

論文 港湾構造物の維持管理の向上に着目した電気防食工法の適用に関する検討

三村 典正^{*1}・黒川 公一^{*2}・鹿島 篤志^{*3}・河野 広隆^{*4}

要旨：港湾構造物の維持管理の向上に着目し、海水の影響を考慮した2種の貼付け型の陽極と防食電流の供給方法について、飛沫帯の栈橋で試験施工を実施し、その適用性を検討した。結果、プラスチック皮膜で陽極材を覆い、躯体の露出面積を小さくすることで、長期的にも海水の影響を受けずに電気防食を適用することができることが確認できた。また、雨天時の通電も考慮することで、腐食環境の厳しい飛沫帯の構造物に対しても、ソーラーパネルのみの間欠通電方式による電気防食が適用できる可能性が見いだせた。

キーワード：維持管理、電気防食、飛沫帯、貼付け型モール陽極、貼付け型シート陽極、間欠通電

1. はじめに

外部電源方式の電気防食工法は、鋼材の腐食状況に応じて電流量が調整できるため、腐食の激しい環境下では有効な手段である。ただし、防食回路が正常に機能した状態で防食電流を供給し続けることが重要である。一方、海岸部の飛沫帯では波しぶきによる海水の影響で防食電流の偏り等が発生し、防食回路が正常に機能しなくなる可能性がある。そこで、波しぶきが陽極材に直接掛からないように外側をプラスチック皮膜で覆った陽極を用いて、飛沫帯の栈橋で試験施工を実施し、その適用性を検討した。なお、防食電流の供給方式として、誘導雷の影響が低減でき、維持管理の向上に繋がるソーラーパネルのみの間欠通電方式も常時通電方式との比較で検討した。

2. 検討概要

2.1 陽極の概要

検討に用いた陽極は陽極材の外側をプラスチック皮膜で覆った貼付け型シート陽極と貼付け型モール陽極の2種類を選定した。貼付け型シート陽極の概略図を図-1、貼付け型モール陽極の概略図を図-2に示す。ともに躯体表面に貼り付けて設置する。なお、通電部の陽極材は躯体面と接触しない構造となっており、露出鋼材を撤去せず、有機絶縁材の被覆処理のみで設置可能である。また、両陽極とも通電時の陽極反応による生成物に対して、コンクリート面の露出部を設けるほか、貼付け型シート陽極は表面にガス透過性のフッ素樹脂フィルムを用い、貼付け型モール陽極はモールに通気孔を設けている。

貼付け型シート陽極は、フィルム状のカーボン陽極材とアクリル樹脂系導電性粘着材で構成された粘着型陽極材とフッ素樹脂フィルムとを工場加工で厚み約1.0mm

に積層したシート状の陽極である。陽極を躯体面に貼り付け、通電部を処理した後、シートの周囲をエポキシ樹脂で封止して完成である。

貼付け型モール陽極は、チタンリボンメッシュ陽極を内部に固定したモールをエポキシ樹脂で躯体面に貼り付け、モール内にグラウトモルタルを充填して完成である。

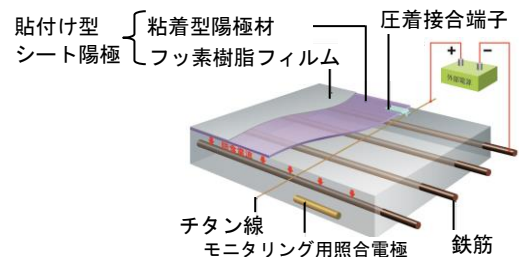


図-1 貼付け型シート陽極

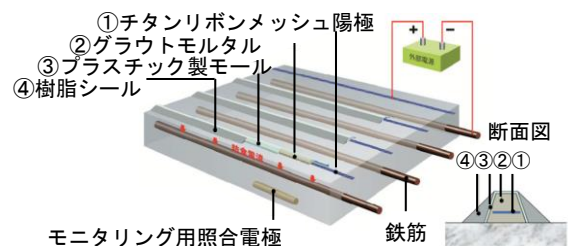


図-2 貼付け型モール陽極

2.2 防食電流の供給方式の概要

外部電源方式の電気防食は鋼材の腐食状況や環境状況に応じて防食電流の調整が可能である。しかし、商用電源を用いた場合、電源の確保や誘導雷による影響を考慮した定期的な維持管理が必要である。一方、自然エネルギーを防食電流の供給源とすると、商用電源の無い現場においても、容易に電源が確保でき、誘導雷の影響も

