

塩害劣化の進展状況の違いが四点電極法による比抵抗に与える影響に関する基礎的研究

福岡大学大学院 学生会員○楊尚橙, 福岡大学 正会員 樋原弘貴
九州大学 正会員 玉井宏樹, 福岡大学大学院 正会員 添田政司

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理において、打音法、超音波、自然電位等の様々な非破壊検査が適用されているが、劣化状態を適切に評価するには複数の検査方法を用いる必要がある。コンクリート構造物の劣化状況を一つの非破壊試験方法である程度の把握が可能となれば検査体系が容易になると考えられる。そこで、プローブを走査することでコンクリート内部抵抗を深さごとに測定できる四点電極法に着目した。しかし、鉄筋腐食やひび割れ、剥離の程度が測定結果に与える影響については不明である。そこで本研究は、塩害劣化の進展状況が異なる供試体を用いて、腐食やひび割れ等が深さごとの比抵抗の測定結果に与える影響について検討した。

2. 腐食の程度やかぶり深さが比抵抗値に与える影響

1) 実験概要：セメントには、普通ポルトランドセメントを用いて W/C45%, 60%の配合で 160mm×40mm×厚さ (10 mm, 20 mm, 40mm) の角柱モルタルを作製した。鋼材は、160mm×40mm×5mm のものを用いて、図-1 に示す範囲を電食試験によって腐食させた 4 種類とした。

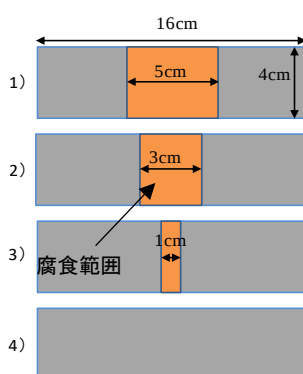


図-1 鋼板の腐食状況

2) 試験方法：比抵抗の測定は、図-2 に示す様に、等間隔に並べた 4 つのプローブ電極を供

試体に設置して、外側の電流電極から交流電流を印加し、内側のプローブ間の電位差の測定値を用いて式(1)より体積抵抗率を算出した。プローブ間隔 (a) は、1, 2, 3, 4cm と変化させることで、深さごとの体積抵抗率を算出し、各種要因が測定結果に与える影響について検討を行った。ここに、体積抵抗率計算式： $\rho = 2\pi \cdot a \cdot R$ 式(1)

ρ ：体積抵抗率 ($k\Omega \cdot cm$)、 R ：抵抗値 ($k\Omega$)、 a ：電極間の距離(cm)

測定供試体は、各類モルタル供試体のみで測定するケースと、モルタル供試体の下に各種鋼板を設置したケースでそれぞれ行った。また、モルタルと鋼板の間は、水ジェルによって電通させている。

3) 結果及び考察：図-3 は、一例として W/C45%における供試体厚さごとの体積抵抗率の違いを示す。体積抵抗率は、プローブ間隔が大きくなるに従って大きくなっている。これは、測定間の体積が小さいものほど、電流が流れる断面積が制限されることで、電位差が大きくなる。それゆえ体積抵抗率は、増加すると考えられる。さらに、体積抵抗率は、供試体厚さが厚いものほど小さくなる結果を示した。電流は、電極を中心として同心円状に分布するため、厚さが高くなる場合には、供試体内部の電流分布が発散しやすいことで、体積抵抗率が低くなると考えられた。図-4 は、W/C60%

における厚さ 2cm の供試体に各類鋼板を設置した際の体積抵抗率を示す。この結果、測定間隔 2cm までの範囲の体積抵抗率は、いずれも同程度であったのに対し、それよりも間隔が大きくなると鋼板の腐食程度の違いにより測定結果に違いが見られた。測定間隔 3cm 以降になると体積抵抗率は、腐食範囲が広いものほど、大きくなっているのが

