

ERT によるモルタル中のひび割れからの水分移動の可視化

愛媛大学 非会員 ○杉谷紗理 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 復建調査設計株式会社 非会員 藤原朱里

1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設されたコンクリート構造物において、早期劣化や損傷が顕在化する事例が報告されており、大きな社会問題となっている。鉄筋コンクリートが劣化すると、内部鉄筋の腐食に伴う膨張圧により微細なひび割れが生じ、構造物の耐久性と使用性が低下する。本研究では、電気抵抗トモグラフィ（以下、ERT と称す）を用いて、表面に顕在化していない内部ひび割れの存在及びそれを通じた水分浸透を検知することを目的とした。ERT とは、円柱状の対象物に周囲に配置した電極を用いて、電位差の分布を測定し、順解析との比較により内部の電気抵抗率の分布を逆解析により推定・可視化するものである¹⁾。本検討では、空洞部やひび割れを通じた水分移動に伴う供試体内部の含水分布の変動が ERT の電位差測定に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料及び供試体の作製

本研究では、水セメント比 50% のモルタル供試体を用いて検討を行った。セメントは早強ポルトランドセメント（密度： 3.14g/cm^3 ）とし、練混ぜ水には水道水を使用した。また、細骨材には石灰砕砂（表乾密度 2.66g/cm^3 ，F.M.2.47，吸水率 0.58%）を使用した。モルタル供試体は水、セメント及び細骨材の割合を質量比で 1 : 2 : 4 として作製し、材齢 7 日まで水中養生を行った。また、供試体の模式図を図 1 に示す。供試体は直径 150mm，高さ 100mm の円柱供試体とし、直径 32mm の塩ビ管を埋設することにより、空洞を設けた。また、電極はステンレス棒（ $\phi 3\text{mm}$ ）とし、供試体との接合方法はドリル孔に導電性のエポキシ樹脂（ $0.001\Omega \cdot \text{cm}$ 未満）を塗付する方法とした。埋設深さは 5mm とし、16 本の電極を埋設した。

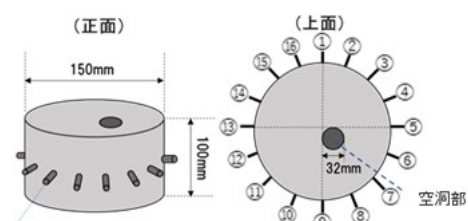


図 1 供試体の模式図

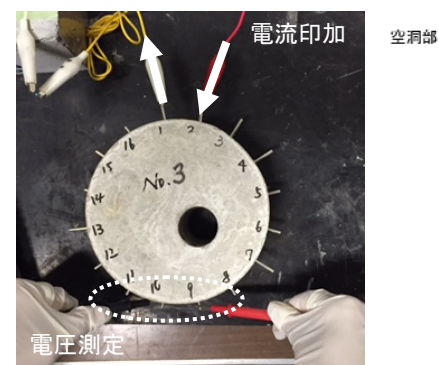


図 2 測定時の状況

(2) 測定方法

等間隔に配置した 16 本の電極のうち隣り合った電極の 2 本に交流電流を印加し、それらを含む 16 本の電極のうち隣り合った 2 本の電極間の電位差をテスターを用いて測定した。電極への印加パターンと電位差の測定パターンはそれぞれ 16 パターンであり、 16×16 の計 256 ケースを測定した。測定は、供試体空洞部に水道水を注入してから 6 時間経過後、24 時間経過後、48 時間経過後及び 120 時間経過後の 4 回行った。

電源には交流安定化電源を用いて、30V，100Hz の交流電流を印加した。電位差測定時の状況を図 2 に示す。

(3) ひび割れの導入方法

打設時に設けていた直径 32mm の空洞に、半月状の鉄筋 2 本、鋼製の角材 1 本を配置し、滑りを良くするためにそれらの間にテフロンシートを挿入した。載荷試験機で角材を押し込み、左右に引張力を作用させることによりひび割れを導入した。載荷状況を図 3 に示す。本研究では、約 0.04mm のひび割れを電極 7-8，16-1 の間に導入した。



