

No.50 2016

NAKABOH REPORT



株式会社 ナカボーテック
NAKABOHTEC CORROSION PROTECTING CO., LTD.

— 目 次 —

●巻頭言

..... 1

執行役員 篠田 吉央

●技術報告

《施工事例 1》

目黒川荏原調節池塩害補修工事 2

(貴金属酸化物被覆チタン線状陽極(MMO線状陽極)工法による防食事例)

東京支店 加藤 温子

《施工事例 2》

千葉港千葉中央地区F岸壁(－1 2 m)補修工事 8

(供用中の港湾施設における補修工事)

東関東支店 堀内 康夫 香川 勇樹

《施工事例 3》

水力発電所選択取水設備電気防食工事 12

名古屋支店 高村 良紀 細野 耕治
五味 誠

《施工事例 4》

蓬川水系蓬川護岸被覆防食工事 16

(河川護岸鋼矢板の防食事例)

大阪支店 金高 康仁

巻頭言

平成 25 年 11 月にインフラ長寿命化計画が国の政策として推進され、その一翼をになうべく、弊社は重要なインフラ施設の維持管理に対し防食事業を通じて取り組んでいます。

そこで、本号も前号に引き続き最近の施工事例に特化して下記 4 件紹介いたします。それぞれ特異な制約のある中で安全・品質管理に留意して完遂した工事であり、参考となれば幸いです。

1. 洪水時の調整池となる地下の巨大な鉄筋コンクリート構造物を塩害から守る電気防食工事
2. 公共岸壁としての荷役機能を極力妨げないように鋼管矢板岸壁を維持延命する被覆防食および電気防食工事
3. ダム湖という淡水高抵抗環境のため電気防食の電流が届き難い鋼製施設を腐食から守る電気防食工事
4. 資機材の搬入が難しい海岸に近い都市部を流れる河川鋼矢板護岸の補強および被覆、電気防食工事

なお、本年度の学協会における对外発表は下表に示すように 13 件です。特にコンクリート中鋼材の電気防食について効率的な維持管理に関する研究を中心に、地下の危険物鋼製施設の電気防食に関する規格を関係各社と検討したもの、港湾鋼構造物の電気防食について関係公的機関と研究したものなど、新しい分野における規格化の提案や他機関とのコラボにも挑戦しています。

今後も腐食防食の技術を磨きインフラ長寿命化に邁進して参りますので、ご指導・ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。

表 主要学協会での発表件数(弊社発表件数/連名含む件数)

年度	腐食防食学会			日本防錆技術協会	日本コンクリート工学会	土木学会	日本材料学会	その他	国際学会	計
	春	秋	他							
2015 (H27)	1 / 5	2 / 2	0 / 0	1 / 1	0 / 1	2 / 3	1 / 1	0 / 0	0 / 0	7 / 13
2014 (H26)	2 / 2	1 / 1	1 / 1	2 / 2	2 / 4	1 / 3	3 / 4	3 / 3	0 / 0	15 / 20
2013 (H25)	3 / 3	2 / 2	0 / 0	2 / 2	1 / 1	5 / 6	0 / 1	1 / 1	7 / 9	21 / 25
2012 (H24)	1 / 2	1 / 2	0 / 0	3 / 4	1 / 2	3 / 3	2 / 4	0 / 0	0 / 0	11 / 17
2011 (H23)	5 / 7	3 / 4	0 / 0	1 / 4	4 / 5	3 / 5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	16 / 25
2010 (H22)	5 / 6	3 / 4	0 / 0	2 / 2	1 / 1	2 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	13 / 15
2009 (H21)	2 / 3	3 / 3	0 / 0	1 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 1	7 / 8
計	19 / 28	15 / 18	1 / 1	12 / 16	9 / 14	16 / 22	6 / 10	4 / 4	8 / 10	90 / 123
2008 (H20)	2 / 3	2 / 2	0 / 0	3 / 7	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	7 / 12
2007 (H19)	1 / 1	0 / 0	0 / 0	2 / 4	0 / 2	0 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3 / 8
2006 (H18)	0 / 0	1 / 1	0 / 0	0 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 2	3 / 4
2005 (H17)	2 / 2	2 / 3	0 / 0	2 / 4	0 / 1	0 / 0	1 / 1	0 / 0	0 / 0	7 / 11
2004 (H16)	2 / 2	1 / 2	0 / 0	1 / 3	0 / 0	0 / 0	1 / 1	0 / 0	0 / 0	5 / 8
2003 (H15)	2 / 2	1 / 2	0 / 0	1 / 7	1 / 1	0 / 0	1 / 1	0 / 0	1 / 2	7 / 15
2002 (H14)	3 / 5	3 / 6	0 / 0	1 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 1	0 / 0	8 / 14
2001 (H13)	2 / 2	0 / 0	0 / 0	2 / 3	0 / 0	0 / 0	1 / 1	0 / 0	0 / 0	5 / 6
2000 (H12)	2 / 3	1 / 3	0 / 0	2 / 3	0 / 0	0 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	5 / 10
計	16 / 20	11 / 19	0 / 0	14 / 34	1 / 4	0 / 2	4 / 4	1 / 1	3 / 4	50 / 88
総計	35 / 48	26 / 37	1 / 1	26 / 50	10 / 18	16 / 24	10 / 14	5 / 5	11 / 14	140 / 211

