

# チタングリッド陽極方式電気防食工法による阿曾・拳野洞門の補修工事

榎原 一起・張 建東・二上 章司

福井県敦賀市の阿曾・拳野洞門は、建設後 30 年が経過し、飛来塩分による鉄筋腐食が原因でコンクリート表面にひび割れ、浮き、剝離が顕著化し、洞門の耐久性低下や通行車両への安全性に問題を起こす可能性が生じ、補修工事として電気防食、表面被覆および柱の再構築が採用された。本報文はチタングリッド陽極方式電気防食の施工について述べる。

キーワード：塩害、チタングリッド陽極、電気防食、維持管理

## 1. はじめに

阿曾・拳野洞門は、一般国道 8 号福井県敦賀市阿曾～拳野地先の海岸線に立地する全長約 500 m の洞門である。昭和 48 年の竣工以来、関西圏と北陸圏を結ぶ重要交通路線を防護する構造物として重要な役割を果たしてきた。

しかし、本洞門は建設後 30 年間日本海から絶えず飛来塩分を受ける厳しい環境下に曝されたためにコンクリート表面にひび割れや浮き、剝離等の著しい損傷、

いわゆる塩害が顕著化し、洞門の耐久性低下や通行車両への安全性に問題を起こす可能性が生じた。そこで、洞門の補修・補強工法として近年、抜本的な塩害対策工法として注目を集めている電気防食工法や表面保護工法および断面修復工法が採用された。

