

電気防食施工後15年経過した新数久田橋の調査と補修工事報告

(株)富士ピー・エス	営業本部技術営業推進グループ	正会員	○篠原	貴
(株)富士ピー・エス	西日本支店技術部工事チーム	正会員	泉	隆士
(株)富士ピー・エス	西日本支店技術部工事チーム	正会員	大城	敦
(株)富士ピー・エス	技術本部土木技術グループ	正会員	宇地原	崇夫

1. はじめに

新数久田橋は、沖縄県名護市数久田内に位置する一般国道58号線に架かる橋梁で、昭和50年に架橋され建設後31年を経過したポストテンション方式PC単純T桁橋である。本橋梁は、海岸線に位置する橋梁であるため、飛来塩分の影響で損傷の進行が早く、昭和59年に主桁の保護塗装が施された。更に平成3年には当時損傷の著しかったG6桁、G7桁に対し電気防食が試験施工された。同時に、それ以外の主桁には全面再保護塗装が施工された。

今回の工事は、当初、既設電気防食桁を除く主桁12本に外部電源線状陽極方式の電気防食工を施工するものであったが、既設電気防食桁2主桁の現況調査結果により、これを含めた14主桁に今回の電気防食を施工することとなった。

本報告は、電気防食が施工されて15年が経過したG6桁、G7桁の現況調査結果、およびこれらを含めた主桁への電気防食の施工について報告するものである。

2. 事前調査結果

補修方法を選定するための事前調査時のコンクリート試験結果では、海側主桁の鉄筋位置(コンクリート表面から40~60mm:設計かぶり35mm)において、 2.12kg/m^3 、 3.31kg/m^3 と腐食発生限界の 1.2kg/m^3 を超える塩分量が確認された。また、山側についても、外観上は錆汁や浮き、剥離は見当たらないものの、コンクリート表面から20~40mmの位置で 1.58kg/m^3 と 1.2kg/m^3 を越える塩分量が確認された。本橋は前回の補修において、G6桁、G7桁以外の主桁には保護塗装が施されているにもかかわらず、腐食発生限界を超える内在塩分量や図-3、図-4に示すような損傷が多く見受けられた。これらを総合的に考え、今後本橋を維持していく最終手段として、電気防食による補修方法が採用された。

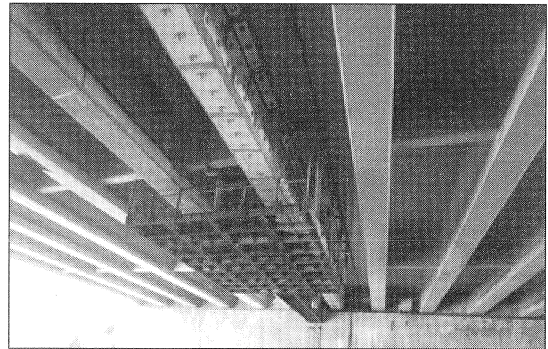


図-1 施工前

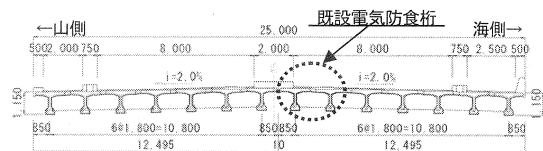


図-2 電気防食適用範囲断面図

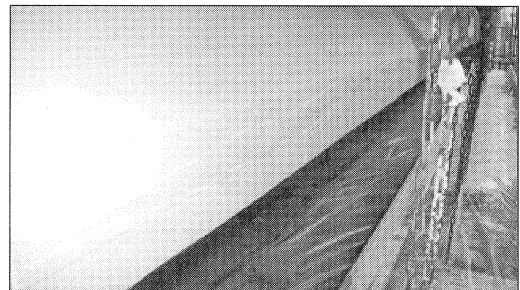


図-3 損傷状況(浮き:主桁下フランジ)

