

電磁波レーダ法で用いられる鉄筋径法の比誘電率分布補正に関する基礎的研究

芝浦工業大学 学生会員 ○山崎 悟
芝浦工業大学 森田 晶平
芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. 背景と目的

鉄筋探査手法の一つである電磁波レーダ法の探査精度は、かぶりコンクリートの比誘電率に大きく依存するが、この比誘電率は、コンクリートの粗骨材量、水セメント比、あるいは含水率等の影響を受けると考えられている。現在、かぶりコンクリートの比誘電率評価については、鉄筋径法や双曲線法などが提案されており、一般的に使用されている。しかし、かぶりが大きい場合や湿潤環境下において鉄筋探査精度が低下する問題が生じている。そこで本研究では、電磁波レーダの測定誤差を再確認するとともに、鉄筋径法における比誘電率分布の補正を行うことで鉄筋探査精度を向上させる方法について検討した。

2. 実験概要

実験で使用した供試体のかぶりは 50mm, 75mm, 80.9mm, 100mm とし、アンテナ周波数 1600MHz を有する電磁波レーダにより計測を行った。また計測に際しては、比誘電率がコンクリート内部の含水率に影響を受けることから表面水分計によりコンクリートの含水率も測定した。なお計測データの整理には、(独)土木研究所が公表している「電磁波レーダ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。

3. 比誘電率とかぶりの求め方の修正について

3. 1 比誘電率とは

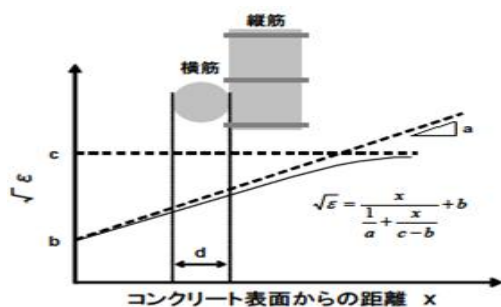


図1 比誘電率の分布図¹⁾

図1に鉄筋径法における比誘電率分布の考え方に

ついて示すが、比誘電率とは真空の誘電率を基準として物質の誘電率との比を表したものであり、コンクリート表面の比誘電率および内部の比誘電率分布は、コンクリート内部の物性や含水率などに影響を受けて変化する。

3. 2 かぶりの求め方の修正方法

鉄筋径法におけるかぶりの求め方は、まず式(1)に示すような比誘電率分布を仮定する。

$$\sqrt{\epsilon} = \frac{x}{\frac{1}{a} + \frac{x}{c-b}} + b \quad (1)$$

ここで、

ϵ : 比誘電率

x : コンクリート表面から深さ方向の距離 (mm)

a, b, c : パラメータ (解析プログラムより既知)

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。

まず、電磁波伝搬時間とかぶり厚さの関係式(2)に、式(1)を代入して式(3)を得るが、式(3)に計測値を代入し回帰することにより a, b, c を求める。求められた a, b, c を式(3)に代入して両辺が一致するまで繰り返し計算することにかぶりを推定する。

$$\frac{CT}{2} = \int \sqrt{\epsilon} dx \quad (2)$$

$$\frac{CT}{2} = cx - \frac{(b-c)^2}{a} \ln(ax - b + c) \quad (3)$$

鉄筋径法ではコンクリート内部の比誘電率分布を(1)のように仮定しており、コンクリート内部の含水状態が考慮されていない。コンクリート内部の含水状態は表面から 50mm 程度まで乾湿の影響を受けると言われており²⁾、含水状態を考慮した比誘電率分布の補正を行う必要があると考えられる。