本報文は、チタングリッド陽極方式電気防食工法の施工について報告するものである。

## 2. 工事概要

構造物諸元は表-1 のとおりである。図-1 に構造

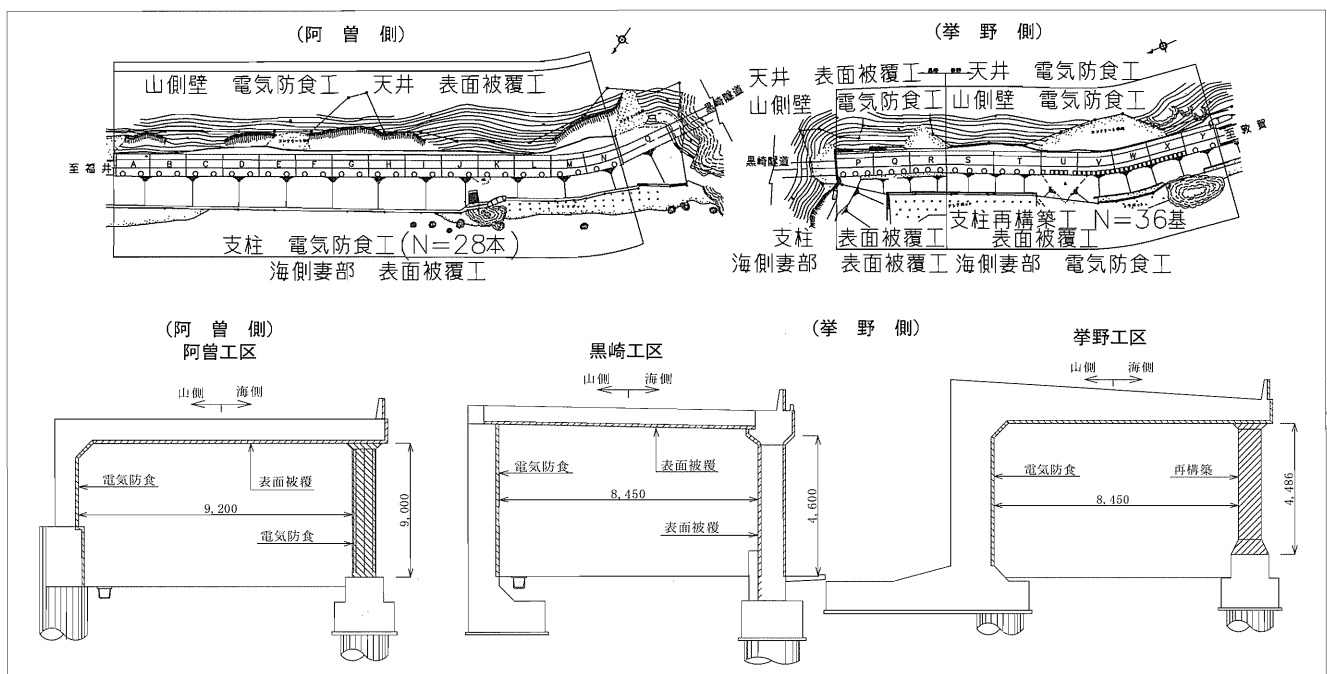


図-1 断面図および平面図

表-1 構造物諸元

工事名	8号阿曾・挙野洞門補修工事
発注者	国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所
工事場所	福井県敦賀市阿曾～挙野地先
構造物延長	
阿曾側	延長約280m
挙野側	延長約200m
工期	平成16年3月2日～平成17年3月10日
工種	
電気防食工	4,460 m <sup>2</sup>
表面被覆工	4,410 m <sup>2</sup>
支柱再構築工	丸支柱7本、角支柱29本
電気防食	
阿曾側	5防食回路
挙野側	8防食回路

物の平面図および断面図を示し、写真-1に構造物全景を示す。

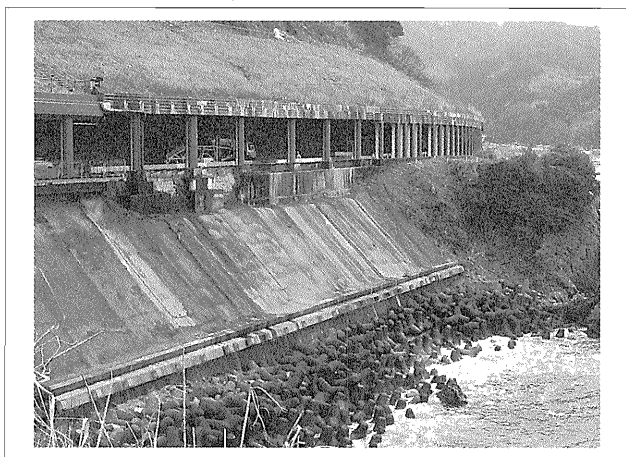


写真-1 構造物の外観

### 3. チタングリッド方式電気防食工法の概要と施工

#### (1) 概要

チタングリッド陽極方式電気防食工法とは、外部電源方式電気防食工法の一つである。図-2に示すようなコンクリート表面に一定間隔で切削した溝に設置した、幅20mm×厚さ0.5mmのチタングリッド陽極からコンクリート中の鋼材に微小電流を常時通電する

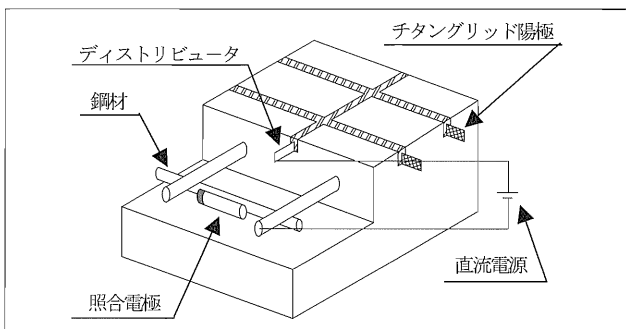


図-2 チタングリッド陽極方式電気防食の概要図

ことで、鋼材腐食を抑制する電気化学的防食工法である。本工法の特徴は、以下のとおりである。

- ①陽極材料は40年以上の耐久性を有している。
- ②コンクリート中に埋設することにより死荷重を増加させることなく、外的傷害から陽極を保護することが可能である。
- ③電流を調整することで、最適な防食状態を維持できる。

#### (2) 施工

チタングリッド陽極方式電気防食工法の施工フローを図-3に示す。なお、片側交互通行規制下での施工のため、回路形成などの施工管理は片側毎に実施した。

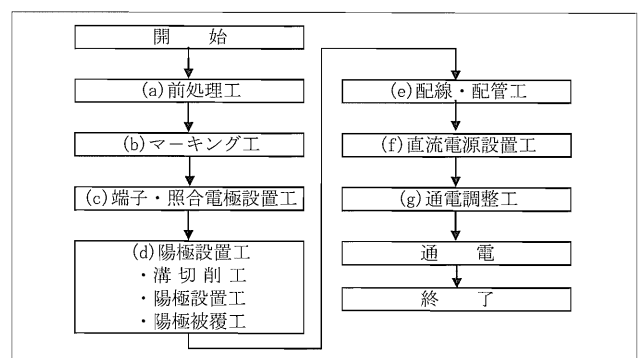


図-3 施工フロー

#### (a) 前処理工

電気防食の正常な作動に影響を及ぼす鋼製セパレータ等の露出金属は除去することを基本とし、除去できない部位は樹脂系被覆材で絶縁処理を施した。写真-2に除去した鋼製セパレータを示す。