文責 技術開発センター 篠田吉央

目黒川荏原調節池塩害補修工事

貴金属酸化物被覆チタン線状陽極(MMO 線状陽極)工法による防食事例

東京支店 加藤 温子

1. はじめに

目黒川は、鳥山川及び北沢川の合流地点から東京湾に至る延長約 8km の二級河川である。

目黒川下流域の五反田付近は地盤が低いため、台風や集中豪雨などの被害を受けやすい地域であり、平成元年には浸水被害 47ha の洪水被害を受けた。さらに、満潮時には海水が混入するため、鉄筋コンクリート構造物の塩害が懸念される。

図 1 に示す目黒川荏原調節池は、こうした洪水被害を軽減するために、目黒川の水を地下に築造された人工池内に一時貯蔵することができる施設である。貯留設備の仕組みは一層目に水が溜まると 2 層目に水が流れるようになっており、四層目まで流れ込むと貯留量 20 万 m^3 まで貯蔵が可能である。

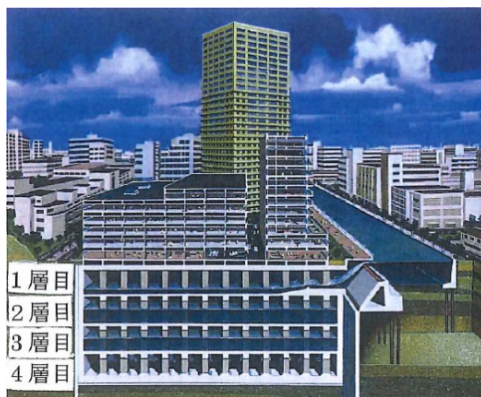


図 1 目黒川荏原調整池概要図

ここで使われている柱は、上部建築物の基礎を兼ねた大型のものである。このため、中心に構真柱(鉄骨製の柱)を打設し、その周囲に鉄筋を巻いた鉄骨鉄筋コンクリート造となっている。

建設から 10 年以上が経過し調査を行ったところ、コンクリートのひび割れや浮き、はく離等の劣化が確認された。原因は増水時に海水が混入した水が調整池内に入り、塩化物イオンがコンクリート内に浸透することによって生じる塩害と推測された。

本工事は一層目の床から 1 m～2 m を施工範囲としていたため、施設内に河川水が流入しない渇水期(11 月中旬～3 月中旬)に限定された。そのため、断面修復工事 4.3 m^3 、電気防食工事 1070.8 m^2 を二回の工期に分けて施工を行った。

2. 工事概要

2.1 目的

本工事は二期にわたり、荏原調節池 1 層目のコンクリート塩害補修対策として断面修復工法と電気防食工法を適用した。電気防食は外部電源方式の MMO 線状陽極(写真 1)工法により、内部鉄筋の腐食進行を抑制させる補修対策を行った。本報では電気防食工法の事例を紹介する。

2.2 工事対象

電気防食工事の施工対象は図 2 に示す通りで、横真柱・側壁・越流堤である。施工対象は、床から 1 m の範囲は既にコンクリートの塩害劣化を認めていたため事後保全とし、床から 1 m～2 m の範囲は現状では劣化を認めていないので予防保全を目的として行った。

施工数量は表 1 に示す通り 1070.8 m^2 であった。電気防食回路は A～C の 3 回路とし、側壁部と越流堤を回路 A、横真柱を回路 B と C に分けて構成した。

表 1 施工数量

回路	電気防食工法		断面修復工法
	数量 (m^2)	合計 (m^2)	合計(m^3)
回路 A	293.1	1070.8	4.3
回路 B	444.4		
回路 C	333.3		