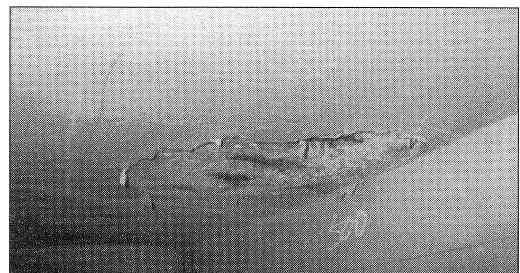


図-4 損傷状況(剥離:主桁上フランジ)

3. 現況調査結果

(1) 断面修復材料の比抵抗測定

平成3年の補修では、部分的に主桁の断面修復も実施されており、内部鋼材およびシースに均一な防食電流の供給を図るために、断面修復材の比抵抗値の把握が必要であった。計測は交流インピーダンス計を用い、SBR系エマルジョンを用いた小断面修復箇所とスラリーブレパックドコンクリートを用いた大断面修復箇所、および既設コンクリートの比抵抗を測定した。図-5に測定概要を示す。

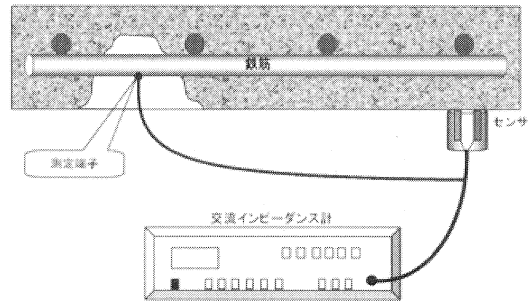


図-5 コンクリート比抵抗測定概要

表-1に海側のG4桁で測定したコンクリート比抵抗測定結果を示す。コンクリート部に比べ、断面修復部の比抵抗はやや大きい値を示したが、何れも電気防食と併用して支障のない100KΩ・cm以下であった。よって、断面修復材の撤去は行わずに電気防食を施工することとした。

表-1 コンクリート比抵抗測定結果

サンプル番号	比抵抗 R_s ($K\Omega \cdot cm$)	備考
OG-1	12.8	コンクリート部
BP-1	20.6	大断面修復部
BP-2	20.1	
BP-3	16.4	
SP-1	45.1	小断面修復部

(2) 既設電気防食桁現況調査

1) 現況調査

① G6桁 (チタンメッシュ陽極方式)

オーバーレイモルタルの浮き部と健全部の2箇所をはつり取り、陽極の健全性を確認した。オーバーレイモルタルが広範囲に浮いているものの、主桁およびチタンメッシュ陽極に損傷等は見られなかった。

② G7桁 (亜鉛シート方式)

ウェブおよび下フランジの3パネルを解体し、バックフィルおよび亜鉛陽極の残存状況を目視で確認した。バックフィル材は未だ適度な湿気を有しており、主桁に損傷は見られなかった。表-2に亜鉛シートの消耗状況を示す。3パネルとも71~77%程度消耗しており、特に下フランジの消耗が著しかった。

表-2 亜鉛シート消耗状況

項目	初期推定質量 (g)	残消耗質量 (g)	消耗率	年間消耗量 (g/年)	推定総寿命 (年)	推定残寿命 (年)
ウェブ (山側)	2182.4	563.85	74.2%	110.1	15.9	1.2
ウェブ (海側)	2182.4	632.35	71.0%	105.4	16.6	1.9
下フランジ	2506.4	567.79	77.3%	131.9	15.2	0.5



図-6 オーバーレイモルタルはつり状況

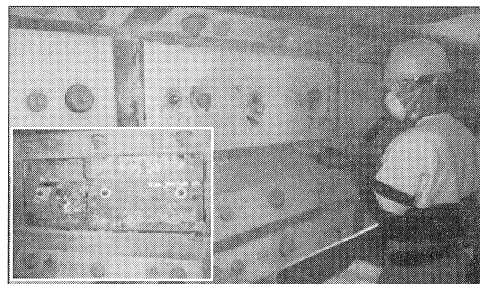


図-7 亜鉛シート撤去状況

2) 電位測定

施工後15年を経過した電気防食の防食効果を確認する目的で、G6桁、G7桁のON電位、通電停止直後のインスタントオフ電位、および通電停止後24時間後の復極量を測定した。

