

# 新たな電気化学的防食工法の適用について

## ～「流電被覆工法」の採用事例報告～

関東地方整備局 横浜国道事務所  
小田原出張所 技術係長 末吉 史郎

### 1、はじめに

鉄筋コンクリート構造物は、セメントに含まれる水酸化カルシウムにより、内部が高アルカリ状態に保たれているため、鋼材が不導体被膜という酸化化合物の被膜で覆われ、錆びにくい構造となっている。しかし、コンクリート中の塩分（塩化物イオン）が鋼材の腐食発生限界を超えた場合、この被膜が破壊され鋼材が腐食し始め、コンクリートの剥離等を引き起こす。これが塩害と呼ばれるものであり、塩分の発生原因としては、海砂等の「初期塩分」及び潮風、海水等からの「飛来塩分」がある。

国道1号の西湘バイパスにある横断地下道等では、海からの飛来塩分による塩害劣化が課題となっており、供用後約40年が経過した現時点で、抜本的な対策が必要となったため、構造物表面に特殊アルミニウム合金を溶射被覆して、コンクリート中の鉄筋を防食する「流電被覆工法」を試験的に採用した。この工法による国内での気中の鉄筋コンクリート構造物への施工実績は1件のみであるが、電気防食に必要とされていた電源を必要としない等、維持管理面で大きな利点を有する。本文では、その報告を行うものである。

### 2、現場概要

今回の施工箇所は、国道1号西湘バイパスの一部として1966年に完成した鉄筋コンクリート構造物の人道用地下道であり、たび重なる台風や日常的な飛来塩分の影響を受け、断面修復等の補修を実施してきた。しかし施工前の調査でコンクリートの浮きや剥離、断面修復部の再劣化など塩害劣化特有の損傷が多数認められた。



写真-1 人道用カルバートボックス

このため、19箇所の地下道の内、塩害劣化が著しく、含有塩分量の多い4つの地下道を選定し、試験的に流電被覆工法による補修を行うこととした。

構造物名称	変割合 (%)	最大塩分量 (kg/m3)	平均塩分量 (kg/m3)	構造物名称	変割合 (%)	最大塩分量 (kg/m3)	平均塩分量 (kg/m3)	構造物名称	変割合 (%)	最大塩分量 (kg/m3)	平均塩分量 (kg/m3)
第1号地下道	0.6	1.07	0.45	第8号地下道	3.1	3.86	1.26	第4号人道用地下道	7.0	4.44	2.15
大磯跨道橋	0.6	1.18	0.44	血洗橋	7.9	6.42	4.07	第5号人道用地下道	2.6	3.08	1.36
第3号地下道	0.3	1.30	0.60	吉田橋(横浜側)	0.8	11.2	3.81	第6号人道用地下道	17.7	8.98	2.77
第4号地下道	0.7	1.53	0.82	吉田橋(二宮側)	0.6	6.23	1.89	第7号人道用地下道	23.5	5.19	2.33
第5号地下道	0.6	1.60	0.86	第1号人道用地下道	3.8	8.95	3.46	二宮地下道	0.4	1.56	0.72
第6号地下道	0.6	1.36	0.68	第2号人道用地下道	7.4	6.62	3.03				
西柳原橋	2.1	2.42	1.07	第3号人道用地下道	15.9	6.99	-				

□ — 流電被覆工法採用箇所  
※塩分量測点数はそれぞれ異なる。

### 3、工法選定

コンクリート中に含まれる塩分が多い場合に一般的に採用されてきた電気化学的な塩害対策工法として、電気防食工法及び脱塩工法があげられる。

今回の補修では、従来工法に比べ、**外部電源を要しない**ことから施工後の電流管理が不要となること、さらに**短期間で容易に施工**できることから、試験的に「流電被覆工法」を採用した。

主な電気化学的塩害対策工法

	流電被覆工法	一般的な電気防食	脱塩工法
工法概要	微弱な電流を流し腐食の進行を抑制	微弱な電流を流し腐食の進行を抑制	100倍の電流量でコンクリート内の塩分を除去
電源設備	無	有（永続的）	有（施工時のみ）
電流調整	不可	可能	可能
維持管理	不要	電流管理	不要
施工性	容易	やや複雑	複雑
施工実績	国内ほとんど無し	1990年から 200件以上	1992年から 50件程度

