

# 断面修復部の比抵抗および酸素透過性を考慮したマクロセル腐食解析

新潟大学大学院自然科学研究 学生会員 ○ 宍戸晃二  
新潟大学工学部工学科社会基盤工学プログラム 正会員 佐伯竜彦  
新潟大学工学部工学科社会基盤工学プログラム 正会員 斎藤豪

## 1. はじめに

これまで、塩害により鋼材腐食が生じたコンクリートの耐久性を回復させるために、断面修復工法が広く適用されてきた。しかし、補修部と既設コンクリートの境目の近傍における新たな腐食の進行が問題となっている。これは、補修部と未補修部の塩化物イオンの含有量が異なることによるマクロセル腐食が主要因とされている。マクロセル腐食はコンクリートの W/C、塩化物イオン濃度、酸素透過性、比抵抗およびカソード、アノード面積比などに大きく影響を受ける。そのため、新規に断面修復を施す際に、あらかじめ補修後にマクロセル腐食が生じにくい材料を環境条件の影響も含めて選定する必要がある。

そこで本研究では、各種結合材を用いた硬化体において酸素の拡散係数および比抵抗を測定し、それらが断面修復部のマクロセル腐食速度に与える影響について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料・配合

全ての実験にモルタル供試体を用いた。補修部を模擬したモルタルは水結合材比 45%とし、結合材として普通セメント (N45)、高炉セメント (NB)、及び高炉セメントにシリカフームを添加した 3 成系結合材 (NBS) の 3 種類を用いた。また未補修部には、水結合材比 55%の普通セメント (N55) モルタルを用いた。高炉スラグ微粉末の置換率は、高炉セメント B 種を想定して 40%、シリカフーム置換率は 3%とした。

### 2.2 実験方法

酸素拡散試験および比抵抗測定の供試体は 30×40×5mm の薄板を用いた。

### (1) 酸素拡散試験

酸素拡散試験は、JCI-DD5「酸素の拡散係数試験方法 (案)」に準拠して行った。酸素拡散係数はコンクリート内部の相対含水率によって変化することが知られている。酸素拡散係数と相対含水率の関係式を得るため、雰囲気相対湿度を 80, 66, 33, 0%に調整し、供試体の含水率を変化させて試験を行った。

### (2) 比抵抗の測定

薄板供試体の内部に電極として幅 2mm のステンレス板を埋め込んだものを用いた。供試体をシリカゲルを静置したデシケータ内に暴露し、乾燥させていく段階で式 (1) により供試体質量と電気抵抗を測定し、相対含水率と比抵抗の関係を求めた。

$$W = \left( \frac{m - m_s}{m_0 - m_s} \right) \quad (1)$$

ここに、W：相対含水率 (%)、m：比抵抗測定時の質量 (g)、 $m_s$ ：絶乾状態の供試体質量 (g)、 $m_0$ ：飽水状態の供試体質量 (g)

### (3) 腐食速度解析

断面修復部のマクロセル腐食速度解析は、丸屋らのモデル<sup>2)</sup>を用いて検討した。コンクリート内部の含水状態の変化は秋田らが提案したモデル<sup>3)</sup>を用いた。計算条件は、環境相対湿度 60%、断面修復部の塩化物イオン濃度を 0kg/m<sup>3</sup>、未補修部は 4.5kg/m<sup>3</sup>の塩化物イオンが残存してあると仮定した。試験体高さは 5cm とし、かぶりは乾燥の影響を受けやすくするため 1.5cm とした。また、計算された腐食電流密度は式 (2) を用いて

腐食速度に変換した。

$$V = \left( \frac{m I_{\text{corr}} t}{zF} \right) \quad (2)$$

ここに、 $V$ ：腐食速度(mm/year)， $m$ ：鉄の原子量(g/mol)， $I_{\text{corr}}$ ：腐食電流密度(A/cm<sup>2</sup>)， $t$ ：時間， $z$ ：鉄のイオン価数， $F$ ：ファラデー定数(C/mol)