*1 ショーボンド建設（株） 補修工学研究所副所長（正会員）

*2 ショーボンド建設（株） 補修工学研究所研究員（正会員）

*3 住友大阪セメント（株） 建材事業部

*4 京都大学大学院 工学研究科都市社会工学専攻 教授 工博（正会員）

低減し、維持管理が容易となる。そこで、比較的安価で容易に設置可能なソーラーパネルを防食電流の供給源として検討することとした。ソーラーパネルを用いた場合、夜間は不通電状態となり、日中のみの間欠通電方式となる。これまでの室内試験では分極量を 150mV 以上とすることで防食効果を発揮できることを確認した^{1),2),3)}。しかし、腐食環境の厳しい港湾構造物に対して、同様の防食効果が確保できるか検討する必要がある。そこで、その防食効果を常時通電方式との比較により検討した。

3. 試験施工

3.1 施工箇所の概要

施工箇所の栈橋は 1973 年の竣工後、23 年経過した 1996 年より大規模補修工事が実施された。その補修工法は岸壁と平行方向の桁では電気防食、垂直方向の桁では塩害対策の保護塗装である。施工箇所は岸壁と垂直方向の 3 か所の桁とし、陽極は貼付け型シート陽極と貼付け型モール陽極の 2 種類、防食電流の供給は商用電源を用いた常時通電とソーラーパネルを用いた間欠通電の 2 種類とした。施工箇所の概要を図-3 に示す。施工箇所の桁は岸壁に近く、岸壁や柱等で発生した波しぶきが掛かる箇所である。なお、保護塗装は竣工後 23 年経過した段階で施工されたため、試験施工時に採取した供試体のコンクリート表面は中性化しており、内部には塩化物イオンが含まれていた。また、施工箇所 No.2 の側面-1 では、鋼材腐食によるコンクリートの浮きや塗膜の割れが発生していた。そのため、施工前に浮き部を撤去し、鋼材の腐食状態を確認した後、躯体と同等の電気抵抗を有する電気防食用のモルタルで断面修復した。施工箇所 No.2 の状況を写真-1、各施工箇所の調査結果を表-1 に示す。

3.2 施工の概要

既設塗膜を撤去した躯体面に陽極を貼り付け、陽極材間を電氣的に接続した後、電源へ配線して完成する。各陽極では躯体の露出面積が異なり、貼付け型シート陽極では各シート間の幅 40mm の隙間、貼付け型モール陽極ではモール間の幅 100mm 以上の隙間でコンクリート面が露出している。施工面積は 9.6m² ずつである。各陽極の施工後の状況を写真-2 に示す。

常時通電方式の電源装置は定電流制御方式、間欠通電方式は最大電流制御方式を使用した。雨天時のソーラーパネルの発電量は晴天時の約 1/10 であるため、間欠通電用のソーラーパネルは、雨天時でも通電できるように設計時の最大使用電力 2.88W (=10V×0.03A/m²×9.6m²) の 10 倍以上を目安に、公称最大出力 36W を使用した。

陽極設置後、通電前に自然電位法で鋼材の状態を調査した。施工箇所 No.2 の鋼材腐食で浮きが発生していた箇所と施工箇所 No.3 の下面の一部で ASTM C 876 の腐食判

定基準では「不確定」となる電位を示した。それ以外では「90%以上の確率で腐食が無い」となる電位を示した。施工箇所 No.2 の調査結果を図-4 に示す。

検討時の目標とする分極量は、間欠通電方式では室内試験結果から 150mV 以上^{1),2),3)}、常時通電方式では従来通りの 100mV 以上とし、下限値のみ設定した。比較のため、通電電流量は各施工箇所とも同一とし、通電前に実施した分極試験結果から、各施工箇所とも設定した分極量を満足する 28.8mA (0.003A/m²) とした。

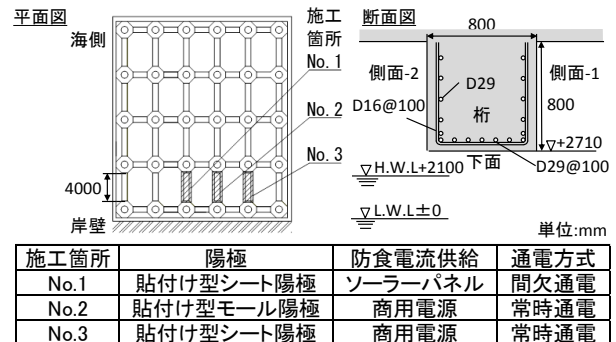


図-3 施工箇所の概要



写真-1 施工箇所 No. 2 の側面-1 の状況

表-1 各施工箇所の調査結果

施工箇所: No.1				
かぶり (mm)	側面-1	実測値	50	中性化 配力鉄筋
	下面	図面	40	
	側面-2	推定値 ^{*)}	69	
中性化 深さ (mm)	側面-1	最小値	9.6	
		最大値	14.3	
		平均	11.7	