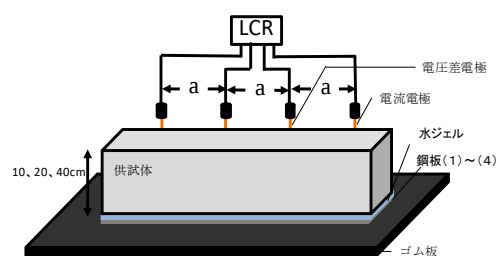


図-2 四点プローブ法の概念

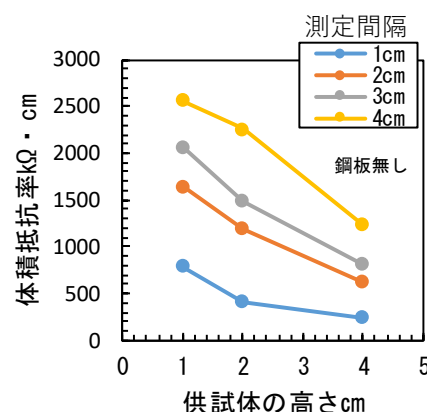


図-3 体積抵抗率と高さの関係

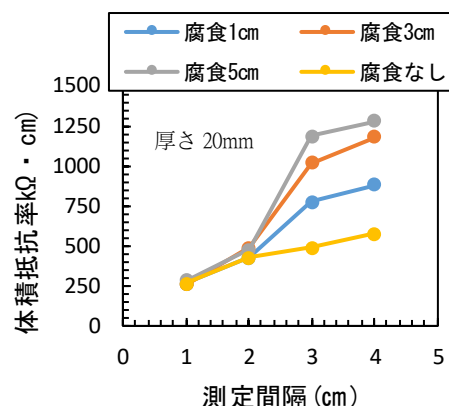


図-4 腐食が比抵抗に与える影響

分かる。プローブ間隔と深さ方向への測定範囲は一致しており、かぶり前後の抵抗値を測定することで腐食程度を推定できると考えられた。

3. 塩害劣化の進展状況が比抵抗に与える影響

1) 実験概要：供試体は、1200mm×300mm×100mmの角柱コンクリートにかぶり10mm位置に鉄筋を等間隔に5本あるいは3本を埋設したものをを用いた。その後は、供試体を電食試験によって塩害劣化を模擬させたものと健全供試体に分類した。塩害劣化を模擬した供試体は、いずれも1鉄筋に対して同電流量を流して腐食を促進させている。写真-1には、実験に用いた供試体を示している。

2) 測定方法：鉄筋に沿ってプローブ間隔を2, 5, 8, 10, 15, 20, 30cmに変化させて測定した場合と断面方向にプローブ間隔を2, 5, 8, 10cmに変化させて測定を行った。図-5には、測定個所の詳細を示している。測定の際は、供試体全体を湿潤状態に保持して行った。

3) 結果及び考察

一例として、鉄筋番号①、③の鉄筋に沿ってプローブ間隔10cm, 15cmで測定された体積抵抗率を図-6に示す。この結果、健全供試体(N)の体積抵抗率は、他のものに比べて小さくなった。また、いずれもがプローブ間隔が増加するに従って体積抵抗率も向上しており、この傾向は、2.の結果と同様である。鉄筋の抵抗は、腐食の進展に伴って増加することから、腐食による抵抗の増加分を考慮するとC-2が最も腐食が進行していると予想された。今後、供試体を解体して内部鉄筋の腐食状況との関係性を明らかにする予定である。図-7には、断面方向（測定箇所60）において測定された体積抵抗率と測定間隔の関係を示す。体積抵抗率は、いずれも測定間隔が大きくなるに従って増加する結果となった。供試体種類の違いでは、C-1が最も抵抗値が高くなっており、鉄筋に沿って測定された体積抵抗率とは異なる結果となった。C-2供試体の鉄筋は、C-1供試体の鉄筋数よりも多いため、プローブ間に含まれるひび割れ数も多くなっている。そのため、ひび割れ箇所が飽水状態になっていたことで電流が流れやすくなり、体積抵抗率が低下したものと思われた。

4. まとめ

- (1) 体積抵抗率は、プローブ間隔が広がるに従って大きくなる。また、プローブ間隔が供試体厚さ以上になると、電流が流れる断面積が制限されるため、体積抵抗率は大きくなることが分かった。
- (2) プローブ間隔と深さ方向の測定範囲は、一致しており、比抵抗を深さごとに測定することで、腐食の程度を推定できると考えられた。
- (3) プローブ間にひび割れがある場合には、飽水状態で測定を行うため、むしろ比抵抗が小さくなる可能性ある。

謝辞：本研究は、基盤研究(C)「動的荷重下における劣化部及び断面修復部のかぶりコンクリート剥落危険性の定量評価」の助成を受けて実施したものである。ここに、関係者各位に謝辞を記す。



N：鉄筋5本，健全供試体



C-1：鉄筋3本，腐食有



C-2：鉄筋5本，腐食有

写真-1 実験に用いた供試体

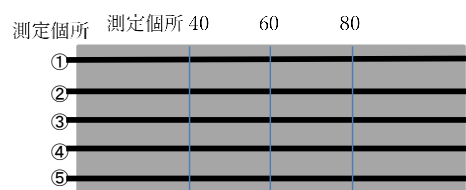


図-5 測定個所の概要図

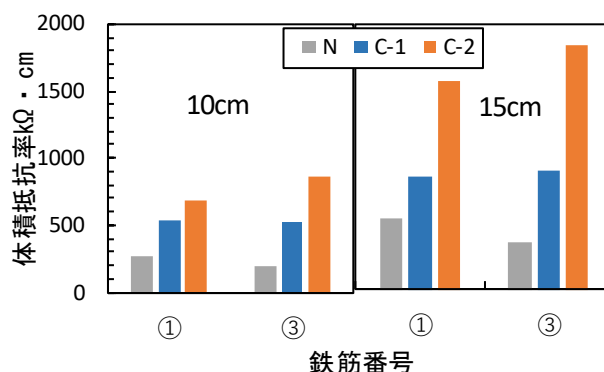


図-6 鉄筋に沿った体積抵抗率

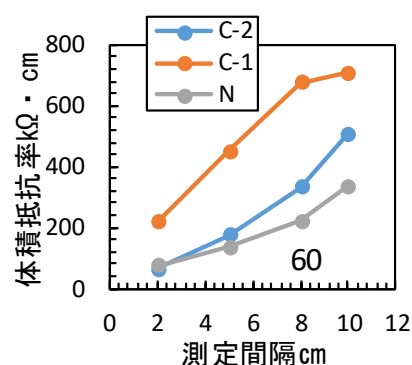


図-7 断面方向の体積抵抗率