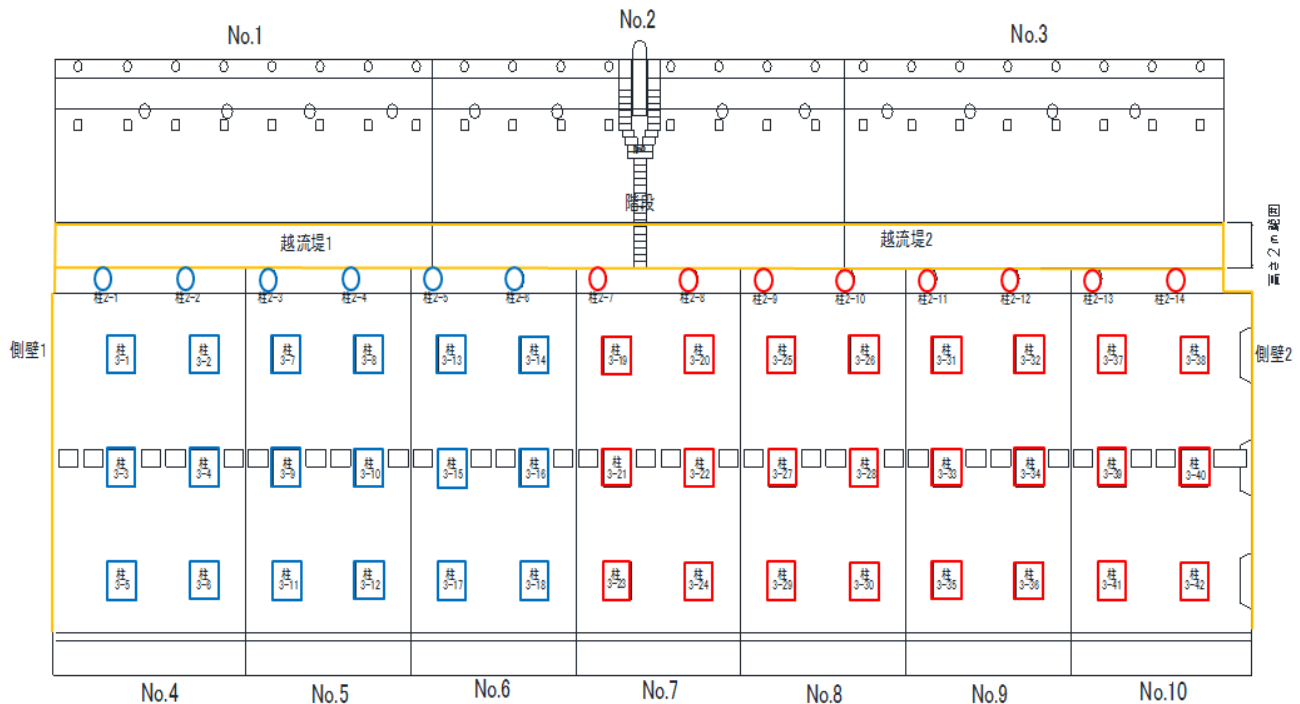


図2 施工対象

2.3 電気防食工法

MMO 線状陽極工法は、外部電源方式の一つである。コンクリート表面を所定の間隔で細長く溝切りし、形成した溝内に MMO 線状陽極（＋極）を設置し、セメントモルタルで充填する工法である。MMO 線状陽極は写真1に示すように幅 13mm の薄いラス網・帯状チタン基材に貴金属酸化被膜をコーティングした陽極で優れた耐久性を有する。MMO 線状陽極（＋極）からコンクリートを介して鉄筋（－極）に直流電源装置を用いて防食電流を供給するシステムである（図3参照）。なお、電気防食の維持管理はコンクリート中に埋設された照合電極により行われる。

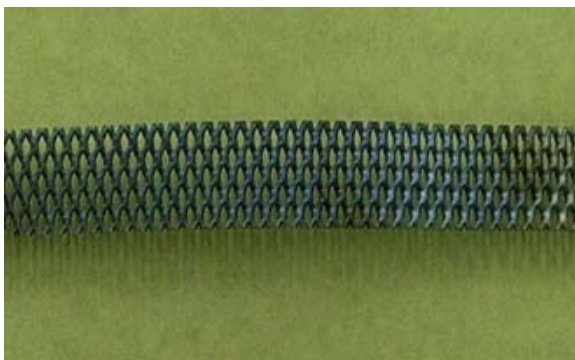


写真1 MMO 線状陽極

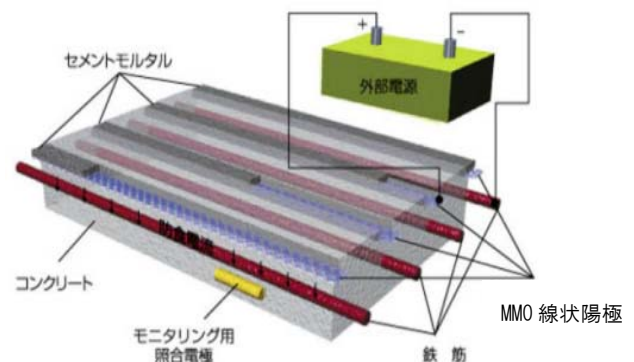


図3 MMO 線状陽極工法

3. 電気防食設計概要

防食方式 : 外部電源方式による

MMO 線状陽極方式

防食電流密度 : 最大 30[mA/m²]

陽極数量 : 3,497[m]

陽極設置間隔 : 150～300[mm]

設計耐用年数 : 20 年

防食基準

- ① $\angle E \geq 100[\text{mV}]$
- ② $E_{\text{io}} \geq -1086[\text{mV vs. MNO}]$
- ③ 上記 2 点を満足するよう通電調整を行う。