図 3 ひび割れ導入状況

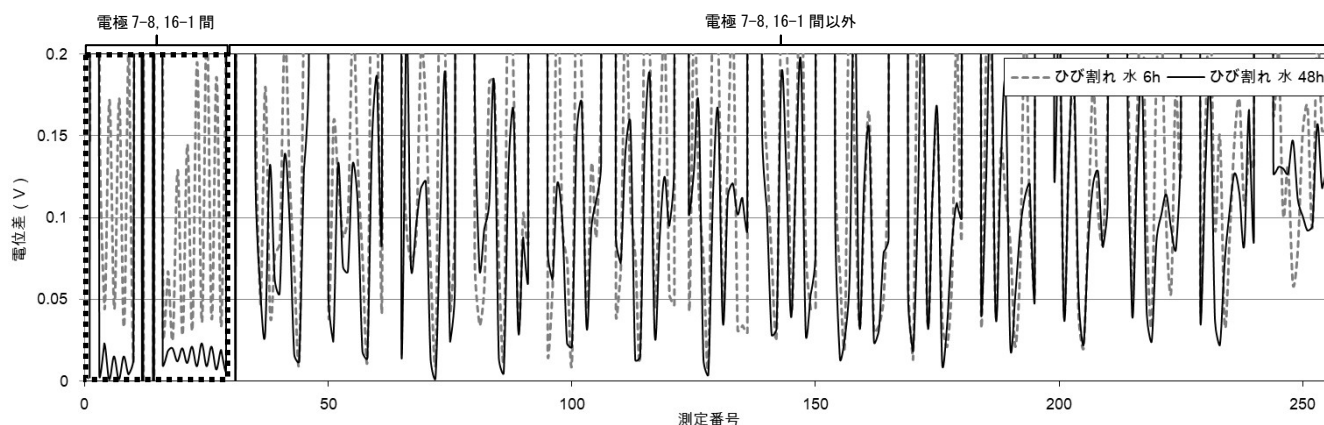


図4 電位差分布 (6時間及び48時間経過後)

3. 空洞部及びひび割れからの水分浸透が電位差測定に及ぼす影響

モルタル供試体の空洞部に水道水を注入し、空洞部及び内部ひび割れからの水分浸透の過程について、120 時間後までの電位差測定及びERT 画像に基づいて検討を行った。空洞部に水道水を注入してから6時間経過後の電位差と48時間経過後の電位差の比較を図4に示す。供試体の電極に割り当てた1~16の番号のうち、電極1-2間に電流を印加した際の電極1-2間の電位差を測定番号1、電極16-1間の電位差を測定番号16とし、電極番号16までの測定パターンを1セットとする。電流を印加する電極を変えてこの測定セットを繰り返し、電極16-1間の電位差を測定番号256とした。図の横軸には256パターンの

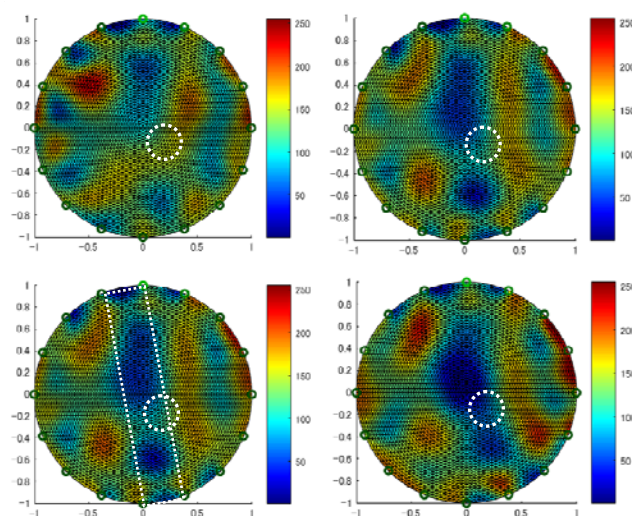


図5 水道水注入後のERT画像

(左上：6時間，右上：24時間，左下：48時間，右下：120時間)

電位差のうち、ひび割れが存在している電極7-8及び16-1間の電位差を測定番号1~39に、ひび割れが存在していない電極の電位差を40以降に示した計256パターンの測定値を示す。なお、図4中の点線で囲んだ結果はひび割れが存在している電極7-8間及び16-1間の電位差である。図に示すように、測定された電位差は測定位置によって変動している。これはモルタル供試体中の含水率が一定でないこと及び空洞部とひび割れの存在が原因であると考えられる。ひび割れが存在している電極7-8間及び16-1間における注入直後の電位差(平均値)と比較すると、6時間経過後は0.68倍、48時間経過後は0.14倍となっていたことから、注入開始から48時間経過後の電位差が低下していることがわかる。特に電極7-8間及び16-1間において局所的に電気抵抗率が低下している。このことからひび割れが存在している電極付近においては水道水が浸透し、含水率の上昇に伴い電気抵抗率が低くなったと考えられる。

また、空洞部に水分を注入後、毛管吸水による欠陥部からの水分浸透の経過をERTにより画像化したものを図5に示す。赤色に近づくほど電気抵抗率が高く、青色に近づくほど電気抵抗率が低くなるように色が設定されている。図より、空洞部に加えて、供試体に導入したひび割れからも毛管吸水による水分浸透が徐々に拡大していることが確認できる。以上のことから供試体表面からの電位差測定に基づいてひび割れからの水分移動の過程を可視化できることがわかった。

参考文献

- 1) Karhunen, K., Seppänen, A., Lehtikoinen, A., Monteiro, P.J.M. and Kaipio, J.P.: Electrical Resistance Tomography imaging of concrete, Cement and Concrete Research, Vol.40, No.1, pp.137-145, 2010.