

第V部門

二電極法に基づくセル定数を用いたモルタルの電気抵抗率の算出式の検討

大阪大学工学部 学生会員 ○渡邊 雅大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 眞下 裕也
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部 晋一

1. はじめに

本研究では、モルタルおよび電極を模擬した解析モデルを用いた 3 次元有限要素法による電場解析を行うことで、二電極法における測定条件とセル定数との関係について検討を行った。加えて、二電極法によるモルタルの電気抵抗率の算出式に関して検討を行った。

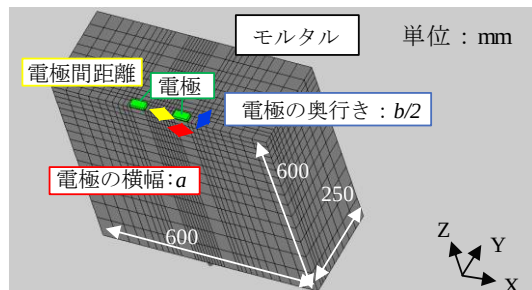


図-1 解析モデル

2. 電場解析の概要

2.1 解析モデル

本研究では、電場解析ソフトウェア (VOLT-j ω) を用いることで、セル定数を算出した。解析モデルを図-1に示す。モルタル部および電極部は、Y 軸方向の 2 分の 1 のモデルとして解析を行い、モルタル部の寸法は、600mm (X 軸方向) × 250mm (Y 軸方向) × 600mm (Z 軸方向) とした。電極部の寸法は、高さを 10mm とし、横幅および奥行きは表-1 の通りにし、計 12 水準とした。電極の内側端部間の距離 (以下、電極間距離) は 4, 10, 20, 40, 60 および 80mm の 6 水準とした。節点電位は、一方の電極上端の節点を 30V、もう一方の電極上端の節点を 0V とし、周波数は 73.3Hz とした。モルタル部の物性値は、比誘電率を 1.6×10^5 、電気抵抗率を $27.7\Omega \cdot \text{m}$ とした。また、電極部の物性値は、比誘電率を 1.0、電気抵抗率を $7.14 \times 10^{-7}\Omega \cdot \text{m}$ とした。

2.2 二電極法におけるセル定数の算出方法

電気抵抗率は、セル定数を用いると、式(1)で表される。

$$k = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{V}{I} \quad (1)$$

ここで、 k : 解析で求めたセル定数(1/m), ρ : モルタル部の電気抵抗率($\Omega \cdot \text{m}$), V : 電極表面上の節点電位, I : 解析で得られた電流値を 2 倍した値(A)である。

3. 電場解析の結果および考察

3.1 電極寸法とセル定数との関係

電極間距離が 80mm の場合に着目し、電極の横幅 a と

表-1 電極寸法

		電極の横幅 $a(\text{mm})$			
電極の 奥行き $b/2(\text{mm})$		10	20	30	40
	5	×	×	○	○
	10	×	×	○	○
	15	○	○	○	○
	20	○	○	○	○

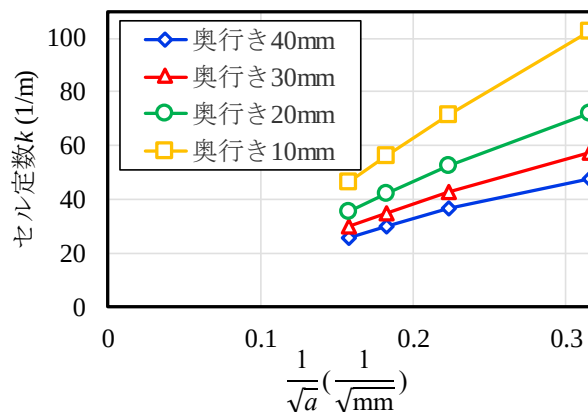


図-2 電極の横幅とセル定数との関係

セル定数との関係を図-2 に示す。図より、セル定数 k は、式(2)で直線近似することとする。

$$k = \frac{C_a}{\sqrt{a}} \quad (2)$$

ここで、 C_a : 係数, a : 電極の横幅(m)である。

また、電極の奥行きとセル定数との関係も同様の傾向が得られたため、セル定数 k は式(3)で直線近似すること

とする.

$$k = \frac{C_b}{\sqrt{b}} \quad (3)$$

ここで, C_b : 係数, b : 電極の奥行き(m)である.