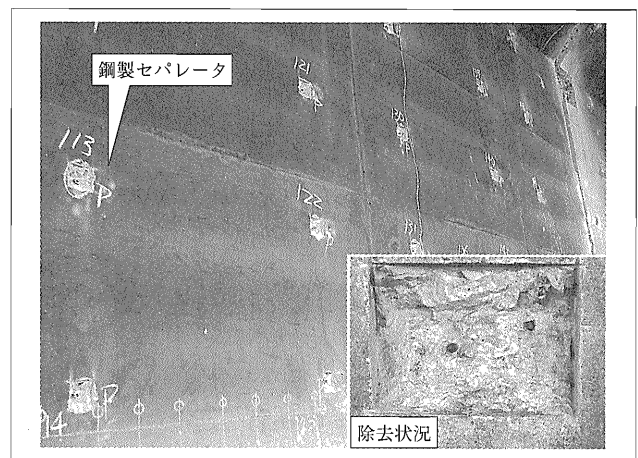


写真-2 鋼製セパレータと除去

また、防食対象箇所のコンクリート中の鉄筋は、電氣的に一体化されていることが必要であり、それが確保されていない場合には写真-3に示すようにコンクリート表面を切削し、導通確保用鋼材を鉄筋と溶接し

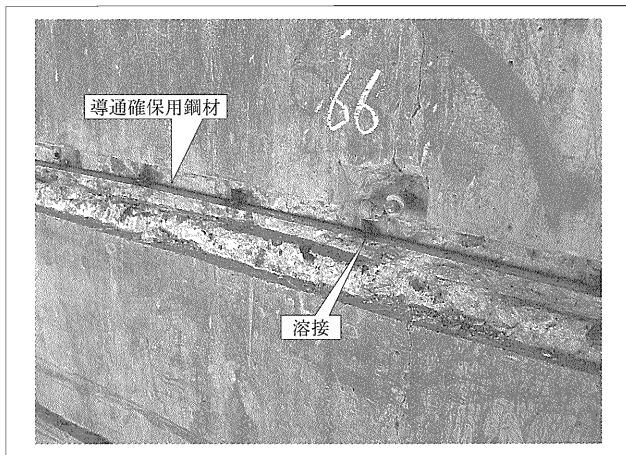


写真-3 鉄筋の電氣的導通確保の状況

て導通を確保した。

(b) マーキング工

チタングリッド陽極、ディストリビュータおよび照合電極を設置する箇所にマーキングを行った。

(c) 端子・照合電極設置工

照合電極は、防食効果を把握する目的としてコンクリート中鉄筋の電位を測定するセンサであり、防食回路1回路当たり3個設置した。設置状況を写真-4に示す。

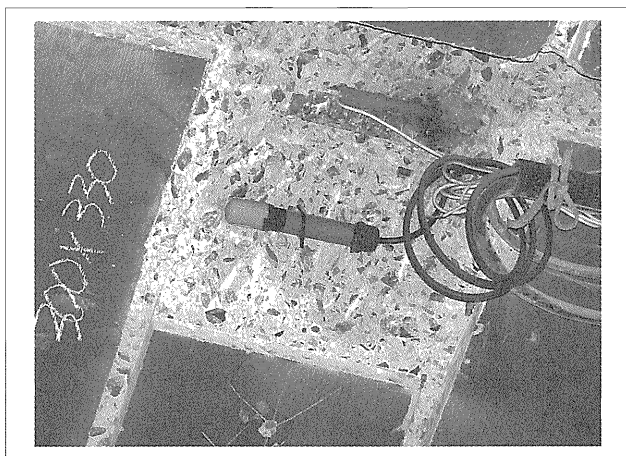


写真-4 照合電極の設置状況

端子には、照合電極と対にして電位を測定する計測端子と、防食電流を鉄筋から直流電源装置に戻す排流端子とに分かれる。いずれも鉄筋に溶接し設置した。

(d) 陽極設置工

防食電流をコンクリート中鉄筋へ通电させる陽極材を設置するために、

- ①溝切削工
- ②陽極設置工