施工箇所: No.2				
かぶり (mm)	側面-1	実測値	30	中性化 配力鉄筋
	下面	図面	40	
	側面-2	推定値 ^{*)}	89	
中性化 深さ (mm)	側面-1	最小値	10.1	
		最大値	18.2	
		平均	14.3	

施工箇所: No.3				
かぶり (mm)	側面-1	実測値	75	中性化 配力鉄筋
	下面	図面	40	
	側面-2	推定値 ^{*)}	44	
中性化 深さ (mm)	側面-1	最小値	2.0	
		最大値	4.8	
		平均	2.9	

*) 図面より側面-1と側面-2のかぶり合計119mmから側面-1の実測値を引いた推定値: 側面-2の推定値=119mm-側面-1の実測値

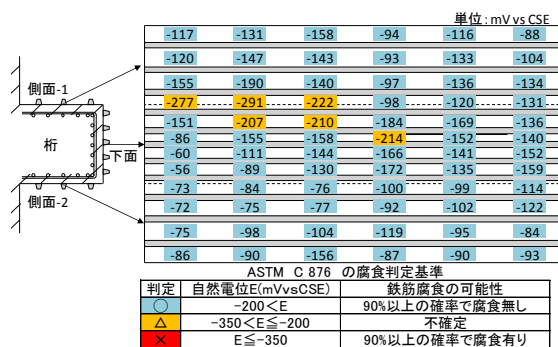


貼付け型シート陽極（施工箇所 No. 1, No. 3）



貼付け型モール陽極（施工箇所 No. 2）

写真－2 各陽極の施工後の状況



図－4 施工箇所 No. 2 の自然電位調査結果

3.3 調査項目

各施工個所の鋼材電位や通電量等を、データロガーを用い 10 分毎に計測した。鋼材電位は埋込み型照合電極および貼付け型照合電極を用い、図－5 に示す位置にて計測した。通電量は陽極の施工面ごと（側面－1，側面－2，下面）の分配量を確認するため、施工面ごとに回路を分離し、各回路に 100Ω の抵抗を挿入し、その両端の電圧により計測した。さらにコンクリートの表面温度および電源装置設置箇所の温度も熱電対を用いて計測した。また、数か月ごとに復極試験およびカソード分極試験を実施し、各施工個所の防食状態を評価した。

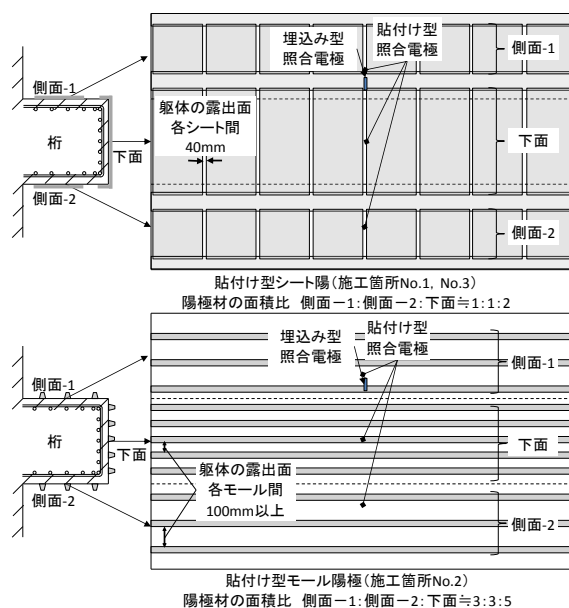
4. 試験施工後の調査結果

4.1 常時計測結果

施工箇所 No.1 の暴露 145 日～150 日後の各種測定結果を図－6，施工箇所 No.1 の鋼材電位の計測結果を図－7，各施工箇所の回路の電圧とコンクリートの表面温度を図－8，施工箇所 No.1～No.3 の電流量の結果を図－9，図－10，図－11 に示す。各データとも横軸の計測日数は通電を開始した 2015 年 4 月 28 日の午前 0:00 を起点とし、日数の記載箇所が、経過した日数の午前 0:00 となる。