ΔE : 分極量(通電当初) $E_{corr} - E_{io}$

復極量(通電後) $E_{of} - E_{io}$

E_{corr} : 電気防食前の鋼材自然電位

E_{io} : 電気防食中の真の鋼材通電電位
通電遮断直後の鋼材電位を計測して
照合電極～鉄筋間のコンクリート抵抗分の誤差を解消する。

E_{of} : 電気防食をオフにした時の鋼材電位
オフ時間は概ね 24 時間以内

MNO : 二酸化マンガン照合電極

4. 施工概要

4.1 施工手順

施工フローを図4に示す。

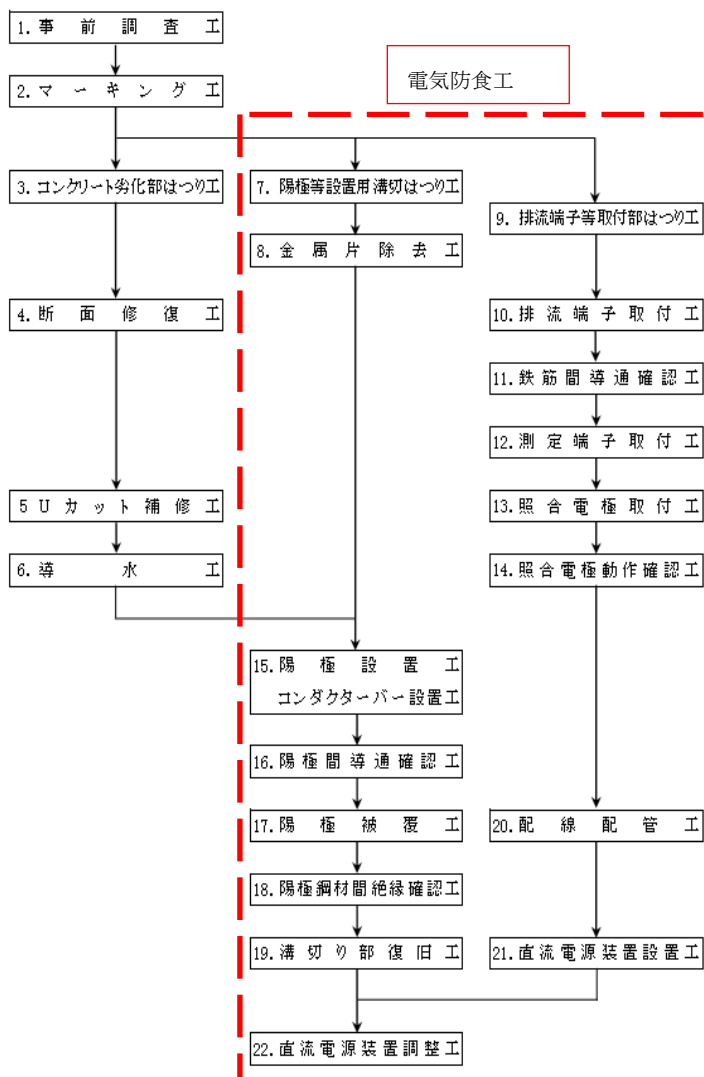


図4 施工フロー

4.2 施工内容

1) 陽極等設置用溝切はつり工

溝切り形成の状況を写真2に示す。

設置位置をマーキング後、MMO線状陽極設置部は幅 15[mm]×深さ 30[mm] (図5)、同陽極に防食電流を分配するコンダクターバー(チタン帯板: 幅 10[mm]×厚 1[mm])設置部は幅 100[mm]×深さ 30[mm] (図6)で溝を形成した。

同時に電気配線をするための埋設配管用の溝切りはつりも行った。電気配線配管類を調整池内に露出させないための措置である。



写真2 溝切はつり工



図5 MMO線状陽極部溝断面

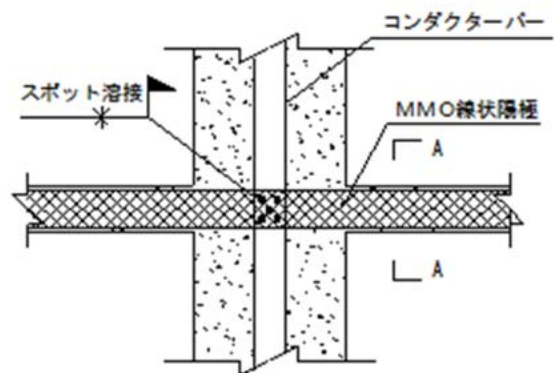


図6 コンダクターバー部溝平面図

2) 陽極設置工

溝内の金属片を除去したのち、MMO 線状陽極とコンタクターバーを溝内に設置し、表面を専用のモルタル材で図 5 や写真 3 に示すように充填および被覆した。



写真 3 MMO 線状陽極被覆状況

3) 陽極鉄筋間絶縁確認

陽極設置後、陽極と鉄筋間とが電氣的に絶縁されている事を確認するため、陽極と鉄筋(排流端子)間の電位差を測定した。測定は高入力抵抗デジタルマルチテスターを使用し、直流電圧を測定する。判定基準は 10[mV]以上である。陽極と鉄筋が短絡してしまうと電気防食できないため、写真 4 に示すように入念に確認した。



写真 4 陽極鉄筋間絶縁確認状況

4) 配線配管工

貯留池 1 層目からその上にある施設 2 階の電気室に設置した直流電源装置までケーブルを布設した。貯留池 1 層目は水位上昇対策として、

コンクリート中に配管(CD 管)を埋設し、ケーブルは CD 管中に配線した。写真 5・6 にその状況を示す。



写真 5 CD 管設置状況(貯留池 1 層目)



写真 6 ケーブル布設状況(施設 2 階)

5) 直流電源装置設置工

電気室内に直流電源装置を設置した。その後、回路確認として防食電流密度 5~10[mA/m²]程度の電流を供給し、鉄筋の電位が卑(マイナス側)に分極したことを確認した。ここで、誤配線や短絡がないことも確認できた。



写真 7 直流電源装置

6) 直流電源装置調整工

通電前の鉄筋自然電位から通電電流密度を徐々に増加し、所定の分極量(100[mV]以上)が得られる電流密度で通電を調整し開始した。通電調整結果を表2~4に示す。

表2 回路A

新回路A

測定回数	通電電圧 (V)	通電電流 (A)	電流密度 (mA/m ²)	側壁1 (RE1-1)			越流堤2 (RE1-2)			側壁2 (RE1-3)		
				自然電位: -324mV			自然電位: -324mV			自然電位: -324mV		
				Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)
1	0.49	0.29	1.0	-403	-397	73	-467	-458	19	-520	-512	34
2	0.75	0.58	2.0	-461	-456	132	-495	-476	37	-555	-542	64
3	1.05	0.88	3.0	-526	-508	184	-523	-495	56	-590	-570	92
4	1.35	1.17	4.0	-566	-542	218	-551	-516	77	-623	-597	119
5	1.62	1.46	5.0	-600	-571	247	-599	-544	105	-665	-633	135
6	1.85	1.75	6.0	-628	-592	268	-629	-574	135	-713	-673	195
7	2.53	2.92	10.0	-704	-645	321	-741	-647	208	-826	-760	282
8	3.35	4.38	15.0	-787	-699	375	-865	-720	281	-941	-842	364
9	4.15	5.84	20.0	-861	-742	418	-973	-776	337	-1042	-910	432
10	4.95	7.30	25.0	-924	-777	453	-1069	-822	383	-1130	-967	489