- ③陽極被覆工

の順に施工した。

溝の形状は幅 25 mm×深さ 20 mm であり、最大

300 mm 間隔で切削した。また、切削する溝の総延長はディストリビュータ用の溝も含めると約 16 km となり、天井面への施工や工期を考慮して専用のスリットカッタを用いた。

スリットカッタは、コンクリート表面に設置したレーンを自動走行するもので、3枚のダイヤモンドブレードにより一気に2列の溝を同時に形成することが可能な施工機械である。これにより工期短縮、施工精度の向上および作業員への負担軽減に寄与した。写真-5にスリットカッタを用いた溝切削状況を示す。

切削溝内の不陸調整を、無機系モルタル材を用いて行った後に、チタングリッド陽極を樹脂製ピンを用い

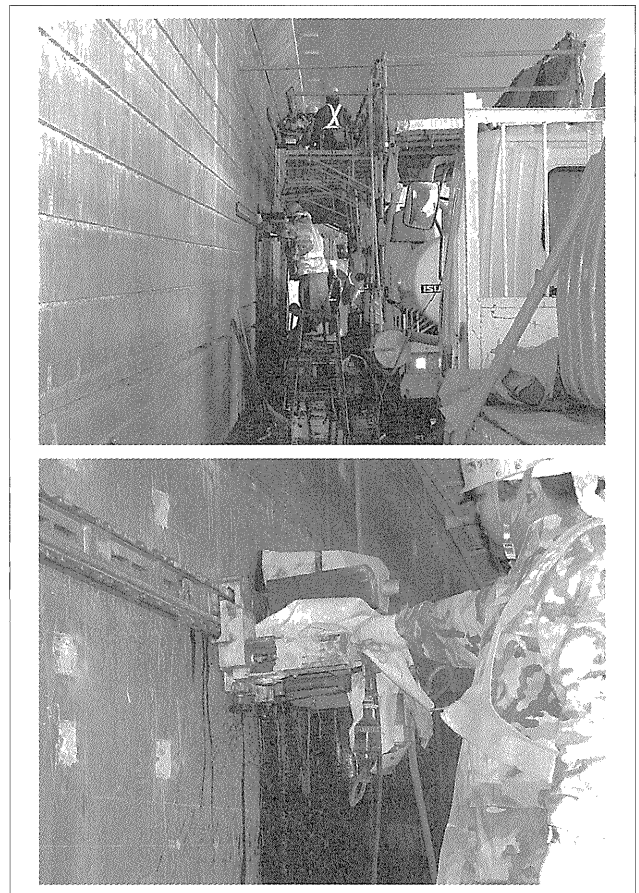


写真-5 スリットカッタを用いた溝切削状況

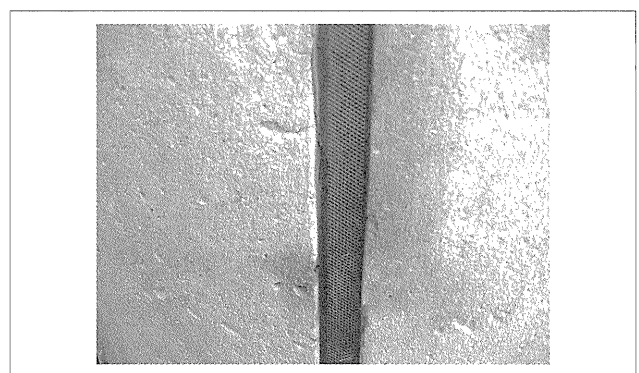


写真-6 チタングリッド陽極の設置状況

て写真—6 に示すように設置した。チタングリッド陽極とディストリビュータとはスポット溶接機を用いて接続した。陽極間の電氣的導通確認、鉄筋と陽極の絶縁確認を行った後に、無機系モルタル材を用いて溝の充填を行った。