### 4、「流電被覆工法」の概要

「流電被覆工法」とは、特殊アルミニウム合金を専用アーク溶射機でコンクリート表面に吹付け、薄膜の被覆を施し、その溶射被膜とコンクリート中の鉄筋に電気的導通を確保し、イオン化傾向の相違による鉄とアルミニウムの電位差で、**防食電流を自然に供給する流電陽極作用**により、鉄筋の腐食反応を抑制する工法である。

本工法は、**電流装置や配管配線が不要**であり、**施工が短期間で容易**であること、施工後の電流管理が不要であり維持管理が簡単であること、などの特長がある。

また、コンクリート中の塩分量に関係なく防食効果を発揮するので、含有塩分量の多いコンクリート中の塩分を除去する必要がない。

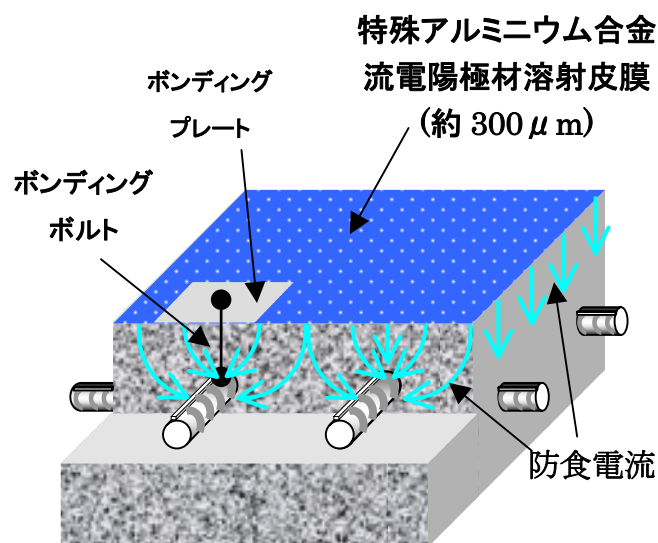


図-1 「流電被覆工法」概念図

### 5、確認実験

施工前に防食性能を確認するため、確認試験を実施した。試験では、溶射被膜からの電位差（発生電流）と被膜減少量を経時的に測定し、陽極性能と耐用年数（防食寿命）の関係について評価を行った。

#### 5. 1、陽極性能

屋外試験において、特殊アルミニウム合金溶射被膜を施した供試体（160×160×126mm の小型鉄筋コンクリート）の電位差を測定した結果を図-2に示す。塩分を含まず屋根のある場所に暴露したもの以外は、防食基準値である電位差100mV<sup>1)</sup>以上を満足しており、陽極性能は十分であることが確認された。

なお、塩分を含まず屋根のある場所に暴露したものについては、供試体が最も腐食しにくい環境にあるため防食電流が小さくなったものと考えられる。

## 5. 2、耐用年数（防食寿命）

溶射皮膜とコンクリート表面との付着性能を考慮すると、被膜厚は300μm程度が限界である。室内加速実験を行ったところ、150日間で、平均約9mA/m<sup>2</sup>（最大30mA/m<sup>2</sup>）の発生電流が計測され、その際の膜厚減少量は約13μmであった。この試験データをもとに、発生電流密度に対する耐用年数を推測したもの及び施工後の実測値を図-3に示す。一般に防食電流は5mA/m<sup>2</sup>程度と言われており、この値から被膜厚が300μm程度の場合の耐用年数を推定すると15年程度と考えられる。