(1) 施工箇所 No. 1

図－6 に示すように電流の供給はソーラーパネルのため、日の出とともに通電を開始し、日の入りとともに通電を停止する間欠通電となっている。鋼材電位は通電開



図－5 調査箇所の概要図

始とともにマイナス方向へ分極し、日の入りの通電停止とともにプラス方向へ復極するが、復極の途中で日の出とともに分極を開始した。図－7 に示すように夜間の復極途中の鋼材電位は、いずれの箇所においても通電直後と比較し、貴化しており、電気防食で鋼材の腐食となるアノード反応が抑制され、腐食抑制効果が鋼材電位の変化として現れてきたと考えられる。

図－8 および図－9 に電圧と電流量の経時変化を示す。図より、回路の電圧はコンクリートの表面温度の上昇時に低下しているが 2V 程度で推移し、電流も極端な変動は生じておらず、波しぶき等の海水の影響による急激な電圧低下や電流の極端な偏りは発生していない。

図－9 よりソーラーパネルからは毎日通電していることを確認した。なお、1 日あたりの通電時間は 5 時間以上が全日数、6 時間以上が全日数のうち 99.3%，11 時間以上が 96.7%であり、平均すると 13.3 時間であった。また、各陽極からの電流の分配は、当初、陽極材の面積比同様の側面－1：側面－2：下面≒1：1：2 であり、暴露期間の推移に伴い、それぞれの差が小さくなった。表－1 の施工前の調査結果から推定すると、下面は側面よりかぶりが薄く、鋼材量が多いため、防食に必要な電流量が大きくなったと考えられる。また、徐々に分配量の差が低減しているのは、通電とともに鋼材表面の状態が改善し電流が下面から側面へも通電しはじめたためと考えられる。

(2) 施工箇所 No. 2

図－10 に示すように昼夜で電流量の合計が 2mA 程度変動した。これは、用いた定電流電源装置がダイオードの基準電圧で電流量を制御しており、その基準電圧が電源装置の設置箇所の温度変化で変動しているためである。

ただし、電流量の変動量は、電源装置の定格の範囲内（最大出力 1A、電流安定度：最大出力 $\pm 1\%$ ）である。なお、昼夜でのコンクリート表面の温度変化は図-8 に示すように日射のない棧橋下面のため最大 5℃程度であったが、電源装置の設置箇所温度変化は 20℃程度であった。

図-8 に示すように回路の電圧は通電開始直後と比較し、徐々に高くなり、150 日付近では 5V 程度の値を示した。また、図-10 に示すように陽極からの電流の分配は、当初、側面-1：側面-2：下面 $\approx 14:6:9$ であったのが、150 日経過後には、側面-1：側面-2：下面 $\approx 23:3:3$ となり、側面-1 への電流の偏りが発生した。これは、施工箇所 No.2 のコンクリートの露出面積が施工箇所 No.1 や No.3 より大きく、コンクリートの湿潤化による電気抵抗の低下が生じやすく、また、表-1 に示すよう

に、側面-1 のかぶり厚は他の施工面より薄い 30mm となっており、長期的に他の部位より電流が流れやすくなっているためと考えられる。ただし、数時間での急激な電圧低下や電流の極端な偏りは生じておらず、陽極の通電に対する、波しぶき等の海水による直接的な影響は生じていないと考えられる。これは、海水が陽極の通電に影響した場合、海水の抵抗はコンクリートより低く、電流は陽極から躯体表面の水膜を通じ、直ちに電食のように流れやすい方へ通電し、数時間で急激な電圧低下や電流の極端な偏りが発生すると考えられるためである。

(3) 施工箇所 No. 3

施工箇所 No.2 同様、図-11 に示すように昼夜で電流量の合計が 2mA 程度変動し、回路の電圧も、図-8 に示すように通電開始直後と比較し徐々に高くなり 150 日付