(e) 配線・配管工

現地に設置されたディストリビュータ、照合電極および端子に接続されている配線材を直流電源装置まで配線し、配線材としては架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル、静電しゃへい付き制御絶縁ビニルシースケーブルを用いた。配線材の接続部には、樹脂製またはステンレス製プルボックスを用い絶縁低下を防いだ。またこれら配線材を保護する目的として、ポリエチレンライニング鋼管や可とう電線管にて配管を行った。なお、配管材の固定には落下による第三者傷害を避けるため、ダクタークリップを用いて固定するとともに、防食電流によるアンカの電食に留意した。

(f) 直流電源装置設置工

また、施工後に実施される維持管理を容易にする目的として、

- ①日常点検が容易となる受電、運転ランプ設置型
- ②定期点検が容易となる計測装置内蔵型の直流電源装置を設置した。当地では一次電源供給の関係で、直流電源装置は阿曾側と挙野側にそれぞれ1台ずつ設置した。

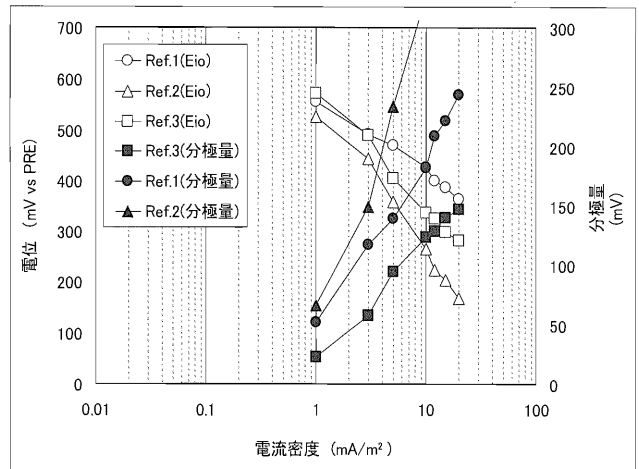
写真—7 に設置した直流電源装置を示す。



写真—7 直流電源装置

(g) 通電調整工

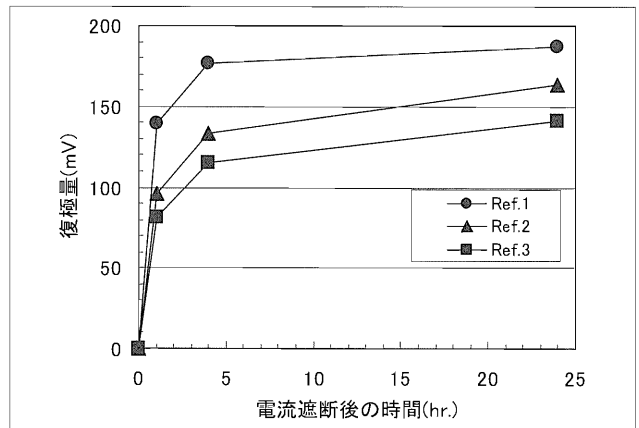
通電調整としては、防食電流を徐々に増加させ、それぞれの防食電流に対する鉄筋電位の関係から初期に通電する防食電流量を決定する  $E-\log i$  試験を実施した。試験結果の一例を図—4 に示す。試験からすべての鉄筋電位が防食基準である 100 mV 分極を満足する  $3 \text{ mA/m}^2$  の防食電流密度で初期通電し、通電 1 週間後に復極試験を実施した。復極試験は、通電を一時的に遮断し、遮断直後の電位と遮断 24 時間後の電位



図—4  $E-\log i$  試験結果の一例

を測定することで、両電位の差である復極量が 100 mV 以上あることを確認することを目的としている。

図—5 に試験結果の一例を示す。



図—5 復極試験結果の一例

#### 4. 維持管理

電気防食施工後の維持管理は、電気防食の正常な作動や構造物の健全性を長期にわたり維持させることを目的として実施される。

点検は、以下に示す日常点検、定期点検、詳細点検、臨時点検に大別され、本工事に先立ち計画された点検計画(案)を表—2 に示す。

①日常点検

管理者が日常巡回時に目視で実施し、損傷の早期発見のため実施

②定期点検

管理者が策定した維持管理計画に基づき、日常点検で把握し難い細部も含めて実施

③詳細点検

電気防食回路全体の健全性および使用機器の信頼

表--2 点検の実施計画 (案)