表-3に電位測定結果を示す。照合電極の経年劣化により測定値に異常が見られる2箇所(一表記)を除いて、G6桁、G7桁ともに電気防食の防食規準である100mV以上の復極量を確保できていることを確認した。

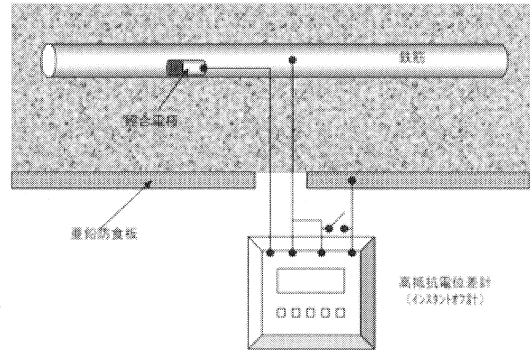


図-8 鉄筋電位測定概要

表-3 電位測定結果

測定部位	G6桁 (チタンメッシュ方式)								G7桁 (亜鉛シート方式)						
	#1			#2		#3-1		#3-2	名護側		中央		那覇側		
	補修部下フランジ*			未補修部 フランジ	未補修部 ウエブ	未補修部 ウエブ	未補修部 フランジ	未補修部 ウエブ	ウエブ	フランジ	ウエブ	フランジ	ウエブ	フランジ	
照合電極No.	①	②	④	③	⑤	⑥	⑦	⑧	ウエブ	フランジ	ウエブ	フランジ	ウエブ	フランジ	
防食面積 (m ²)	4.9			25.9		18.1		13.1	21.1	21.1		21.2			
電圧 (V)	2.5			2.0		6.1		15.6	-	-		-			
発生電流 (mA)	40			40		15		20	25	97		108			
電流密度 (mA/m ²)	8.2			1.5		0.8		1.5	1.2	4.6		5.1			
鉄筋電位 mV (CSE)	ON	-480	-458	-361	-376	-315	-247	-	-396	-	-247	-200	-196	-210	-192
	インスタントオフ	-459	-423	-347	-353	-308	-239	-	-286	-	-225	-176	-163	-198	-181
	オフ24h	-207	-196	-153	-100	-153	-117	-	-181	-	-115	-43	-31	-88	-60
復極量 (mV)	-252	-227	-194	-253	-155	-122	-	-105	-	-110	-133	-132	-110	-121	

※照合電極の種類：飽和塩化銀

(3) 測定結果による判定

G6桁に適用しているチタンメッシュ陽極方式は、オーバーレイモルタルの浮きが下フランジに見られるものの、電位測定においては防食基準(電位変化量 $\geq 100\text{mV}$)を満足していた。しかし、使用しているリボンメッシュ陽極の耐用年数は40年であるが、照合電極の動作不良箇所も見られ、直流電源装置および配線・配管もすでに耐用年数を越えている事から、今回の施工時にオーバーレイモルタル、陽極、照合電極、配線・配管材を撤去し、新たに電気防食を施工することが今後の維持管理上、有効と判断した。

G7桁に適用している亜鉛シート方式の電気防食は、通電期間約14.7年を経過しているが、目視調査においても異状はなく、また電位測定においても防食基準(電位変化量 $\geq 100\text{mV}$)を満足していた。亜鉛陽極の消耗質量は、当初の計画耐用年数である15年間に満足しているものの、消耗率が80%に近いことから、現状は陽極が寿命の末期にあると判断した。よって、G6桁と同様に亜鉛陽極、照合電極、配線・配管材を撤去し、新たに電気防食を施工することが今後の維持管理上有効と判断した。

