

新しい電気防食工法の適用と陽極材の耐久性に及ぼす環境と通電の影響に関する実験的研究

(株)ピーエス三菱 正会員 ○池田 政司
 宮崎大学 工学部 正会員 工学博士 中澤 隆雄
 BASFポゾリス (株) 元売 正美
 (株)ピーエス三菱 正会員 平安山良和

1. はじめに

電気防食工法は、小規模な構造物に対して施工費が高額となり、その採用が控えられているため、広汎な電気防食の普及目的として、新しい電気防食工法が求められているのが現状である。そこで、施工費が比較的安価な導電性塗料方式および導電性モルタル方式の電気防食工法に注目し、試験的に実構造物に適用すると同時に、これらの新しい陽極材の耐久性を環境と通電電流量を試験要因として促進試験を行い検討した。本論文は実構造物への適用事例と促進試験の結果を報告するものである。

2. 電気防食工法

2.1 電気防食工法

鋼材の腐食は、鋼材の腐食部と健全部で電位差が生じ、この電位差が原因で腐食電流が流れることによって、腐食が進行する。鋼材腐食の進行を防止した電気防食工法は、コンクリート構造物の表面付近に設置した陽極からコンクリート中の鋼材に防食電流を流し、鋼材に生じた電位差を小さくし腐食を抑止する工法である。電気防食工法には外部電源方式と流電陽極方式（犠牲陽極方式）がある。

2.2 導電性塗料方式

図-1に概要図を示す。導電性塗料方式は、外部電源方式の電気防食工法である。一次陽極材としてプラチナ・ニオブ被覆銅線（直径 ϕ 0.8mm）をコンクリート表面に固定し、その上から二次陽極として導電性塗料を塗布して陽極を形成する。一次陽極を直流電源装置に接続し、二次陽極を介して防食電流を鉄筋に供給する。陽極設置が塗料により容易に行えることが導電性塗料方式の特徴である。

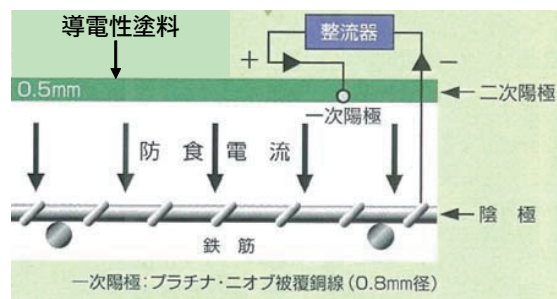


図-1 導電性塗料方式概要図

2.3 導電性モルタル方式

図-2に概要図を示す。導電性モルタル方式も、同様に外部電源方式の電気防食工法である。一次陽極材としてプラチナ・ニオブ被覆銅線（直径 ϕ 1.6mm）をコンクリート表面に固定する。その上から二次陽極として、ポルトランドセメント、導電性繊維等から成る粉体部とポリマーエマルジョンの液体部との2成分の材料を練り混ぜた導電性ポリマーセメントモルタルを吹付けて陽極を形成する。一次陽極を直流電源装置に接続し、二次陽極を介して防食電流を鉄筋に供給する。陽極設置が比較的容易に行えることが導電性モルタル方式の特徴である。