加えて, 式(2), 式(3)および係数 C を用いると, セル定数 k は式(4)で表される.

$$k = \frac{C}{\sqrt{ab}} \quad (4)$$

3.2 二電極法における電気抵抗率の算出式の検討

電場解析により算出したセル定数 k_{FEM} を用いると係数 C は, 式(5)で表される.

$$C = k_{FEM} \cdot \sqrt{ab} \quad (5)$$

その結果より, 係数 C は電極間距離ごとに近い値をとることがわかった. このため, 係数 C は, 電極間距離ごとに, 12 水準の電極寸法におけるセル定数の平均値とし, 式(6)より導出した.

$$C = \frac{1}{n} \sum (k_{FEM} \cdot \sqrt{ab}) \quad (6)$$

ここで, k_{FEM} : 解析により算出したセル定数, $n(=12)$: 各電極間距離における電極寸法の水準の数である. 式(6)より得られた係数 C を表-2 に示す.

続いて, 係数 C を式(4)に代入したセル定数を補正前の算出式におけるセル定数 k_c とし, 式(7)で表す.

$$k_c = \frac{C}{\sqrt{ab}} \quad (7)$$

ここで, 解析により算出されたセル定数と, 算出式におけるセル定数との比を, セル定数の比と定義する. セル定数の比が 1 に近いほど, 算出式の精度は良いといえるが, 電極間距離が 40mm 未満の場合, 解析によるセル定数 k_{FEM} と補正前の算出式におけるセル定数を k_c とした場合との比は 1 から乖離することがわかった.

そこで, 解析により算出されたセル定数と, 算出式におけるセル定数との差異を補正するため, 式(8)で示す補正值 N を導入した.

$$N = \frac{1}{3} \sum \frac{k_{FEM}}{k_c} \quad (8)$$

補正值 N の値は, 各電極寸法において, 電極間距離が 4mm, 10mm, 20mm の場合の平均値としている. ここで, 電極の縦横比(a/b)に着目し, 補正值 N と電極の縦横比との関係を図-3 に示す. この図から, 電極の縦横比が大きくなるほど, 補正值 N は大きくなる傾向があることがわかる. また, この図において, 補正值 N を値の大きさごとに 4 つに分類し, 分類したグループごとの平

表-2 係数 C の値

電極間距離 (mm)	4	10	20	40	60	80
係数 C	0.68	0.78	0.87	0.95	0.99	1.01

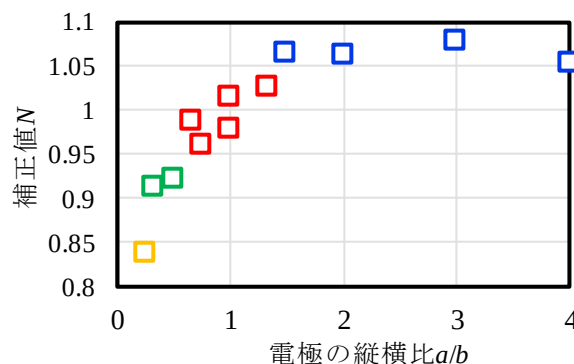


図-3 電極の縦横比と補正值 N との関係

表-3 補正值 N の値

	電極の縦横比(b/a)			
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$	$\frac{2}{3} \sim \frac{4}{3}$	$\frac{3}{2} \sim 1$
$4 \leq L < 40$	$N=0.84$	$N=0.92$	$N=1.00$	$N=1.07$
$40 \leq L \leq 80$	$N=1.00$			

均値をとる. これにより得られた補正值 N を表-3 に示す. ここで, 補正值 N と係数 C を用いて得られたセル定数を, 補正後の算出式におけるセル定数 k_c とし, 式(9)で表す.

$$k_c = \frac{CN}{\sqrt{ab}} \quad (9)$$

今回検討した範囲において, 補正後の算出式におけるセル定数と解析で求めたセル定数との差異は $\pm 10\%$ 未満となった. 最後に, 式(9)を式(1)に代入すると, 電気抵抗率 ρ は式(10)で表すことができることから, この式を本研究の条件下での二電極法における電気抵抗率の算出式として提案した.

$$\rho = \frac{\sqrt{ab}}{CN} \cdot \frac{V}{I} \quad (10)$$

4. まとめ

本研究の条件下で得られた結論を以下にまとめる.

- (1) 二電極法において, セル定数 k は電極寸法および係数 C を用いて, 式(4)で表すことができる.
- (2) 二電極法における電気抵抗率の算出式を提案した.