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 酸素拡散係数と相対含水率の関係

酸素拡散係数と相対含水率の関係を図 1 に示す。相対含水率の増加とともに酸素拡散係数が小さくなった。これは相対含水率が大きくなるほど空隙は水で閉塞され、拡散が生じにくくなるためである。また、混和材の添加により酸素拡散係数が小さくなることも確認された。

#### (2) 比抵抗と相対含水率の関係

相対含水率と比抵抗の関係を図 2 に示す。相対含水率の減少に伴い電気抵抗が増加することが確認でき、酸素拡散係数と同様、混和材の添加により比抵抗が増大することが認められた。

#### (3) 断面修復部における腐食速度

図 3 に断面修復部における腐食速度を示す。同図は未補修部から 1cm 離れた場所での鉄筋の腐食速度を示している。時間経過に伴い腐食速度が減少していることが分かる。これはコンクリートの乾燥が進むにつれて鉄筋位置での含水率が小さくなり比抵抗が増大し、腐食電流が小さくなるためである。図には載せていないが、補修部からの距離が大きくなるほど比抵抗が小さくなった。また、補修材の比抵抗が大きいほど未補修部の腐食速度が低下することが確認できた。これはカソードとなる鉄筋要素とアノードとなる要素の距離が離れ、比抵抗が増大するためである。本解析では塩化物イオンの供給を受けない条件下で行ったが塩化物イオンの供給を受ける場合、塩化物イオンの浸透による電位差の変化を考慮できていない。塩分が供給される場合や乾湿繰り返し条件下で腐食速度を予測することが今後の課題である。

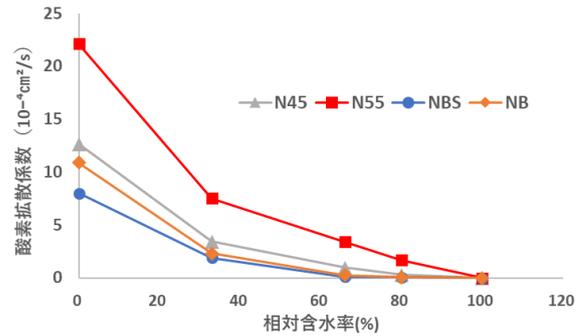


図 1 酸素拡散係数と相対含水率の関係

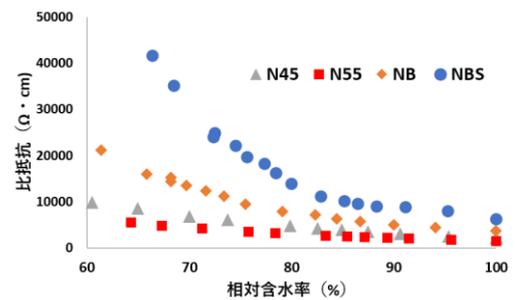


図 2 比抵抗と相対含水率の関係

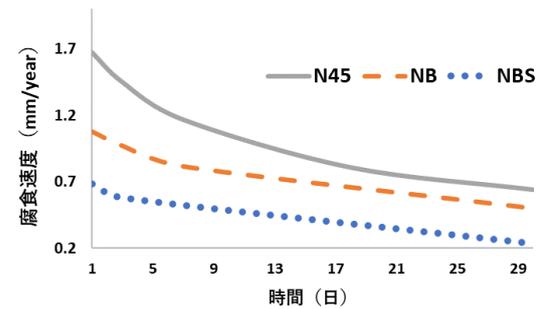


図 3 断面修復部における鉄筋の腐食速度

### 4. まとめ

酸素拡散係数と比抵抗を測定し、それらが断面修復部の腐食速度に与える影響を検討した。本研究において、補修部の比抵抗の増大に伴い腐食速度が抑制されることが確認された。

#### 参考文献

- 1) 小林輔, 出頭圭三: 各種セメント系材料の酸素の拡散性状に関する研究, コンクリート工学, Vo 1, 24, No. 1Z, pp. 91-106, 1986.
- 2) 丸屋剛, 武田均, 堀口賢一他: コンクリート中の鋼材のマクロセル腐食に関する解析手法の構築
- 3) 秋田宏 他: モルタルの乾燥・吸湿・吸水過程における水分移動, 土木学会論文集, No.420, pp.61-69, 1990.