※赤字:初期設定電流密度

表3 回路B

新回路B

測定回数	通電電圧 (V)	通電電流 (A)	電流密度 (mA/m ²)	柱3-3 (RE2-1)			柱3-9 (RE2-2)			柱3-15 (RE2-3)		
				自然電位: -324mV			自然電位: -324mV			自然電位: -324mV		
				Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)
1	0.47	0.33	1.0	-289	-282	113	-299	-296	93	-263	-251	74
2	0.79	0.66	2.0	-392	-380	211	-384	-378	175	-340	-316	139
3	1.15	0.99	3.0	-480	-461	292	-456	-447	244	-413	-377	200
4	1.51	1.33	4.0	-519	-522	353	-510	-496	293	-480	-428	251
5	1.83	1.67	5.0	-604	-568	399	-550	-533	330	-539	-473	296
6	2.10	2.00	6.0	-643	-602	433	-581	-560	357	-585	-507	330
7	3.04	3.33	10.0	-750	-680	511	-659	-626	423	-717	-588	411
8	4.14	5.00	15.0	-852	-750	581	-732	-682	479	-853	-664	487
9	5.27	6.66	20.0	-937	-804	635	-790	-725	522	-974	-724	547
10	6.36	8.33	25.0	-1016	-819	680	-841	-760	557	-1086	-773	596

※赤字:初期設定電流密度

表4 回路C

新回路C

測定回数	通電電圧 (V)	通電電流 (A)	電流密度 (mA/m ²)	柱3-27 (RE3-1)			柱3-33 (RE3-2)			柱3-39 (RE3-3)		
				自然電位: -241			自然電位: -360			自然電位: -257		
				Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)	Eon (mV)	Eio (mV)	分極量=自然電位-Eio (mV)
1	0.58	0.44	1.0	-345	-340	99	-407	-406	46	-346	-344	87
2	0.98	0.88	2.0	-434	-426	185	-441	-439	79	-418	-414	157
3	1.44	1.33	3.0	-492	-478	237	-465	-463	103	-467	-459	202
4	1.88	1.78	4.0	-537	-519	278	-491	-489	129	-507	-497	210
5	2.25	2.22	5.0	-547	-551	310	-517	-513	153	-506	-526	269
6	2.46	2.67	6.0	-610	-583	342	-588	-534	174	-565	-551	294
7	3.59	4.44	10.0	-697	-654	413	-631	-582	222	-632	-611	354
8	5.00	6.67	15.0	-786	-723	482	-664	-623	263	-696	-666	409
9	6.37	8.89	20.0	-863	-778	537	-538	-653	293	-748	-706	449
10	7.74	11.11	25.0	-932	-827	586	-692	-679	319	-794	-744	487

※赤字:初期設定電流密度

7) 完成

写真8に施工完了した貯留池1層目の状況を示す。

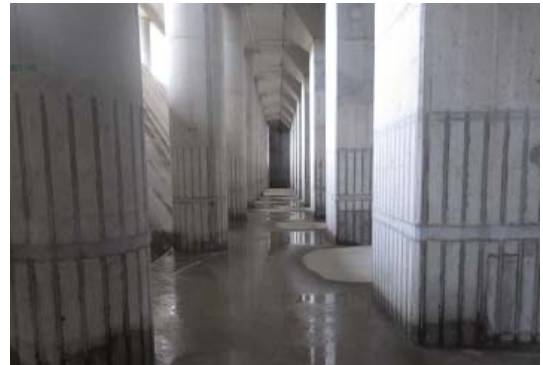


写真8 施工完了

通電後、適当な時間が経過してから復極量試験を行った。復極量試験は、電気防食中の真の鋼材電位(通電遮断直後電位 Eio)から、通電をオフした鉄筋電位 Eof が概ね 24 時間以内にどの程度貴化(プラス側に変化)するか確認するものである。復極量の確認結果を表5~7に示す。すべての回路で復極量 100[mV]以上を満足し防食効果があることを確認し、工事完了となった。

表5 回路A

	Eof (mV)	Eio (mV)	復極量
RE1	-349	-652	303
RE2	-433	-631	198
RE3	-592	-857	265

表6 回路B

	Eof (mV)	Eio (mV)	復極量
RE1	-262	-588	326
RE2	-348	-521	173
RE3	-276	-558	282

表7 回路C

	Eof (mV)	Eio (mV)	復極量
RE1	-206	-526	320
RE2	-231	-486	255
RE3	-197	-429	232

5. まとめ

本工事は渇水期という限られた期間で行わなければならない工事だったため、工程管理が難しい工事であった。

当初は断面修復工事から電気防食工事、電気工事と順に進む工程を組んでいた。しかし、断面修復量が計画よりも増え、他の工程と同時進行になった。そのため、断面修復後に行う予定だった溝形成工は、溝幅に合わせた型を使い断面修復と同時に溝を形成するなどの工夫を行った。

本工事では各工程に分けて複数の業者を起用した。このため、施工箇所が重なる時期があり、手詰まりしないように管理した。管理は、施工エリアを分け、作業が重複しないように努めた。

進捗状況がエリアによって異なる場合もあったが、各工程の出来形管理や品質管理は厳重に行った。施工管理箇所は柱と側壁を含めて 49 ヶ所である。騒音や粉塵を発する時間の確認作業は避け、休憩時間や施工後に管理作業は集中して行った。