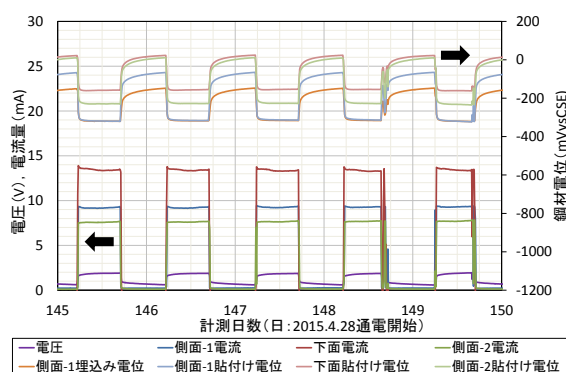


図-6 施工箇所 No. 1 の各種計測結果

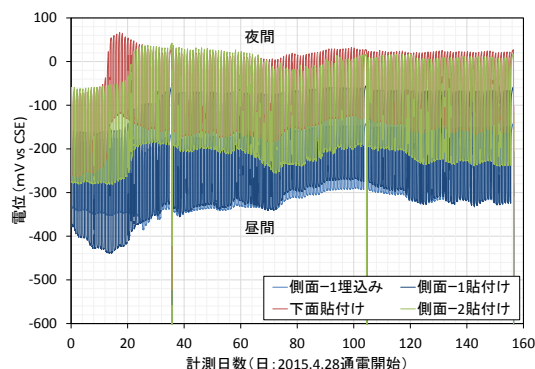


図-7 施工箇所 No. 1 の鋼材電位

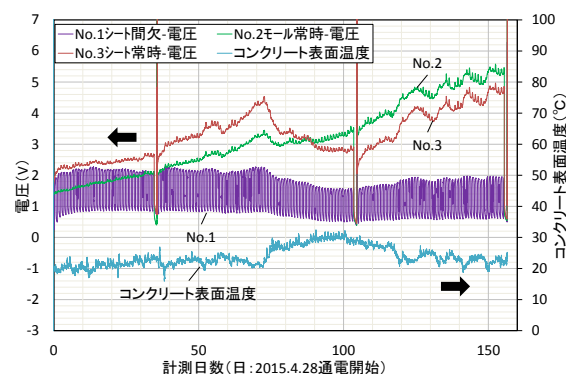


図-8 回路の電圧とコンクリート表面温度

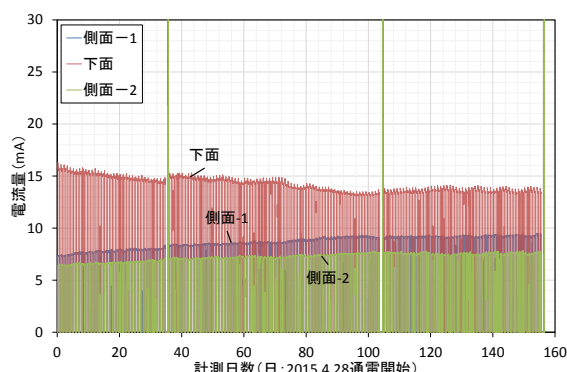


図-9 施工箇所 No. 1 の通電電流量

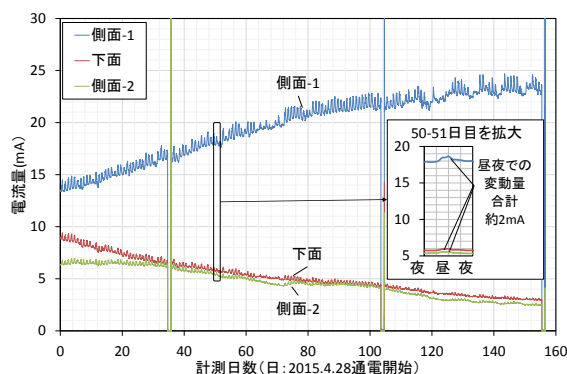


図-10 施工箇所 No. 2 の通電電流量

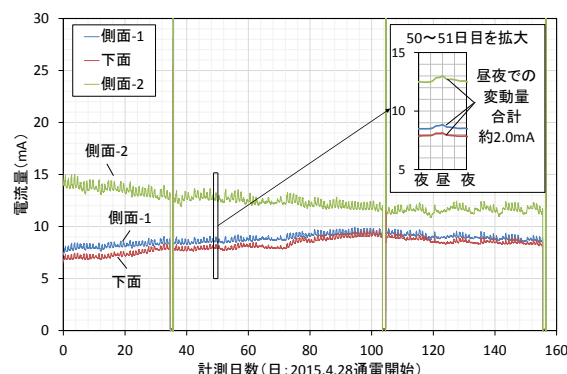


図-11 施工箇所 No. 3 の通電電流量

近では 5V 程度の値を示した。また、各陽極からの電流分配は、当初、側面－1：側面－2：下面≒8：14：7 と側面－2 がその他より 1.5 倍以上大きくなったが、100 日以降、側面－1：側面－2：下面≒9：11：9、と徐々にその差が小さくなった。表－1 に示す施工前の調査から、側面－1 のかぶりは 75mm と厚く、反対の側面－2 のかぶりは 44mm（図面より側面両側のかぶり合計 119mm から側面－1 を引いた推定値）と薄くなっていると推定され、その結果、当初、側面－2 への電流量が大きくなったと考えられる。しかし、100 日以降、その差は小さくなっており、通電とともに鋼材表面の状態が改善し、側面－2 に偏っていた電流が下面等へも通電しはじめたためと考えられる。ただし、数時間での急激な電圧低下や電流の極端な偏りは生じておらず、陽極の通電に対する、波しぶき等の海水による直接的な影響は生じていないと考えられる。