以上より、当初発注の12本の主桁に既設電気防食桁G6桁、G7桁を含めた14主桁に外部電源線状陽極方式の電気防食工法を採用した。

4. 電気防食の施工

(1) 補修概要

本橋の補修概要を表-4に、陽極配置概要図を図-9に示す。本工事では、施工性・経済性に対する改良型として、陽極材縦置き配置の外部電源チタンリ

表-4 補修概要

工 事 名	平成18年度新数久田橋補修工事
発 注	内閣府沖縄総合事務局開発建設部北部国道事務所
工 期	自)平成18年9月16日 至)平成19年4月27日
防 食 方 式	外部電源チタンリボンメッシュ陽極方式
防 食 規 準	電位変化量 100mV以上 インスタント電位 -1.086V (VS MnO ₂)
通 電 方 式	定電流方式
回路数と回路 当たり面積	4回路 No.1:260.13m ² No.2:340.22m ² No.3:260.13m ² No.4:340.22m ²
照合電極の種類と 回路当たり数量	二酸化マンガン照合電極 2個/回路
電源装置容量	30V-15A

ボンメッシュ陽極方式が採用された。本方式は、陽極材を縦に配置するため、溝幅を小さくすることができ、2枚刃のカッターを用いて溝切を行うことで、はつり作業が不要となり、施工性、経済性ともに優れたものである。また、陽極の上方に絶縁カバーを配置するため、確実に電気の短絡を防止でき、図-9に示すような良好な防食電流の分布が期待でき、部分的な過電流の作用も防止できるものである。

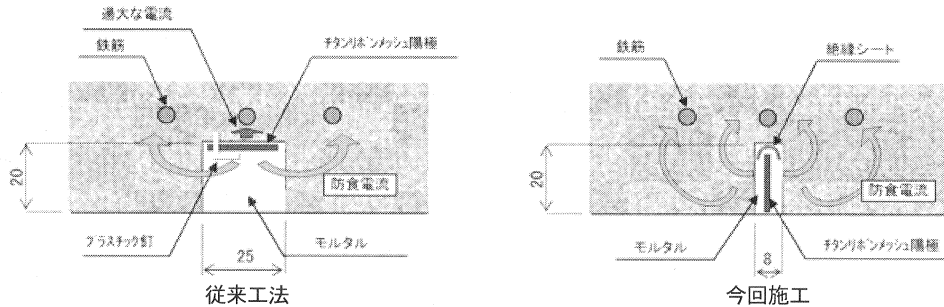


図-9 陽極配置概要図

(2) 施工上の留意点

施工上の留意点としては、溝幅が小さいため、溝深さの確認と溝内部の点検が、目視では困難であった。これに対しては、定尺棒での深さ確認、金属探査計および磁石を使用しての入念な点検で対応した。

(3) 通電調整試験結果

表-5に通電調整試験結果を示す。防食電流遮断直後の鉄筋電位（インスタントオフ電位）が通電前の鉄筋自然電位より100 mV以上分極していること、鋼材の水素脆化を防止する電位管理値-1.086 V (vs 二酸化マンガン電極基準) より貴な電位であることを確認した。

表-5 通電調整試験結果

回路No.	桁番号	通電電圧 (V)	防食電流 (A)	電流密度 (mA/m ²)	自然電位 (mV)	ON電位 (V)	インスタントオフ電位 (V)	分極量 (mV)
1	G2	1.66	1.06	4.1	-284	-442	-442	-158
	G3				-283	-456	-455	-172
2	G4	2.64	2.56	7.5	-326	-573	-572	-246
	G5				-341	-611	-611	-270
3	G9	1.59	1.13	4.4	-251	-487	-485	-234
	G10				-261	-495	-494	-233
4	G13	1.53	1.5	4.4	-267	-480	-479	-212
	G14				-277	-463	-462	-185

5. おわりに

本工事で、施工後15年を経過した電気防食の現況調査を行い、15年経過後も健全であることが確認できた。また、工事自体も施工性・経済性・品質の向上を目的に改良された陽極材縦置き配置方式での施工であった。今後、維持補修工事の増加に伴い、電気防食の採用も増加していくものと考えられる。本報告が、今後の設計・施工に役立つことができれば幸いである。また、新数久田橋に関しては、今後、初年度点検、定期点検、詳細点検の実施が計画されている。



図-10 施工完了写真 (A2橋台側より撮影)

最後に、新数久田橋の施工に際し、ご助言、ご協力を賜りました関係者各位様に深く御礼申し上げます。

【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

2) (財)東京埠頭公社：大井埠頭棧橋劣化調査・補修マニュアル（案）一，平成12年3月