

部分断面修復したコンクリート供試体の電気化学的脱塩後の残存塩分及びアルカリ金属イオンの分布状況と再分布に関する実験的考察

独立行政法人土木研究所 正会員 ○椎名貴快 渡辺博志
 東北大学大学院 正会員 久田 真

1. はじめに

脱塩処理領域内にコンクリートの劣化箇所が存在する場合、その損傷程度に応じて必要な前処理を行う。例えば、はく離・はく落や豆板部等の箇所は、短絡を防止するため、コンクリートと同程度の電気抵抗率を有する無機系断面修復材で修復する。しかし、これまでの研究では、このような断面修復部を有する複合部材を対象にした脱塩処理効果の確認は行われていない。

本研究では、予め浸漬によって塩分を導入した角柱供試体に対し、片隅角部を模擬的にセメントモルタルで断面修復した後、通電処理を行い、処理終了直後及び処理後 1.8 年目に実施した EPMA 面分析 (Cl^- , Na^+ , K^+) の結果から、修復部付近における各イオンの分布状況を確認することを目的とした。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体は、鉄筋 D10 をかぶり 30mm で軸方向四隅に 4 本、帯鉄筋を 130mm 間隔で 4 箇所に配置した $150 \times 150 \times 530\text{mm}$ の角柱である (図-1 参照)。養生終了後、脱塩面 ($150 \times 530\text{mm}$: 1 面) 以外の 5 面をエポキシ樹脂でシールし、その後、塩分浸漬 ($10\% \text{NaCl}$, 3 ヶ月間, 室温 20°C) を実施した。通電前のコンクリート中の全塩化物イオン量は、電位差滴定法 (JIS A 1154-2003 準拠) により、表-1 の結果となり、鉄筋位置では発錆限界値程度である。

(2) コンクリート

セメントは普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm^3 , $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$: 0.51%), 骨材は $G_{\text{max}}20\text{mm}$ の普通骨材, $\text{W/C}=0.55$, C 量は 309kg/m^3 を使用した。

(3) 断面修復工

図-1 に示したように、供試体の片隅角部のコンクリートを鉄筋の頭半分 (深さ 35mm 程度) の位置までハンドブレードではつき取り、鉄筋表面をワイヤブラシで磨いた後、プライマーを塗布し、断面修復材をコテ塗りで施工して一体化を図った。なお、土木学会の設計施工指針¹⁾では、断面修復材の要求仕様として、圧縮強度や付着強度、無機系材料の使用を規定している。本実験では、これに準拠して断面修復材にセメントモルタルを使用した。なお、当該材料の比抵抗は、四点電極法による測定の結果、 $8.3\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$ (20°C 水中養生, 28 日目) とコンクリートと同程度の値であり、通電処理において不具合のないレベルと考える。

(4) 通電処理方法

電解質溶液は、ホウ酸リチウム水溶液 (Li_3BO_3 : 0.2mol/L) を使用し、コンクリート表面積に対して電流密度 1A/m^2 を断続的 (4.4 日通電と 2.6 日休止を 1 サイクル) に 8 サイクル (積算電流密度 $845\text{A} \cdot \text{hr/m}^2$)、全ての鉄筋に短絡が生じないように通電した。なお、期間中の溶液交換は行わなかった。また、通電処理終了後は、供試体の脱塩面側を上面に設置して気中環境に 1.8 年間曝露した。

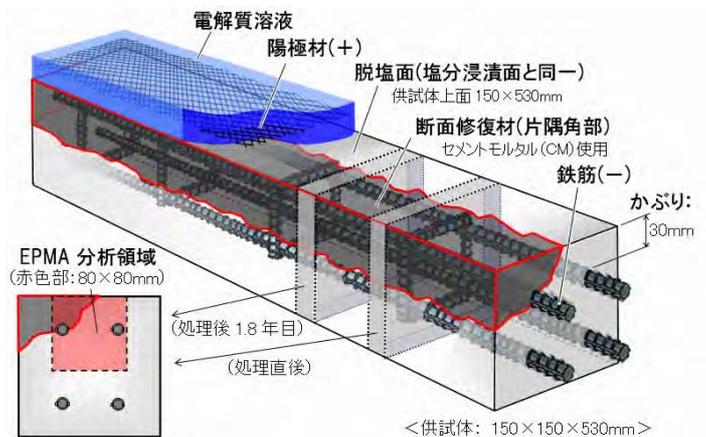


図-1 供試体の概略 (形状, 修復部分, 分析領域)

表-1 コンクリート中の全塩化物イオン量の変化

分析試料 (表面から)	処理前 (浸漬)	処理直後	1.8 年後
0~20mm	6.61	1.77 (73%)	1.56
20~40mm	1.25	0.32 (74%)	0.53
40~60mm	0.65	0.60 (8%)	0.63

備考) 処理直後の欄の()内は、脱塩率を表す

単位: kg/m^3

キーワード: 電気化学的脱塩工法, 断面修復, EPMA, 塩化物イオン, アルカリ金属イオン

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL.029-879-6761 FAX.029-879-6799 E-mail: shiina44@pwri.go.jp

3. 実験結果

処理終了直後および処理後 1.8 年目に実施した、 Cl^- 、 Na^+ および K^+ イオンの EPMA 分析結果を写真-1 に示し、得られた知見を以下に示す。なお、各々の測定時期における脱塩面から深さ方向のコンクリート中の全塩分量の測定結果は、表-1 に追記したとおりである。

