

脱塩工法の陽極ユニット開発に関する基礎的研究について

オリエンタル白石 (株) 正会員 ○大谷 悟司
 オリエンタル白石 (株) 正会員 堀越 直樹
 オリエンタル白石 (株) 正会員 小林 俊秋
 オリエンタル白石 (株) 正会員 二井谷教治

1. はじめに

脱塩工法は、長期にわたる電流供給や電位測定などの維持管理が不要であることや、塩害を受けた構造物の長寿命化を可能にする技術として採用の拡大が期待される。近年の橋梁においては、伸縮装置や排水装置などの不具合による漏水や滞水に、凍結防止剤などからの塩化物イオンが加わることで局部的に塩害が進行する事態が深刻化している。本稿は、桁端部や排水装置周辺などの比較的狭い範囲への適用を想定した脱塩工法（以下、本工法という）における、①陽極の選定、②陽極ユニットの開発について、通電試験による脱塩効果の確認を行った試験結果について報告を行う。

2. 基礎的通電試験

脱塩工法の陽極ユニットは、直流電源装置につながる陽極とそれを包囲する電解質で構成され、2ヶ月程度の間安定して通電し塩化物イオンを除去する性能が要求される。一般に陽極はチタンが用いられるが、高価であるためコストが高くなる。本工法は、陽極の耐久性やコストを考慮し、陽極にニッケル被覆炭素繊維シート（以下、NiCFシートという）およびステンレス鋼板（以下、SUS板という）（写真-1）、電解質に強アルカリ性の水酸化リチウム溶液を用いた。陽極の性能を確認するため簡易的に通電試験を行い、脱塩効果を確認した。

通電試験を行う試験体は、 10kg/m^3 の塩化物イオンを混入したコンクリート（水セメント比 60%）を用いた $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱とし、表面から 70mm の位置に D16 の鉄筋を貫通させて配置した。また、陽極は塩化ビニル管の中に NiCF シートまたは SUS 板を配置し、水酸化リチウム溶液の中に入れた。通電回路は、試験体に配置した鉄筋と陽極を接続して構成した（図-1）。通電試験は、鉄筋表面積あたりの電流密度を 5A/m^2 の定電流とし、56 日間連続で行った。電位測定は外部照合電極（銀-塩化銀電極、飽和 KCl 溶液、以下、SSE という）を用い試験体側面から行った。また、通電後は鉄筋位置から上側を 12 ブロックに分割し、塩化物イオン濃度（JIS A 1154 に準拠）を測定した。

陽極のインスタントオフ電位を図-2 に、通電試験を行った試験体の脱塩率（脱塩しない試験体に対する脱塩後の試験体の塩化物イオン濃度の比率）を図-3 に示す。陽極のインスタントオフ電位は、NiCF シート、SUS 板ともに変動幅は小さく 0.5V 未満であった。脱塩率は両者とも鉄筋上側のブロックで高く、平均で 80%以上であった。一方、鉄筋の両側では 60%程度であり、その上端では 30~50%であった。

陽極のインスタントオフ電位および脱塩率は陽極の種類による差異は見られなかった。脱塩後の陽極の状況

キーワード 脱塩, 陽極, 電解質, ニッケル被覆炭素繊維シート, ステンレス, 水酸化リチウム

連絡先 〒321-4367 栃木県真岡市鬼ヶ丘5 オリエンタル白石 (株) 技術研究所 TEL 0285-83-7921

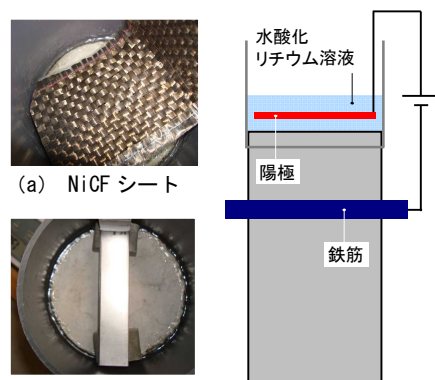


写真-1 陽極

図-1 通電試験体

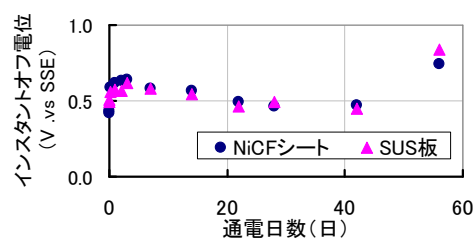


図-2 陽極のインスタントオフ電位

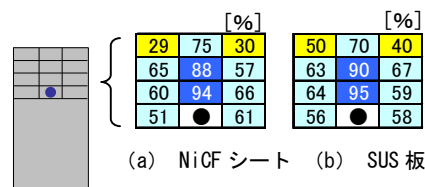


図-3 脱塩率

は、SUS 板では表面の変状および材質の大きな変化は見られず、再利用が可能であると考えられる。一方、NiCF シートでは、炭素繊維が脆弱化しており再利用はできないが、今回の実験結果（脱塩率）から十分に脱塩に使用できる陽極であることが確認できた。また、NiCF シートは SUS 板に比べてコストが安いいため、1 回の脱塩で使い捨てたとしても、陽極のコストを低減することができる。

