## 表層コンクリートの乾燥が ERT の表面電位に与える影響

愛媛大学大学院 学生会員 〇立松佳祐

愛媛大学大学院 正会員 河合慶有 愛媛大学大学院 正会員 氏家 勲

### 1. はじめに

近年,予防保全型の維持管理サイクルを通じて鉄筋コンクリート(RC)構造物の長寿命化を図ることが極め て重要な課題となっている.RC構造物を対象とした非破壊試験として,電気抵抗率を測定する4プローブ法や 電気抵抗トモグラフィ(以下,ERTと称す)などが提案されている.このうちERTとは,測定対象物の周囲に 等間隔に配置された複数の電極を介して交流の電流を印加し,隣り合った2本の電極の対象物表面の電位差分 布を用いて逆解析を行うことで,供試体内部の電気抵抗率の分布を可視化する方法である<sup>1)</sup>.また,コンクリ ートの性能を対象とした電気抵抗率による評価は,基本的に飽和状態における測定値に基づいて実施されてい る.したがって,4プローブ法やERTを実構造物に適用する際には,部材表面の水分飽和度や骨材分布に起因 する不均質さによって生じる測定電位のばらつきを考慮する必要がある.そこで,本研究では表層コンクリー トの乾燥がERTの表面電位に与える影響を把握するため,実験的・解析的検討を行った.

### 2. 実験概要

## (1) 供試体概要

本研究では水セメント比 55%のモルタル円柱供試体を作製した.セメントには早強ポルトランドセメント(密度 3.14g/cm<sup>3</sup>),また細骨材には砂岩砕砂(表乾密度 2.61 g/cm<sup>3</sup>,吸水率 1.06%,粗粒率 2.92)を使用した.ステンレス電極(Øl.5mm)は供試体底面から 50mm の位置に 22.5°の間隔で 16 本配置した.なお,接合部には導電性エポキシ樹脂を使用した.図1に供試体の模式図を示す.

## (2) 浸せき方法及び測定のフロー

供試体底面から 50mm を 24 時間浸せきして飽和させた後,供試体を 取り出し,供試体重量の測定及び電位差測定を行った.その後は 3~5 gの重量減少を確認したのち,ERT に用いる電位差測定を行った.測定 パターンは,交流電流(30V,100Hz)の印加パターン 16 通り×電位差 の測定パターン 16 通りの合計 256 通りである.また,供試体の水分飽 和度は別途測定した空隙率に基づき算出した.

#### 3. 実験結果及び考察

各水分飽和度における測定電位の結果を図2に示す.また,Robertの 研究<sup>1)</sup>を参考にして,Archieの式に基づく水分飽和度と比抵抗の反比例 の関係を同図に示す.図より水分飽和度が100%に近いときと比較して, 水分飽和度が低くなるに従い測定電位のばらつきが大きくなっている ことが認められる.また,水分飽和度が70%以下になると測定電位の分 布(平均値・ばらつき)がほぼ同程度の結果となっている.これらの結 果から,供試体表層の乾燥が測定電位のばらつきに与える影響を検討す るために,表層部分の導電率分布を変化させた際の供試体表面の電位分 布について解析的検討を行った.

#### 4. 解析概要

解析的検討では eidors ver.3.10<sup>2)</sup>を使用して図3に示すような単位円モ デルの周囲に配置された 16 本の電極を対象として,隣り合う電極に電 流 1mA を印加した際の各電極間の電位差を FEM により計算した.本検



図2 水分飽和度と測定電位





図4 導電率分布

図5 各検診

各検討ケースにおける導電率分布を設定した FEM モデル

討では表層のみが乾燥状態にあると仮定して,表層 0.1 (2.5mm 相当) ~表層 0.4 (10.0mm 相当)の導電率の ばらつきを変化させた.また,導電率のばらつきは, 飽和状態の導電率を1した際の1/2を平均値,変動係 数を 10~80%まで変化させ,正規乱数を用いてサンプ ルを作製し,各要素に設定した.ただし,図4に示す ように導電率が0より小さい場合及び飽和状態より大 きい場合のサンプルを除外している.図5に本検討で 作製した FEM モデルを示す.

## 5. 解析結果及び考察

各検討の FEM で得られた表面電位の計算結果(256 通りの電位差)を図6に示す.なお,紙面の都合上, 導電率を飽和時の1/2とした際の表層0.4の結果のみを 示す.図より,導電率のばらつきを大きくするほど, 表面電位のばらつきが大きくなっていることがわかる. また,これらの解析結果から計算した表面電位の平均 値及び変動係数を表1に示す.表より,表層0.1とした 際の結果では,導電率のばらつきを大きくした場合で も表面電位のばらつきはほぼ同程度となった.一方, 表層0.2~0.4と乾燥の影響範囲を大きくし,導電率の ばらつきを考慮したケースにおいては,特に0.4とした ケースでは導電率のばらつきが大きくなるほど,表面 電位の平均値が大きくなるとともに,ばらつきが大き くなる傾向が見られた.したがって,実際の測定結果



表1 表面電位の解析結果

平均值1/2	表層0.1 (2.5mm相当)			
導電率のばらつき(変動係数)	0.1	0.3	0.6	0.8
表面電位の平均値 (mV)	8.81	8.81	8.83	8.83
表面電位の変動係数	0.50	0.50	0.51	0.51
平均值1/2	表層0.2(5.0mm相当)			
導電率のばらつき(変動係数)	0.1	0.3	0.6	0.8
表面電位の平均値 (mV)	9.60	9.61	9.65	9.71
表面電位の変動係数	0.57	0.57	0.58	0.59
平均值1/2	表層0.3(7.5mm相当)			
導電率のばらつき(変動係数)	0.1	0.3	0.6	0.8
表面電位の平均値(mV)	11.08	11.13	11.32	11.49
表面電位の変動係数	0.65	0.66	0.67	0.69
平均值1/2	表層0.4(10.0mm相当)			
導雷率のばらつき(変動係数)		0.2	0.6	0.8
	0.1	0.5	0.0	
表面電位の平均値 (mV)	0.1	12.95	13.34	13.60
表面電位の平均値(mV) 表面電位の変動係数	0.1 12.81 0.69	0.3 12.95 0.69	0.0 13.34 0.71	13.60 0.72

にみられた表面電位のばらつきは、表層の乾燥によって生じる導電率のばらつきに起因すると推察される. 以上のことから、実験的検討より水分飽和度の低下に伴い ERT の測定電位のばらつきが大きくなることがわ かった.また、水分飽和度が 70%以下になると測定電位のばらつきがほぼ同程度の結果となった.加えて、解 析的検討より、表面電位の測定結果にみられたばらつきは、表層の乾燥によって生じる導電率のばらつきに起 因すると推察される.

# 参考文献

- 1) Robert W. Stacey: Electrical Impedance Tomography, Master thesis, Stanford University, June 2006
- Polydorides, N. and Lionheart, W.R.B, A MATLAB toolkit for three-dimensional electrical impedance tomography: a contribution to the Electrical Impedance and Diffuse Optical Reconstruction Software project. Meas. Sci. Technol. 13 (12): 1871-1883, 2002