点検の種類	点 検 対 象		点 検 項 目	点 検 頻 度
日常点検	直流電源装置	表 示 灯	点灯や消灯の確認	巡 回 時
定期点検	構 造 物	コンクリート 陽極被覆材 配 管 材	コンクリートの浮き・はく離・錆汁発生 陽極被覆材の浮き・はく離 配管材の剥がれ・たるみ	初年度4回/年 次年度以降1回/年
	直流電源装置	収納ボックス外部 収納ボックス内部 表 示 灯 故 障 ランプ 避 雷 装 置 防 食 効 果 防食電流調整	錆・塗膜の剥がれ・割れ・たるみ 錆・塗膜の剥がれや扉の開閉 点灯や消灯の確認 故障ランプの点灯の有無 ランプの点灯・消灯や割れ 復極試験 復極試験結果参照	
詳細点検 (臨時点検)	構 造 物	コンクリート 陽極被覆材 配管材 配線材	コンクリートの浮き・はく離・錆汁発生 陽極被覆材の浮き・はく離 配管材の剥がれ・たるみ 配線材の絶縁	5年後、 10年後、 20年後 臨 時
	直流電源装置	収納ボックス外部 収納ボックス内部 表 示 灯 故 障 ランプ 避 雷 装 置 端 子 盤 電 源 ユ ニ ッ ト 制 御 ユ ニ ッ ト 防 食 効 果 防食電流調整	錆・塗膜の剥がれ・割れ・たるみ 錆・塗膜の剥がれや扉の開閉 点灯や消灯の確認 故障ランプの点灯の有無 ランプの点灯・消灯や割れ 錆汁発生 出力電流・電圧 測定電流・電圧・電位・インスタントオフ電位 復極試験 復極試験結果参照	

性を確保するために実施

④臨時点検

災害や事故が発生した際、状況把握とともに対策  
工の可否を評価・判定するために実施

5. おわりに

補修工事完成後の状況を写真-8に示す。

補修・補強工法として近年、抜本的な塩害対策工法  
として注目を集めている電気防食工法が阿曾・挙野洞  
門に適用された。本工事における電気防食工法の総施  
工面積は約4,400㎡と国内の単独工事としては最大  
規模のものであり、同類補修工事の参考になることが

期待される。また、電気防食技術を確立するため、今  
後も定期的に点検・計測を実施し、防食効果を長期的  
に検証することが課題である。

謝 辞

本工事の施工に当たりご指導ご協力頂いた、国土交通省  
近畿地方整備局福井河川国道事務所関係各位、ならびに株  
式会社建設技術研究所関係各位に、この場をお借りして感  
謝の意を表します。



【筆者紹介】

檜原 一起 (かしはら かずおき)  
株式会社ピーエス三菱  
開発営業部  
営業グループリーダー



張 建東 (ちょう けんとう)  
株式会社ピーエス三菱  
開発営業部  
技術グループリーダー



二上 章司 (ふたがみ しょうじ)  
(前) 国土交通省近畿地方整備局  
福井河川国道事務所  
敦賀国道維持出張所  
技術係長

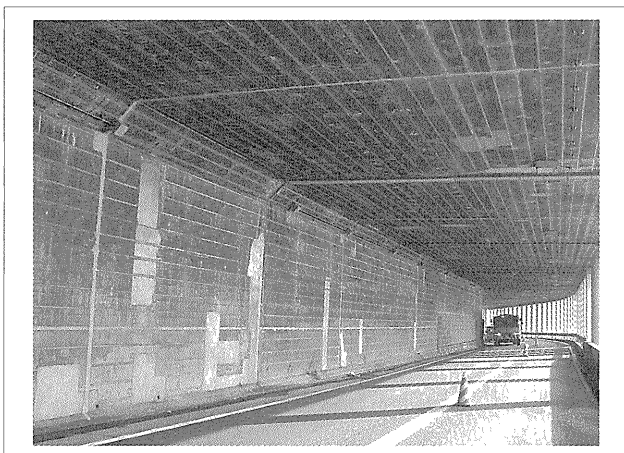


写真-8 完成状況