以上から、使用した陽極は陽極材がプラスチック皮膜で覆われているため、陽極の通電に対する、波しぶき等の海水の影響による急激な電圧低下や電流の極端な偏りは発生していない。しかし、長期的な施工面ごとの電流量の差は、コンクリートの露出面積の小さい施工箇所 No.1 や No.3 が小さくなるのに対し、露出面積の大きい No.2 では大きくなった。これは、コンクリートの露出面積によりコンクリート自体の湿潤状態や鋼材の腐食環境が異なることが原因と考えられる。

また、暴露期間を通じ、間欠通電の方が常時通電より回路の電圧が低くなった。これは、①常時通電の方が防食効果の発揮が早く、鋼材表面の状態が改善されたことによる抵抗分極が増加したことによる影響、あるいは、②陽極材表面での陽極反応による生成物の蓄積等で陽極材の濃度分極が増加したことによる影響等が考えられる。後述する施工箇所 No.1 と No.3 の復極試験とカソード分極試験の結果を比較すると防食効果は同等と考えられることから、間欠通電では夜間の不通電時に陽極反応による生成物の蓄積等が解消され、濃度分極による電圧の上

昇が抑制されたためと考えられる。ただし、本検討では、各施工箇所の分極量の下限值のみ設定し、比較のため同一の電流を通電しており、調査後の通電調整も実施していない。よって、常時通電では過度な電流を通電しており、その影響でも電圧が高くなったと考えられる。

4.2 復極試験結果

各施工箇所の復極試験の結果を表－2 に示す。なお、照合電極の貼付け型は躯体表面、埋込み型は鋼材近傍で計測しており、貼付け型はかぶりを含んだ値のため、電流の偏りが生じた施工箇所 No.2 以外、IR ドロップ（ $E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$ ）は貼付け型の方が大きな値を示している。

(1) 施工箇所 No. 1

34 日目および 155 日目の調査では、いずれも目標とする復極量 150mV 以上を満足したが、夏季に実施した 103 日目の調査では、復極量が低下し、150mV を下回る箇所が発生した。間欠通電では夜間に不通電状態となり、夜間は鋼材の腐食の影響を受ける。通電電流量の調整は通電前の約 20℃の環境下で実施し、103 日目の調査は約 30℃の夏季に実施した。そのため、鋼材の腐食速度は温度が高い方が早く、間欠通電ではその影響で復極量が小さくなったと考えられる。しかし、いずれの計測箇所でも通電前と比較した通電後の鋼材電位（ $E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$ ）は貴側に变化しており、鋼材自体は電気防食により、腐食となるアノード反応が抑制され、腐食抑制効果が現れてきていると考えられる。

(2) 施工箇所 No. 2 および No. 3

いずれの箇所でも目標とする復極量 100mV 以上を満足した。また、通電前と比較した通電後の鋼材電位（ $E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$ ）は貼付け型照合電極で計測している No.3 の側面－1 以外、いずれも貴側に变化しており、アノード電流が抑制され、防食効果が表れてきていると考えられる。なお、施工箇所 No.3 の側面－1 についても、その他と比較し、復極量が大きく、同じ側面－1 で計測している埋込み型照合電極の結果では貴側に变化しており、腐食抑制効果が現れてきていると考えられる。

