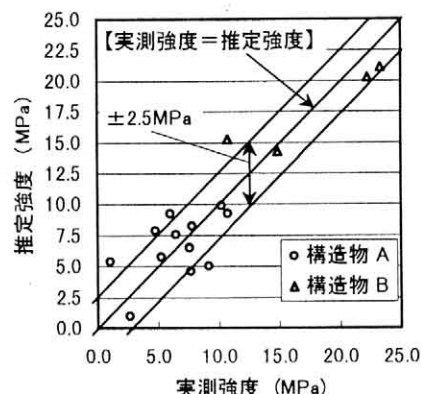
写真－１ レーダ計測状況



図－４ 伝播速度と圧縮強度



図－５ 減衰相対比と圧縮強度



図－６ 実測強度と推定強度