溝形成工に関しては、1799 本×約 2m の溝幅・深さを全て確認した。正確かつ迅速な確認を行うために、管理基準の幅と深さを正確に模したスケールを作成し活用した。陽極設置後は直ちに絶縁・導通確認等を行ない、異常を発見した場合は即座に陽極撤去できるよう努めた。これは充填剤モルタル硬化後では撤去に時間と労力を要するためである。これにより仕上げ作業までの時間を短縮できた。

仕上げ後も断面修復部や陽極充填部は入念に打検し、陽極やモルタルの浮きがないか確認を行った。

鉄筋コンクリートの電気防食工事は、他の電気防食工事に比べて品質管理項目・数量ともに多いが、事前に十分に準備して臨んだため、大きく進捗を遅らせることなく工事を完遂できた。

また、住宅地が隣接しているため、騒音やコンクリートの粉塵が飛散しないように配慮が必要であった。防音・防塵シートや集塵機、送風機を早め

早めに配置し、現場の環境作りにも専心した。

6. 謝辞

本工事を行うにあたり、東京都第二建設事務所の方にはご協力を賜りました。記して心より感謝申し上げます。

千葉港千葉中央地区 F 岸壁(-1.2 m)補修工事 (供用中の港湾施設における補修工事)

東関東支店 堀内 康夫 香川 勇樹

1. はじめに

港湾構造物をはじめとする大型の土木公共構造物は、その多くが高度経済成長期に建設された。国土交通省¹⁾によれば、供用後 50 年を経過したものが平成 26 年時点で約 10%、平成 36 年には約 35%、平成 46 年には約 60%を占めるようになる。特に鋼構造物は海上大気部から飛沫帯、干満帯、海中、海土中部と様々な非常に厳しい腐食環境に置かれ、適切な防食対策を施さないと鋼材の腐食・損傷が進行する。このような状態を長年放置すると最終的には鋼材の座屈や上部工の陥没などの甚大な被害が発生する可能性がある。

一方で、栈橋や岸壁などの港湾施設は、現在でもその多くが供用中であり、その維持管理点検や補修・補強対策が必須である。しかし、補修工事のために栈橋や岸壁の使用を停止してしまうと、工事期間中ばかりか工事竣工後も着船数や荷役が減少し、経済的に大打撃を受ける可能性がある。

そこで本稿では供用中のため、作業可能日が少ない鋼管矢板岸壁に対し、荷役作業を止めることなく補修工事を行った事例を紹介する。

2. 工事内容

2.1 工事概要

表 1(次頁)に本工事の概要を示す。また、工事のフローチャートを図 1 に、施工位置図を図 2 に示す。まず現地調査を実施し、その後、岸壁の補修を行った。補修における各工種は安全上問題ない範囲で同時に行い、できるだけ短期間で作業を終了できるようにした。

2.2 工事の特性

本工事は、供用中の岸壁で施工するため、安全上の観点から着船日には施工できない。また、岸壁が南向きであり夏期には南風の影響を大きく受け、岸壁付近の波高が大きくなるため、潜水作業ができない。このように作業ができない日が多く予想できた

ため、約 5 ヶ月ある工期中で完成できるように作業の簡便化、および効率化を図ることが求められた。

2.3 施工方法

1) 目視調査、肉厚測定

岸壁の潜水調査および肉厚測定を行った。測定密度は 1 スパンごとに 1 箇所とし、肉厚測定は 7 深度とした。深度は通常 3~4 水深であるが、本工事では事前に鋼管矢板に貫通孔が確認されていたため、詳細に肉厚測定を実施した。

2) 腐食孔閉塞工

腐食により鋼管矢板に穴が開いている箇所に対して、鋼板溶接による補修を実施した。鋼材は母材と同等品とし、潜水土による水中溶接で腐食孔を閉塞した。

3) 被覆防食工

鋼管矢板に対し、水中硬化型 2 液性エポキシ樹脂による被覆防食を施工した。被覆防食は一般に防食対象物に対し被覆を行うことにより、酸素や水といった腐食因子を鋼材表面に到達しないよう遮断して、腐食を抑制する工法である。本工事では、海中に足場を設置し、潜水土による手作業でエポキシ樹脂を塗布した。

4) 電気防食工

電気防食は一般的な鋼構造物の防食工法のひとつで、港湾施設に限らず多くの施設で施工実績がある。本工事ではアルミニウム合金陽極を用い、鋼材電位を卑化させ、鉄の腐食反応を抑制し、かつ酸欠状態にすることによって防食を行った。

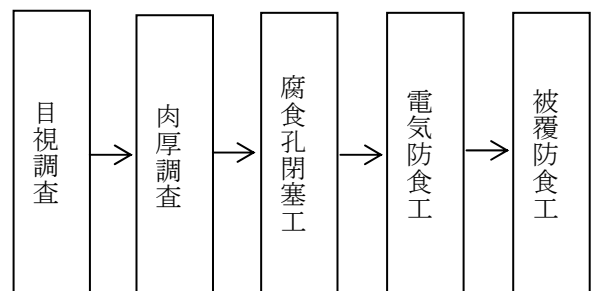


図 1 フローチャート

表 1. 工事概要

発注者	国土交通省関東地方整備局千葉港湾事務所	
工期	自 2014 年 6 月 30 日 至 2014 年 11 月 23 日	
対象	千葉港千葉中央地区 F 岸壁	
工種	数量	施工方法の概要
目視調査、肉厚測定	17 箇所	目視、膜厚計による調査
腐食孔閉塞工	24 箇所	鋼板を用いた水中溶接
被覆防食工	786 m ²	エポキシ樹脂を用いた塗布
電気防食工	181 基	犠牲陽極による水中溶接