表－2 復極試験結果

施工箇所No.1間欠通電		通電前		通電34日目							通電103日目							通電155日目						
貼付け型シート降極		E_{initial}	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	
計測箇所	照合電極	(mV vs CSE)	(mV vs CSE)				(mV)	(mV vs CSE)			(mV)				(mV vs CSE)			(mV)						
側面-1	埋込み型	-186.8	-332.7	-329.8	-156.3	173.5	30.5	2.9	-287.9	-280.8	-137.4	143.4	49.4	7.1	-314.7	-305.9	-131.6	174.3	55.2	8.8				
側面-1	貼付け型	-158.5	-328.2	-303.5	-57.6	245.9	100.9	24.7	-276.3	-232.7	-55.3	177.4	103.2	43.6	-324.7	-271.7	-58.0	213.7	100.5	53.0				
下面	貼付け型	-64.5	-159.7	-136.6	32.1	168.7	96.6	23.1	-131.8	-99.9	26.7	126.6	91.2	31.9	-163.4	-125.7	28.3	154.0	92.8	37.7				
側面-2	貼付け型	-47.5	-196.2	-160.6	44.9	205.5	92.4	35.6	-194.8	-136.2	15.7	151.9	63.2	58.6	-240.7	-166.6	19.2	185.8	66.7	74.1				
施工箇所No.2常時通電		通電前		通電34日目							通電103日目							通電155日目						
貼付け型モル降極		E_{initial}	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	
計測箇所	照合電極	(mV vs CSE)	(mV vs CSE)				(mV)	(mV vs CSE)			(mV)				(mV vs CSE)			(mV)						
側面-1	埋込み型	-207.9	-405.4	-397.9	-174.0	223.9	33.9	7.5	-433.6	-389.9	-146.4	243.5	61.5	43.7	-498.9	-430.9	-149.4	281.5	58.5	68.0				
側面-1	貼付け型	-123.5	-359.5	-328.3	-108.3	220.0	15.2	31.2	-276.9	-192.6	4.7	197.3	128.2	84.3	-343.1	-225.6	-5.0	220.6	118.5	117.5				
下面	貼付け型	-159.5	-330.2	-275.8	-110.4	165.4	49.1	54.4	-282.6	-197.6	-77.1	120.5	82.4	85.0	-236.1	-134.5	-11.2	123.3	148.3	101.6				
側面-2	貼付け型	-72.5	-267.3	-202.3	7.0	209.3	79.5	65.0	-149.8	-96.5	23.1	119.6	95.6	53.3	-129.7	-90.3	15.9	106.2	88.4	39.4				
施工箇所No.3常時通電		通電前		通電34日目							通電103日目							通電155日目						
貼付け型シート降極		E_{initial}	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	復極量	$E_{\text{off}} - E_{\text{initial}}$	$E_{\text{instantoff}} - E_{\text{on}}$	E_{on}	$E_{\text{instantoff}}$	E_{off}	
計測箇所	照合電極	(mV vs CSE)	(mV vs CSE)				(mV)	(mV vs CSE)			(mV)				(mV vs CSE)			(mV)						
側面-1	埋込み型	-145.6	-314.6	-312.7	-147.3	165.4	-1.7	1.9	-289.5	-286.5	-121.3	165.2	24.3	3.0	-303.7	-300.7	-119.3	181.4	26.3	3.0				
側面-1	貼付け型	-33.5	-409.1	-323.5	-96.8	226.7	-63.3	85.6	-342.5	-267.2	-53.2	214.1	-19.7	75.3	-404.5	-306.5	-66.8	239.7	-33.3	98.0				
下面	貼付け型	-14.5	-104.9	-60.7	76.4	137.1	90.9	44.2	-139.3	-101.2	46.8	148.0	61.3	38.1	-226.6	-175.6	-12.3	163.3	2.2	51.0				
側面-2	貼付け型	-93.5	-297.4	-278.3	-80.1	198.2	13.4	19.1	-292.2	-253.6	-67.3	186.3	26.2	38.6	-326.9	-277.3	-70.6	206.7	22.9	49.6				

4.3 カソード分極試験結果

埋込み型照合電極を用い復極試験後のオフ電位を自然電位とし、その自然電位からカソード分極試験を実施した。そして、分極量-70~-200mV の範囲で外挿したターフェル直線と自然電位との交点から鋼材の腐食速度を腐食電流密度として算出し、各施工箇所での防食効果を検討した。試験結果を図-12、図-13、図-14 に示す。

(1) 施工箇所 No. 1 および No. 3

施工箇所 No.1 および No.3 とも腐食電流密度は、通電前と比較し 103 日目は小さな値を示したが、34 日目および 155 日目は大きな値を示した。ただし、自然電位に用いたオフ電位は復極中の安全側の値を用いており、本来の自然電位は白矢印に示したように少し貴な値である。そのため、交点の腐食電流密度は、より左側の小さい値となると考えられる。また、ターフェル直線の傾きは、施工箇所 No.1 および No.3 とも通電前と比べ、あまり変化しなかった。このようにカソード分極特性があまり変化しなかったは施工箇所の鋼材が腐食しておらず、また、露出面積が小さく湿潤化していないためと考えられる。

