

コンクリート内部の含水状態が鉄筋探索精度に与える影響

芝浦工業大学 学生会員 ○大沼 拓也

芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. 背景と目的

鉄筋探索方法の一つである電磁波レーダー法の探索精度はコンクリートの比誘電率に依存しており、この比誘電率はコンクリートの含水状態や水セメント比、粗骨材量などが影響していると考えられている。現在、比誘電率の評価には鉄筋径法や双曲線法などが使われているが、かぶり厚が大きい場合や乾湿状態によって探索精度が低下すると報告されている。そこで本研究では、特にコンクリート内部の含水状態が比誘電率分布にどのような影響を与えるのか明らかにするために、コンクリート内部の比抵抗値と比誘電率の関係を明らかにした。さらに含水状態を考慮した比誘電率分布から評価したかぶり厚さの精度検証を行った。

2. 実験概要

2. 1 試験体概要と測定方法

比誘電率に与える含水状態の影響を把握するため、300×300×厚さ 100mm の標準試験体（無筋コンクリート板）を製作し、標準試験体の乾燥過程における比誘電率の変化を計測した。またかぶり厚さ検証用試験体（600×600×厚さ 300mm）には、D19 の鉄筋を表面から 100mm の位置にクロスさせて配置した。なお標準試験体には、比抵抗計測用（4 電極法）に表面から 20, 50, 80mm の深さ位置に、かぶり厚さ検証用試験体には表面から 50mm ごとに 200mm まで電極を埋設した。かぶり深さの解析には（独）土木研究所が公表している「電磁波レーダー法による比誘電率分布（鉄筋径を用いる方法）とかぶりの求め方」の解析プログラムを用いて行った。なお図 1 に鉄筋径法で仮定される比誘電率分布について示す。ここで、 ϵ は比誘電率、 x はコンクリート表面から深さ方向の距離（mm）、 a 、 b 、 c はそれぞれ解析パラメーターで、 a は $x=0$ のときの接線の傾き、 b は $x=0$ のとき（コンクリート表面）の比誘電率、 c は $x=\infty$ のときの比誘電率である。

2. 2 比抵抗から比誘電率分布を求める手法

図 2 には標準試験体によって評価された比抵抗値と比誘電率の関係を示す。比誘電率は電磁波レーダーで

計測された標準試験体の版厚から逆算して求めた。

なお比抵抗値は 3 か所計測した値の平均値である。また図中には近似曲線を示すが、この近似曲線によってかぶり厚さ検証用試験体内部の比誘電率分布を評価することにする。ただし本研究においては鉄筋径法でかぶり厚さを評価するため、比抵抗値から求めたコンクリート内部の比誘電率分布からパラメーター a 、 b 、 c を算出する必要がある。そこで図 3 に一例を示すが、 a については 50mm と 100mm 位置の比誘電率から傾きを、 b は 50mm から 150mm 位置までの比誘電率を線形近似した際の y 切片を、 c は 150mm と 200mm 位置での比誘電率の平均を使用した。

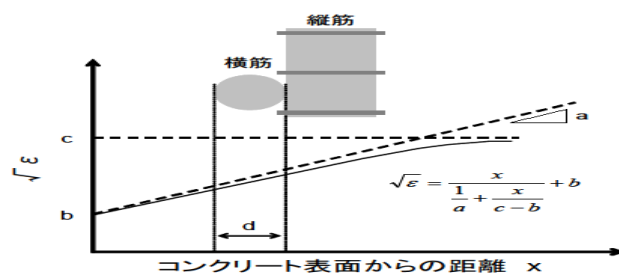
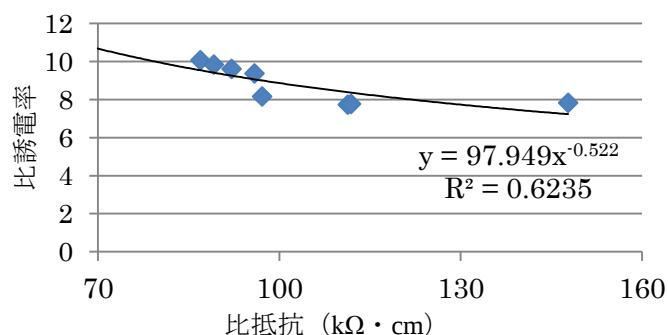
図 1 比誘電率分布の仮定¹⁾

図 2 比抵抗と比誘電率の関係

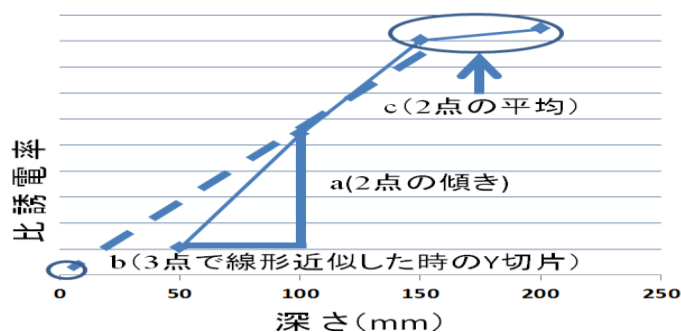


図 3 a, b, c の推定方法

キーワード 電磁波レーダー法、比誘電率分布、鉄筋探索、比誘電率、鉄筋径法

連絡先〒135-8548 芝浦工業大学 東京都江東区豊洲3-7-5 TEL 03-5859-8359 E-mail h09019@shibaura-it.ac.jp