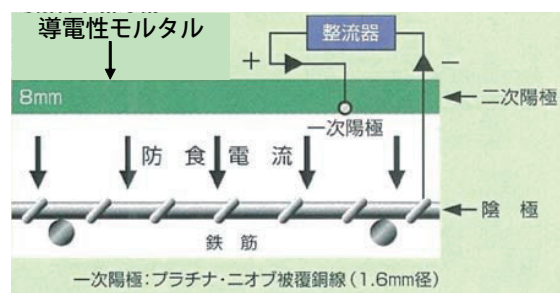


図-2 導電性モルタル方式概要図

3. 実構造物への適用

3.1 適用構造物

試験的に適用した構造物は、太平洋沿岸に位置するプレテンション方式単純ホロー桁で、塩害劣化により樹脂塗装された橋梁である。施工後の状況を写真-1に示す。

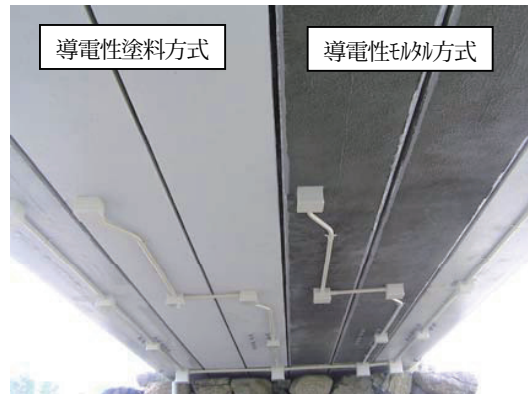


写真-1 実構造物への適用

3.2 電気防食の作動状況

図-3に電気防食の作動状況を示す。

(1) 防食電流密度

防食電流密度は、直流電源装置の不都合で安定していないが、導電性塗料方式、導電性モルタル方式、いずれも6mA/m²程度であった。

(2) 通電遮断直後の鋼材電位

導電性塗料方式および導電性モルタル方式の通電遮断直後の鋼材電位は、いずれも-300~-600mV,SCEで推移しており、水素発生電位に達していない。

(3) 復極量

復極量は直流電源装置の不都合から一時期、防食基準である100mVシフトを満足していない時期があるものの、概ね防食基準を満足しており、良好な防食状態と推定される。

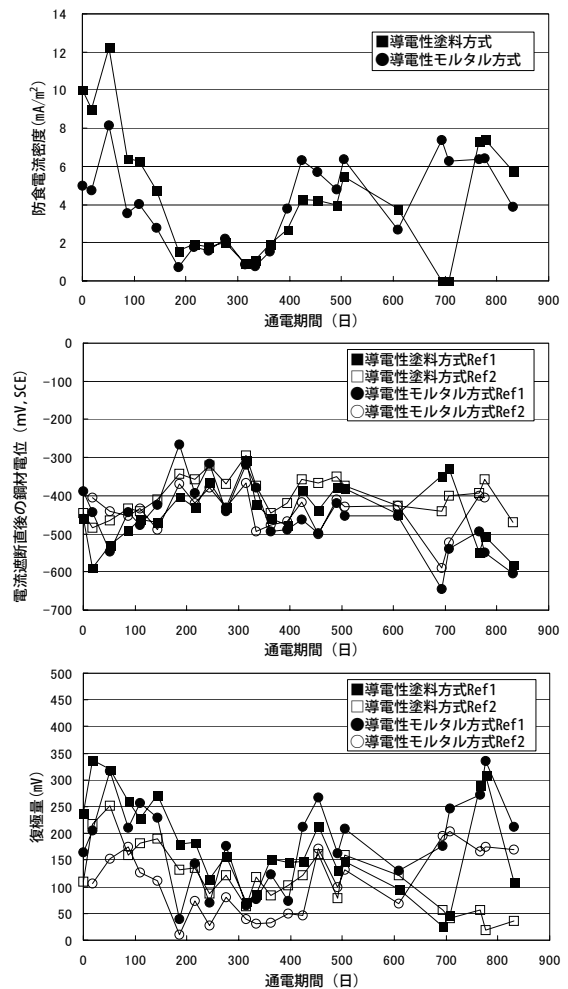


図-3 電気防食の作動状況

4. 促進試験概要

4.1 試験要因

試験要因は以下の通りである。

- ①環境 : 常時室内環境状態で湿度 60%程度および常時湿潤状態 90%以上
- ②通電量 : 100mA/m² および 200mA/m²
- ③通電期間: 12ヶ月

実際通電する積算電流密度を促進試験期間で除し、通電する電流密度を算出することに議論のあるところであるが、積算電流密度が同一ならば耐久性を評価できると考え、20mA/m²の防食電流密度を10年間通電した場合の陽極の耐久性を200mA/m²の防食電流密度を1年間通電し評価した。また、電流密度の1/2の100mA/m²もあわせて実施した。製作した試験体数は通電しない試験体も合わせて12本である。(表-1参照)

通電期間中は電位測定を行い、所定期間の終了後、

表-1 試験体

【導電性塗料方式 CP-30 試験体数 6体】						
試験体番号	30-1	30-2	30-3	30-4	30-5	30-6
通電電流密度 (mA/m ²)	0	0	100	100	200	200
環境 湿度	60%	90%以上	60%	90%以上	60%	90%以上

【導電性モルタル方式 CP-60 試験体数 6体】						
試験体番号	60-1	60-2	60-3	60-4	60-5	60-6
通電電流密度 (mA/m ²)	0	0	100	100	200	200
環境 湿度	60%	90%以上	60%	90%以上	60%	90%以上

建研式接着力試験器を用いた付着強度試験を行うとともに、リトマス試験紙を用いた陽極とコンクリート界面のコンクリート pH の測定を行った。

4.2 試験体の製作

試験体の形状・寸法は (150W×300L×50D) とし、鋼材は単位コンクリート表面積に対する内部鋼材表面積の比が 0.8 程度になるよう溶接金網 (φ 4mm) (写真-2) を用い、所定の位置に設置した。使用した示方配合を表-2 に示す。なお、試験的に適用した桁に含まれる塩化物イオン量と同等の 6kg/m³(Cl⁻) となるように練混ぜ水に NaCl を混入してコンクリートを製造、型枠内へ打設を行った。養生後、電気防食の施工面にワイヤーブラシを用いて素地調整を行い、清掃後、導電性塗料及び導電性モルタルの防食工法を施した。写真-3、写真-4 に施工状況を示す。

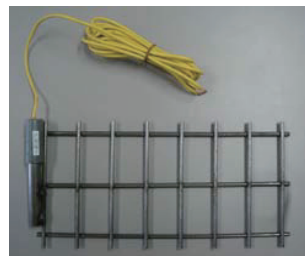


写真-2 内部鋼材

表-2 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S	G	Ad	NaCl
48.0	41.55	160	333	762	1072	3.66	9.891