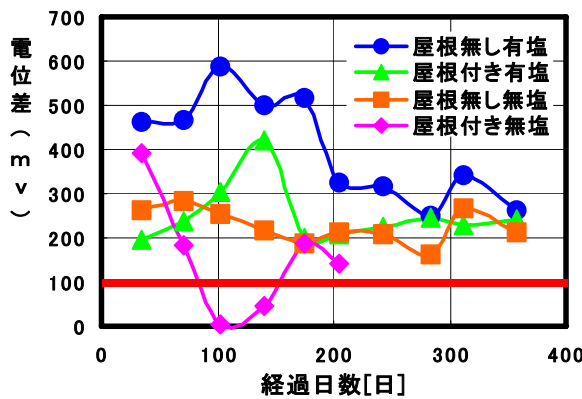


図-2 電位差の経時変化

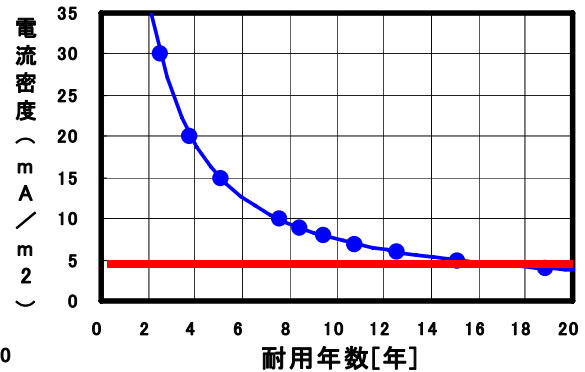


図-3 電流密度と推定耐用年数

## 6. 施工手順及び実施工での推定耐用年数

剥離・剥落などの劣化が生じている箇所は、あらかじめ断面修復等を行い、その後流電被覆工を行った。断面修復では、電気抵抗の低い、セメント系またはポリマーセメント系の材料を使用した。

- ①マーキング工：ボンディングボルト設置箇所と流電被覆対象範囲のマーキングを行った。
- ②ボンディングボルト設置工：設置箇所の鉄筋をはつり出し、ボンディングボルトを鉄筋に溶接し、モルタルにて埋戻した。
- ③鉄筋間導通確認工：ボンディングボルト同士の電位差を測定し、電位差1mV以下で安定していれば導通していると判断した。
- ④コンクリート下地処理工：バキューム式ブラストなどにより、コンクリート表面のレイタンスや汚れ等を除去した。
- ⑤特殊アルミニウム合金溶射工(流電陽極被膜形成)：コンクリート表面に、被覆厚平均300μmを目標に、特殊アルミニウム線材(写真-2)を専用アーク溶射機械(写真-3)にて、写真-4に示すように溶射した。
- ⑥ボンディングプレート設置工：アルミニウム合金製ボンディングプレートを、

ボンディングボルトの位置にプラスチックピンとナットにて設置した。プレート部は、設置前のコンクリート表面に一度、設置後に一度、計二回溶射を行った。

⑦モニタリング装置設置工：施工後の確認のため、電流量や電位を測定するモニタリング装置を設置した。施工後における電流密度の実測値を図-4に示す。

腐食環境が厳しい6月及びそれほどでもない3月のデータより、年間を通すと平均電流密度  $5\text{mA}/\text{m}^2$  程度以上は確保されると予測され、これより短期間での防食効果は得られていると判断される。今後、引き続き追跡調査を実施し、長期的な防食効果を確認していきたい。



写真-2 特殊アルミニウム線材



写真-3 専用アーク溶射機



写真-4 溶射状況

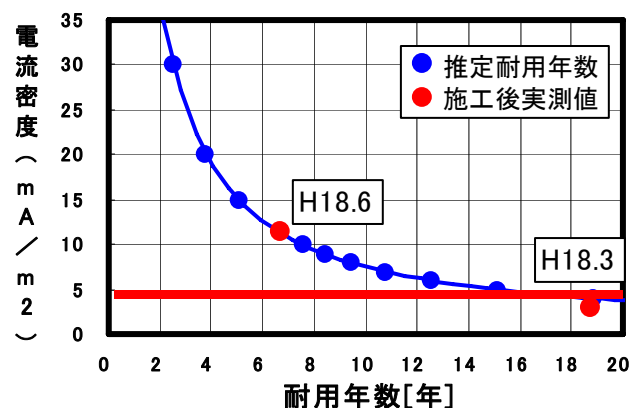


図-4 電流密度と推定耐用年数及び実測値

## 7. まとめ

今回採用した「流電被覆工法」は、電源を必要としない、流電陽極（犠牲陽極）方式の電気防食工法である。港湾構造物でよく用いられている防食方法（海水中の鋼構造物に対し亜鉛を使用）であるが、気中の鉄筋コンクリート構造物に適用した例はほとんどない。電源装置を必要とする他の工法と比べ、施工及び施工後の維持管理が容易であり、コストも現時点において初期コストが約  $5\text{万円}/\text{m}^2$ （一般的な電気防食約  $8\text{万円}/\text{m}^2$ 、脱塩約  $10\text{万円}/\text{m}^2$ ）と比較的安価であり、また、従来の塩害対策工法に比べ、50日程度施工期間を短縮できた。今後さらに長期的な効果の検証、施工管理手法の確立及びコスト縮減等について検討していく必要がある。

## 参考文献

- 1) コンクリート構造物中の鋼材の電気防食要領（案）、建設省土木研究所（財）土木研究センター、1988.8