図 2. 施工位置図

3. 工期短縮のための施策

本工事は前述のとおり、入船および荒天のため、表 2 に示すように作業日数が大幅に減少した。本稿では被覆防食を中心に、下記に示すような工期短縮のための施策を紹介する。

表 2 作業予定日数と実働日数

作業月	月間日数	作業予定日数	実働日数
7 月	7	5	3
8 月	31	21	15
9 月	30	20	16
10 月	31	22	11

3.1. 肉厚測定

肉厚測定は、測定箇所の位置出し、ケレン、測

定の 3 班体制で実施し、調査の迅速化を図った。

また、ケレンは腐食孔閉塞工、被覆防食工と共通工種のため、該当する領域は本工でケレンを先行させ、全体工期の短縮化を図った。

3.2. 腐食孔閉塞工

腐食孔閉塞用の鋼板は前もって工場加工で準備し、現地での加工を極力排し、迅速化を図った。材料の移動には移動式クローラクレーンを用い、迅速かつ安全に工事を進めることができた。

写真 1 は実際の腐食孔に鉄板を溶接し、閉塞している状況である。溶接の際には治具を用いて溶接を行い、所定の位置へ正確に鉄板を溶接することができた。



写真1 腐食孔閉塞施工状況

3.3. 被覆防食工

1)簡易足場の設置

図2に示すような簡易的な足場を設け、ケレン、ブラスト、エポキシ樹脂塗布時の作業効率の向上を図った。

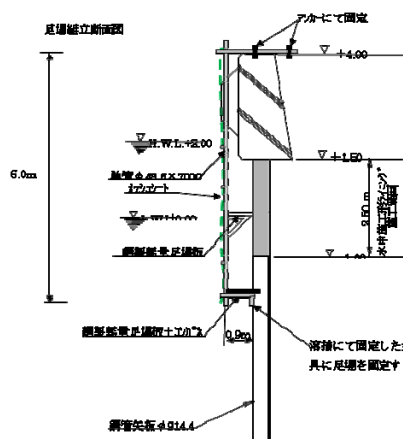


図2. 簡易足場概略図



写真2. 足場設置状況

また、簡易足場は写真2に示すように予め組み上げたものを準備し、移動式クローラクレーンにより吊り上げ設置された。移動式クローラクレーンは、自重により安定性が確保でき、アウトリガ

ーを張り出す必要がなく、現地での移動がスムーズとなるという利点があった。また、簡易足場を設置することにより作業範囲内をスムーズに移動できるようになった。これにより離船後に水中作業が無駄な時間なく開始できることになり、工期短縮につながった。

2)エポキシ樹脂の保管方法および練り台の使用

本工事では大量の水中硬化型エポキシ樹脂を使用した。エポキシ樹脂は専用のハウスを用意し、作業時まで空調により低温で保管した。作業時には使用直前まで水をいれた容器内で冷やし、樹脂の温度上昇を防いだ。このエポキシ樹脂は2液を混合して使用するタイプであるので、鋼矢板に塗布する前に混合する。少量の場合は手元で混ぜ合わせるが多いが、本工事においては専用の台を製作し、一度に大量のエポキシ樹脂を練ることで、作業の効率化を図った(写真3および写真4)。



写真3. エポキシ樹脂混練状況



写真4. エポキシ樹脂塗布状況

3)ウェットゲージの使用

エポキシ樹脂による被覆防食の場合、樹脂の厚み(以下、膜厚)の計測により、出来形管理を行う

2)。しかし、エポキシ樹脂は硬化するまでに時間がかかり、膜厚計による計測は硬化が終わってからでないと実施できない。そこで硬化前に簡易的に膜厚を計測するためにウェットゲージを使用した。ウェットゲージとは写真5および写真6に示すような形状で施工部に接触させることによって簡易的に膜厚を計測することができる治具である。



写真5. ウェットゲージ外観



写真6. ウェットゲージ使用状況

3.4. 電気防食工

電気防食工は、被覆防食工の後に行った。材料の吊りおろしには足場設置等に用いたクローラクレーンを使用し、迅速に作業を行うことで作業量を増やすことができた。また、人員の確保に努め、3 班体制で施工を行うことにより、工期の短縮を図った。

4. まとめ

4.1 総括

本工事は工事帳票管理システム³⁾を用い、パソコン上で工事関係書類のやりとりを行った。当初は慣れない作業のため、かえって時間がかかっていたが、提出書類の確認状況が常にできる、最終的な電子納品の際にデータを短時間でまとめられる等、大きな利点があり、非常に有用なシステムであると感じた。

船舶は気象海象条件により、着船離船がずれ込むことが多く、作業日を確定することが難しい。本工事においても管理部署と連絡を密にし、事故防止および作業日の確保に努めた。この結果、無事故無災害で工事を工期内の完工を達成することができた。

4.2 今後の課題

本工事では前述のような施策により、短期間での工事完工を試みた。今後はより綿密な計画を立て、安全に留意しながらいっそう簡易に施工できる方法を検討することが課題である。

【謝辞】

本稿を作成するにあたり、国土交通省関東地方整備局千葉港湾事務所の関係者の方々には貴重な情報を提供していただきました。また本施工時には多くの助言、ご協力をいただきました。ここに記して心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省；平成 26 年度港湾施設の維持管理に関する技術講習会，資料 1 p1, (2015)
- 2) 国土交通省；港湾工事共通仕様書，第 3 章 港湾工事出来形管理基準 p25~26, (2015)
- 3) 港湾 CALS; <http://www.ysk.nilim.go.jp/cals/index.htm>