写真-3 導電性塗料施工



写真-4 導電性モルタル施工

5. 実験結果および考察

5.1 積算電流量密度

全体的に湿潤状態の試験体より室内湿度状態の試験体の方が、所定の電流を確保するための電圧が大きくなる傾向にあり、コンクリートの比抵抗が関係しているものと推定される。

一時期、電源装置の定格出力が不足したために所定の電流を流すことが出来なくなった。そこで、電源装置を追加設置し所定の電流量を確保した。

5.2 付着強度試験および界面 pH 測定

(1) 付着強度試験結果

付着強度試験結果を図-4 に示す。導電性塗料方式では、試験環境に係わらず無通電試験体と比較して付着強度は、6 割から 7 割程度に減少する傾向にあった。破壊形態は、無通電の試験体ではコンクリート母部材の破壊であったが、通電することによるコンクリート母部材と陽極材料破壊の混合、または、陽極材料破壊であった。通電することにより陽極材の劣化が推定さ

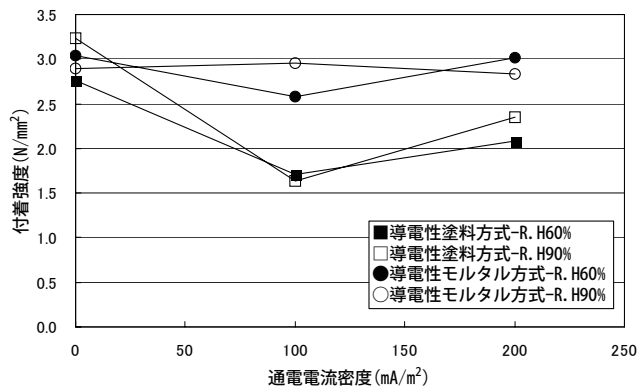


図-4 付着強度試験結果

れた。一方、導電性モルタル方式の付着強度試験では、通電量および試験環境の相違には影響されず無通電試験体と同程度の強度が認められた。破壊状況はコンクリート母部材での破壊であった。導電性塗料方式と比較して耐久性があるものと推定された。

(2) pH測定試験結果

pH測定試験結果を図-5に示す。導電性塗料方式では、通電することによりpHが9から6程度に変化する傾向にあった。一方、導電性モルタル方式では、大きな変化は認められなかった。

一般的には通電することにより、陽極界面にはOH⁻イオンが集積し酸性に移行する傾向にあると考えられる。しかし、導電性塗料方式と導電性モルタル方式との相違の原因は明確にはなっておらず今後の課題である。

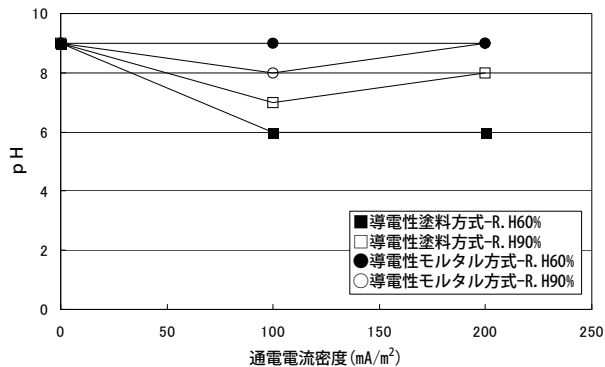


図-5 pH測定試験結果

5. まとめ

広汎な普及を目的とし、新しい電気防食工法に注目し、試験的な施工とそれら陽極材料の通電量と環境を因子として、促進耐久性試験を行った。本実験の範囲内で得られた知見は以下の通りである。

- ・プレテンション方式ホロー桁に試験施工した結果、直流電源装置の不都合があったものの、導電性塗料方式、導電性モルタル方式とも良好な作動が確認できた。
- ・導電性モルタル方式は、通常実施される防食電流量の10倍程度の通電量でも、短期間で劣化することなく陽極材の耐久性は10年程度以上確保されるものと推定された。
- ・導電性塗料方式は、通常の実施される防食電流量の5倍以上の通電量では、短期間で劣化する傾向が認められた。
- ・導電性塗料方式では、コンクリートと陽極材の界面pHは通電することにより酸性側に移行する傾向が認められたが、導電性モルタル方式では認められなかった。
- ・今回の試験は、陽極材の耐久性を図る指標にするため、短期間での通電電流量を設定し、積算電流量密度により陽極材の耐久性を評価したところ、過電流が陽極材に与える影響が大きいと推定された。
- ・今後同様な試験を行う場合は、測定期間と電流量を適正に設定する必要がある。

【参考文献】

1) 貝原・山本・北山：船通橋への導電性塗料工法適用，プレストレストコンクリート技術協会，第16回シンポジウム論文集，pp.75-78, 2007.10
 2) 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