3. 陽極ユニットの試作

陽極ユニットは、幅 86mm の FRP 製トレイに水酸化リチウム溶液を充てんし、その中に陽極として SUS 板を配置する構造とした。これは、当社が既に開発し実用化している NiCF シートを用いた電気防食工法¹⁾に用いている FRP 製トレイであり、陽極ユニットを線状に配置することで脱塩を行うものである。また、陽極に SUS 板を選定した理由は、陽極を水溶液の中に 5cm 程度浸すだけで、水溶液を介して全ての鉄筋に電流を供給できると考え、陽極使用量を少なくできる可能性があること、基礎的通電試験において NiCF シートよりも高い耐久性を有すると判断したことからである。以下に、本工法に上記の陽極ユニットを用いて行った通電試験の結果について述べる。

通電試験に用いた試験体は、長さ 600mm、高さ 500mm、厚さ 200mm とし、10kg/m³ の塩化物イオンを混入したコンクリート（水セメント比 60%）を用いた。鉄筋は、D16 をかぶり 40mm として、両側に格子状（250mm 間隔）に配置した。陽極ユニットは、横方向に鉄筋上に、両側面に設置した。電解質が水酸化リチウム溶液であるため、FRP 製トレイからの漏水防止に対して、クロロプレンゴムなどを用いて止水処理を行った。通電は、鉄筋表面積あたりの電流密度を 5A/m² とした定電流を 56 日間連続で行った。また、全ての鉄筋に通電ができるようにした。図-4 に試験体の概要を、写真-2 に通電状況を示す。

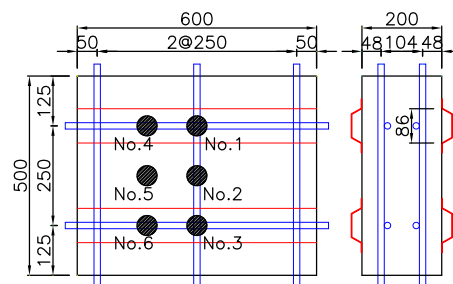


図-4 試験体概要

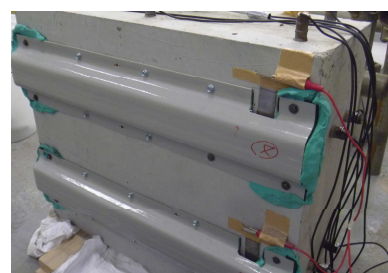


写真-2 陽極ユニット外観

表-1 脱塩率

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
陽極側	79	63	65	67	0	62
	11	0	29	41	0	49
陽極側	84	42	70	65	0	63

通電期間中は、FRP 製トレイから水酸化リチウム溶液の漏水は確認されず、試験にて実施した方法で十分な止水効果があることが確認できた。また、通電電圧の大幅な上昇はなく 9～10V 程度で推移した。表-1 に、図-4 で示している黒丸印の位置で採取したコア（φ50×200mm）を 3 分割し、JIS A 1154 に準拠して測定した脱塩率を示す。脱塩率は、両側面から陽極ユニットに挟まれた No. 1, 3, 4, 6 の位置で高い値であった。同じ位置での厚さ方向の脱塩率はいずれの位置においてもコアの中間部で低い値であった。また、陽極ユニットおよび鉄筋位置から外れた No. 5 は、ほとんど脱塩できない結果となった。しかし、陽極ユニット位置から外れていても、No. 2 のように鉄筋が配置された箇所では、かぶり部分の脱塩率は 40% 以上であった。

以上のことから、開発した陽極ユニットを用いた脱塩工法は、コンクリート中に塩化物イオンが残存する部分は残るが、陽極ユニット位置および鉄筋位置のかぶりコンクリート部分は 50% 程度の脱塩が行えることが確認できた。今後は、全ての位置において脱塩が可能な陽極ユニットの検討が必要である。

4. まとめ

本工法に用いる陽極および陽極ユニットの検討を行った試験結果により、以下のことが確認できた。

- ①陽極は、NiCF シートまたは、SUS 板どちらも十分な通電が行える。
- ②陽極の再利用および耐久性を考えた場合、SUS 板を用いる方がよい。
- ③開発した陽極ユニットを線状に配置することで脱塩を行うことができる。
- ④ただし、ほとんど脱塩できない部分があるため更なる陽極ユニットの検討が必要である。

参考文献

- 1) ニッケル被覆炭素繊維シートを用いた電気防食工法 NETIS 登録 No. QS-070001-A