そこで本研究では、コンクリート内部の含水状態によ

って比誘電率分布の傾きが影響を受けると考え、式(1)のaの値のみに着目し、図2に示すような比誘電率分布の補正を行った。

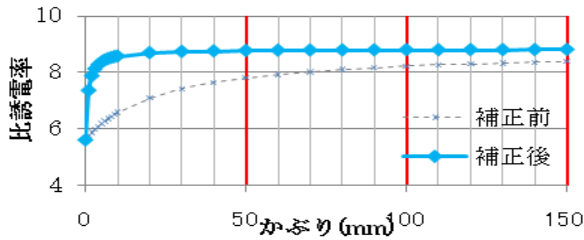


図2 補正後と補正前の比誘電率分布

なお補正方法の検討は、計測データすべてに対して鉄筋かぶり誤差が0になるようなaを逆算して、式(4)示す関係に整理することで行った。

$$a = \frac{c - b}{A} \quad (4)$$

4. 解析結果

図3に式(4)中のパラメータAと表面水分計の値との関係を示す。パラメータAは、測定データの誤差を式(4)を用いて0にする時の値であり、乾燥の影響が少なければ比誘電率に与える含水率の影響が小さく、Aの値が小さくなることになる(比誘電率が表面から近いところで一定となる)。図より、表面水分計の値が小さくなるとAの値が大きくなるものの、明確な差は確認することができなかった。次に、図4にc-bとAの関係について整理したものを示す。なお図中には回帰式も併せて示すが、両者には比較的良好な相関性があることが分かる。「c-b」はコンクリート内部で一定となる比誘電率cと表面の比誘電率bとの差になるが、この値が大きくなるとAの値が小さくなり、比誘電率が比較的表面に近いところで一定となることになる。なお図5には、図4に示す回帰式と式(4)で求められたaの値を用いて補正したかぶり深さと補正前のものを示す。また表1には標準誤差から求めた精度指数を示しており、補正前では±10mmの精度であったが、補正後では±5mm以内の精度で評価できることが分かった。

5. まとめ

本研究では、鉄筋径法で仮定している比誘電率分布の補正方法について提案した。表面水分計による含水率と比誘電率分布式におけるaとの関連性については明確にできなかったものの、aが「c-b」に影響を受けることが分かった。解析される「c-b」を用いてaの値

を補正すればかぶり誤差を±5mm以内に収めることができるが、なぜ「c-b」が影響するかは物理的根拠を明確にする追加実験の必要性がある。

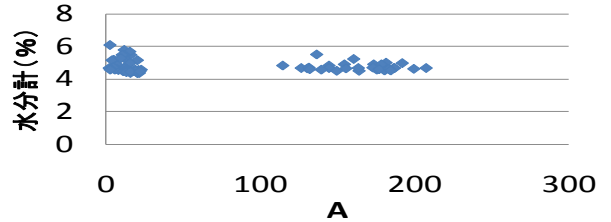


図3 水分計とパラメータA

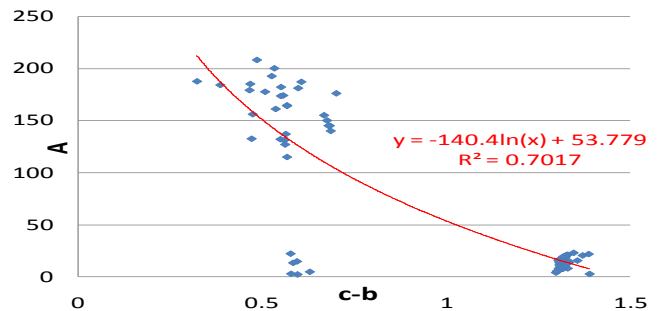


図4 パラメータAとc-bの相関式

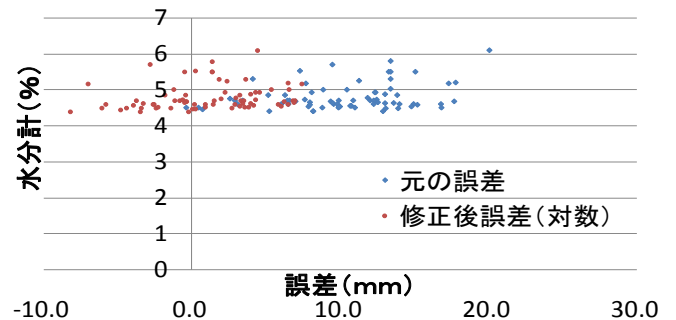


図5 修正前と修正後の誤差の比較

表1

		修正前	修正後	±5mm	±10mm
標準誤差	σ	11.147	3.884	5.035	10.069
精度指数	h	0.063	0.182	0.140	0.070

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) 土木研究所:電磁波レーダ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
- (2) 上田 洋:水の動きからみたコンクリート構造物のメンテナンス
- (3) 土木研究所, 日本非破壊検査協会: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