3. 結果と考察

図 4 には標準試験体で計測された比抵抗値から求めた含水率（式（1）参照）と比誘電率の関係を示す。図より含水率が高いほど、比誘電率が高いことが分かる。

$$\frac{\text{水分変化量}}{\text{満水時重量}-\text{絶乾時重量}} \times 100 = \text{含水率}(\%) \quad (1)$$

そこで、かぶり厚さ検証用試験体で比抵抗値から評価されたコンクリート内部の比誘電率分布を図 5 に示す。なお図中の湿潤とは湿布養生終了直後に、乾燥とは 35 日間室内放置後に計測された抵抗値によって評価されたものである。図より、標準試験体と同様、湿潤状態の比誘電率が高いことが分かる。なお、乾燥の影響を受ける深さ位置は明確に判別することができないが、両者とも深さ 100mm 以降比誘電率が一定になるような傾向にある。

次に図 6 にはかぶり厚さ検証用試験体（乾燥）における比誘電率分布を示す。図より、比抵抗値から求めた比誘電率と 2. 2 節で記述した方法で算出した a, b, c のパラメーターから求めた比誘電率分布（破線）はほぼ一致すること、また鉄筋径法で仮定された比誘電率分布（実線）は大きく異なることが分かる。

そこで図 7 には、図 6 に示した両者の比誘電率分布から求めたかぶり厚さの誤差を示した。鉄筋径法で仮定された比誘電率分布を使用した場合の誤差は 0~15mm 程度と大きくばらつくのに対し、比抵抗から求めた比誘電率分布を使用した場合のかぶり厚さは 5mm 以内に収まることが分かった。

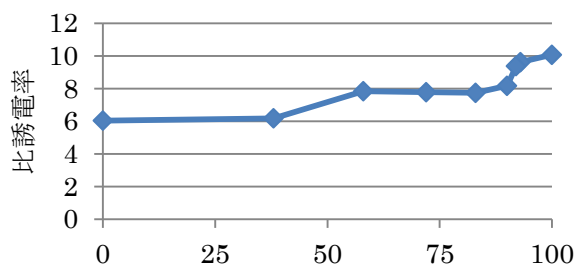


図4 比誘電率と含水率の関係

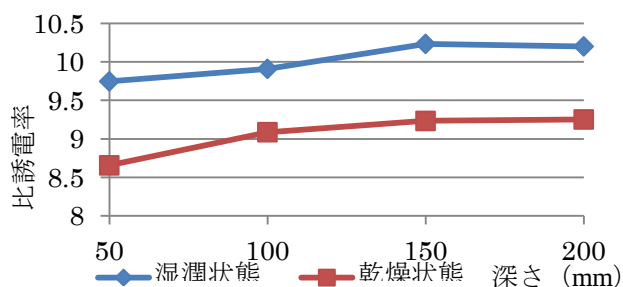


図5 乾湿での比誘電率の違い

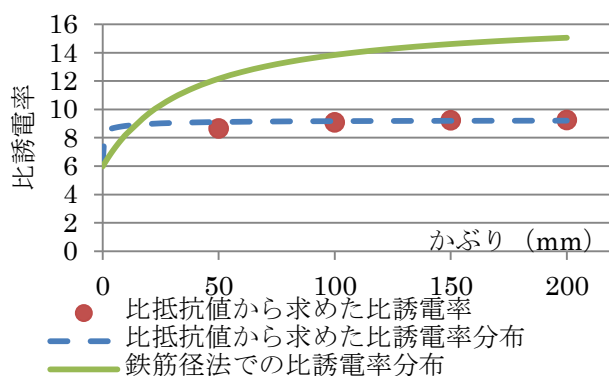


図6 各比誘電率分布について

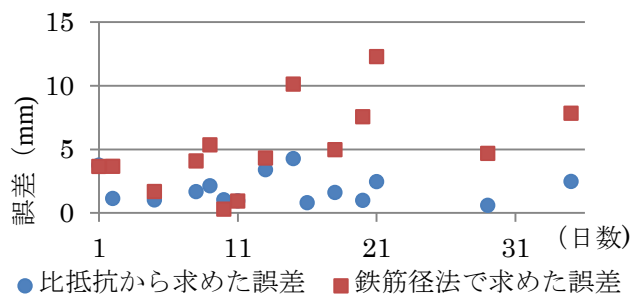


図7 各手法でのかぶりの誤差

4. まとめ

本研究の結果、比誘電率は含水状態の影響を受け変化するが、比較的乾燥していた場合でも、表面から 100mm 以降はほぼ一定になることが分かった。これは、乾燥による含水状態の影響が、100mm 程度であったことに起因するものと考えられる。なお土木研究所で提案されている鉄筋径法は、対象構造物に埋設された 2 本のクロス鉄筋を利用して比誘電率分布が仮定されているため、対象構造物の材料的特性を踏まえた比誘電率分布になっている可能性が高い。しかし本研究で評価した比誘電率分布とは異なること、また標準試験体を用いて評価した比誘電率分布を用いた方がかぶり厚さの測定精度が安定していることから、精度確保のためには、微破壊を伴う検証がある程度必要であると考ええる。

謝辞

本研究は、平成 22 年度文部科学省科学研究費（B）22360174（研究代表者：魚本健人）による支援を受け、実施したことを付記する。

参考文献

- 1) 日本非破壊検査協会・土木研究所：非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の検査・点検マニュアル 2010. 8