<通電処理終了直後>

- ・ かぶりコンクリート中の Cl^- イオンは、脱塩面(陽極)方向に電気泳動により移動し、表面付近では断面修復材中への侵入も確認できた。この結果から、母材と断面修復材とは良好な一体性を保ち、補修材や母材といった材質に因らず、電場がムラなく作用して通電処理が進んだものと考えられる。
- ・ Cl^- イオンは、表面付近に多くに残存しているが、鉄筋位置での値は腐食発生限界値以下にまで低下し、かぶり部では 70%以上の脱塩率を確保できた。
- ・ 通電処理前に NaCl 水溶液への浸漬によりコンクリート中に導入した Na^+ イオンが、鉄筋近傍(陰極)に高濃度に集積していた。また、断面修復材中においても、鉄筋近傍に僅かではあるが集積現象を確認できた。
- ・ K^+ イオンについては、ごく微量ではあるが、 Na^+ イオンと同様に母材ペースト部及び断面修復材部において、鉄筋近傍への集積を確認できた。

<処理後 1.8 年目>

- ・ 表面付近に残存した Cl^- イオンに関して、僅かではあるが、断面修復材および母材の低濃度域に向かって濃度再拡散し始めている状況を確認することができる。
- ・ コンクリート中の全塩分量の測定結果から、鉄筋位置の塩分量は発錆限界値以下を保持しており、脱塩処理による効果が継続されていた。
- ・ Na^+ 及び K^+ イオンともに、通電処理直後には鉄筋近傍に集積していたが、その後の濃度拡散により、概ね平衡状態に落ち着いている。

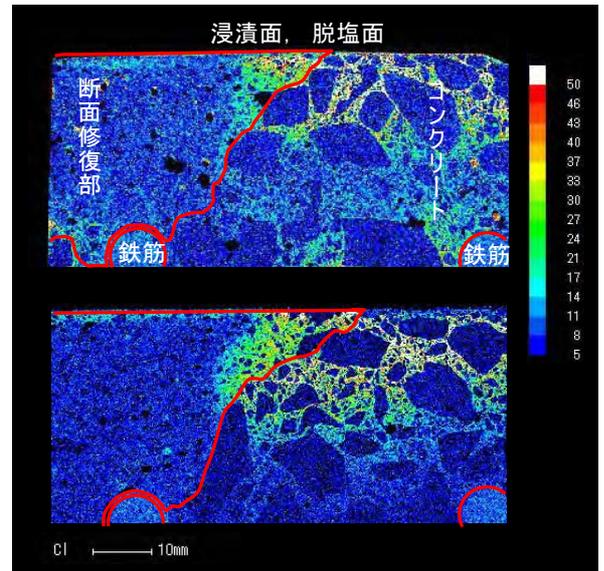
4. おわりに

今回は、断面修復材にセメントモルタルを用いて実験を行った。実験の結果、修復部においてイオンの電気泳動が阻害されるような通電処理上の問題は確認されず、良好な脱塩結果を得ることができた。

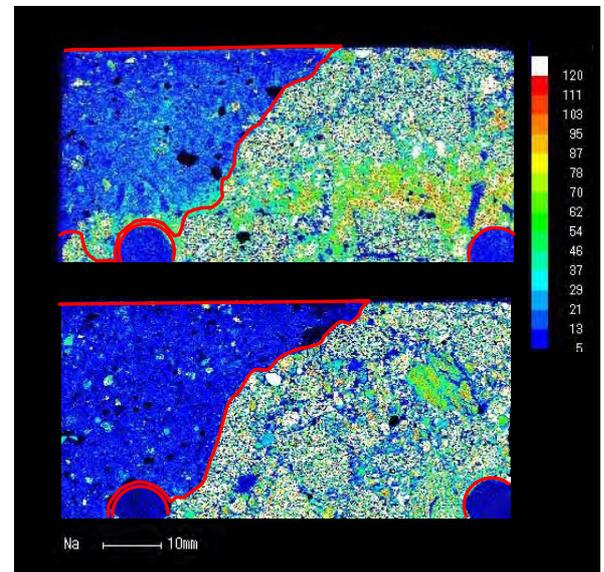
今後は、断面修復材にポリマーを混和したもの(例えば、PCM 等)を用いた場合や、断面修復工(はつり深さ、はつり形状等)の違いによる通電処理効果への影響についても、実験等により検討できればと考える。

参考文献

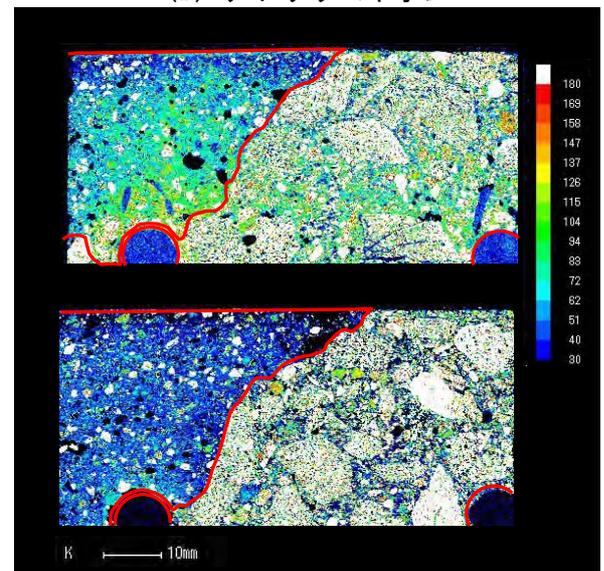
- 1) 土木学会：電気化学的防食工法 設計施工指針(案)，コンクリートライブラリー107号。2001.11。



上：通電終了直後，下：処理後 1.8 年目
(a) 塩化物イオン



上：通電終了直後，下：処理後 1.8 年目
(b) ナトリウムイオン



上：通電終了直後，下：処理後 1.8 年目
(c) カリウムイオン

写真-1 EPMA 分析画像