(2) 施工箇所 No. 2

腐食電流密度は、通電前と比較し 34 日目および 103 日目は大きな値を示したが、155 日目には 2/3 以下の値を示した。また、ターフェル直線の傾きは、34 日目で通電前と比較し約 1.5 倍の値を示した。これは 34 日目でカソード分極特性が変化し、通電前より鋼材が小さな通電量で分極することを示している。このように短期間でカソード分極特性が変化したのは、計測箇所の鋼材が腐食しており防食効果が顕著であったことと、露出部が大きく施工後に湿潤化したことの影響であると考えられる。

5.まとめ

本検討の結果、明らかになったことを以下に示す。

- (1) 飛沫帯の栈橋でも、陽極材をプラスチック皮膜で覆うことで、波しぶき等の海水による急激な電圧低下や電流の極端な偏りを防ぐことができた。また、貼付け型シート陽極のように躯体の露出面積を小さくすることで、長期的にも海水の影響を防ぐことができた。
- (2) 雨天時の通電も考慮してソーラーパネルを設計することで、過酷な環境に対しても、ソーラーパネルのみの間欠通電方式による電気防食が適用できる可能性が見いだせた。
- (3) 通電量を同一とした場合、常時通電方式より間欠通電方式の方が防食回路の劣化要因となる電圧の上昇が発生しておらず、防食回路の耐久性向上に有効である。ただし、本研究は施工後半年未満で、現場の外観調査も未実施である。特に飛沫帯の栈橋では、海水の影響だけでなく、流木等の物理的要因も考慮し耐久性を評価す

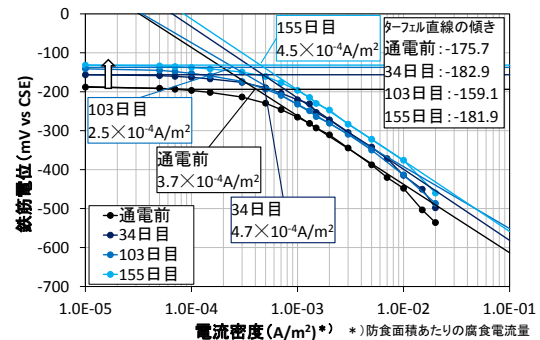


図-12 分極試験結果 (施工箇所 No. 1)

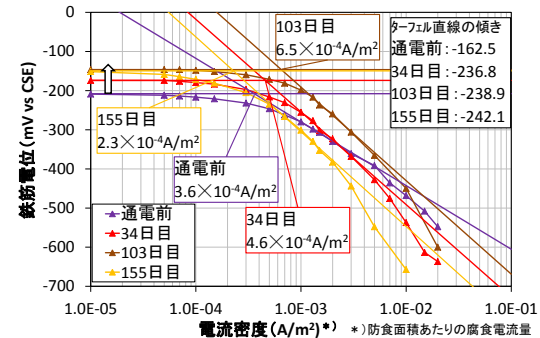


図-13 分極試験結果 (施工箇所 No. 2)

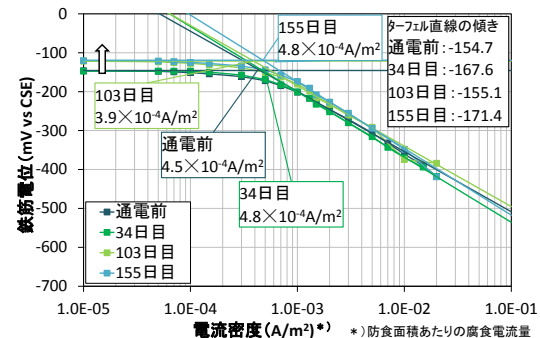


図-14 分極試験結果 (施工箇所 No. 3)

る必要がある。今後、継続調査し再検討する予定である。

謝辞

本研究にあたり、保全技術(株)大久保謙治氏、藤森工業(株)鈴木潤氏にご協力を頂いた。ここに謝意を表したい。

参考文献

- 1) 二木有一, 三村典正, 石川康登, 鈴木潤: 光発電シート陽極による電気防食工法, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, V-076, pp.151-152, 2012.9
- 2) 三村典正, 二木有一, 福手勤: 品質改善と通電管理の向上を目的とした貼付け型シート陽極による電気防食工法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1192-1197, 2014
- 3) 三村典正, 太田翔, 黒川公人, 河野広隆: ソーラーパネルを用いた間欠通電方式による電気防食の検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集, V-096, pp.191-192, 2015.9