水力発電所選択取水設備電気防食工事

名古屋支店 高村 良紀 細野 耕治
五味 誠

1. はじめに

選択取水設備は、水力発電所の設備でありダムに設置されている。このダムは、多くの利用組織・利用者がいる。そのためダムゲート等の工事を実施するときは湖水位の制約を受け、潜水土による水中施工が必須となる。また、防食についていえば水中塗装は、高コスト・短寿命・環境問題等の課題があり、流電陽極方式の電気防食は淡水環境であるため防食不足、流電陽極数量の増加等の課題がある。これらのことから外部電源方式による電気防食が検討・採用された。しかし、水力発電所の選択取水設備への外部電源方式の実績は非常に少なく、電流分布・防食管理基準・深い深度での施工方法等の検討を行う必要があった。本レポートでは、選択取水設備における電気防食システム（外部電源方式）の設計検討・仕様・施工法・防食状態等について報告する。なお、本レポートでは設備名称については公開しない。

2. 防食対象

防食対象は、水中に露出する取水設備支持材の H 鋼杭である。図 1 に防食対象範囲の概略を示す。

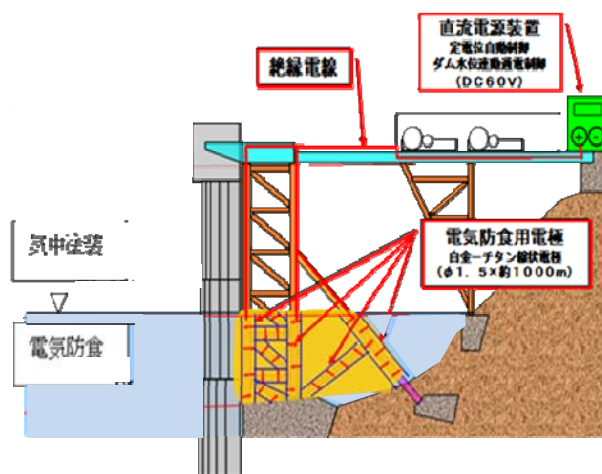


図 1 防食対象範囲

3. 設計検討

設計上の課題として次の項目の検討を行った。

- (1) 直流電源装置容量および制御回路
- (2) 電極仕様、形状および配置

3.1 直流電源装置容量および制御回路

3.1.1 直流電源装置容量

防食対象に施されている塗装のはく離率、裸鋼材の防食電流密度および防食面積から所要防食電流を算出し、直流電源装置容量を決定した。

- (1) 塗装のはく離率は、DNV 規格を採用し、50 年間のはく離率を 77%とした。
- (2) 所要防食電流 I は (1) 式より計算した。

$$I = S \times I_p \times \eta \times 0.01 \cdots \cdots (1)$$

なお、 S は防食面積、 I_p は裸鋼材の防食電流密度 0.1 A/m^2 、 η は塗装はく離率とする。表 1 に所要防食電流の算出結果を示す。

- (1) (2) より算出された所要防食電流より直流電源装置容量を 80A とした。

表 1 所要防食電流

防食面積 $S[\text{m}^2]$	裸鋼材の防食電流密度 $I_p[\text{A/m}^2]$	塗装はく離率 $\eta[\%]$	所要防食電流 $I[\text{A}]$
1015.8	0.1	77	78.2

3.1.2 制御回路

選択取水設備の設置されているダムは、年間を通して水位調整をおこなっているため、運用状況により通電電極が気中に露出する場合がある。このときの通電電極に接触することによる感電事故が懸念される。そこで気中に露出した通電を水位の変動に合わせて遮断できるよう 2 回路制御（防食対象上部を No.1 回路、防食対象下部を No.2 回路）を採用した。

表 2 に直流電源装置の仕様を示す。

表2 直流電源装置 仕様

項 目	仕 様
交流入力	AC210V 3相 60Hz
出 力	DC60V×40A×2 回路
整流方式	単相全波整流
制御方式	定電位制御方式 設定範囲：-600mV～-1500mV
	定電流制御方式

3.2 通電電極仕様、形状および配置

通電電極には、白金めっきチタン線状電極を採用した。形状を図2に示す。φ1.5mmのチタン線に白金めっきを施した線状電極体を網状のPTFEで被覆している。線状であるため防食対象の形状に沿って自由に設置することが可能であり一般的な棒状電極に比べて電流分布の改善が期待される。

また、電極体を網状PTFEで被覆することにより、防食対象との短絡による電気防食システムの停止を防止することができる。

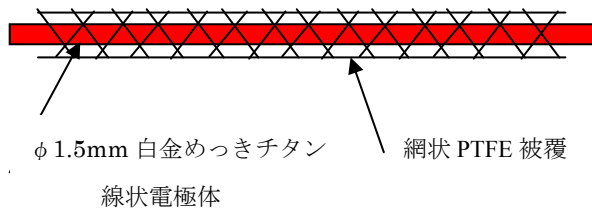


図2 電極形状

ダム湖水は淡水のため高抵抗環境となる。このような環境で電気防食を稼働させた場合、電流分布が不均一になりやすい。電流分布を均一にするためには通電電極の配置が非常に重要になる。

そのため通電電極の配置は、有限要素法による解析結果から決定した。図3に有限要素法による電位分布解析の結果を示す。H鋼杭のフランジの2頂点に通電電極を配置することにより防食対象全体を防食できることが確認された。また、湖水の高抵抗環境においても電位分布が均等になることを確認した。

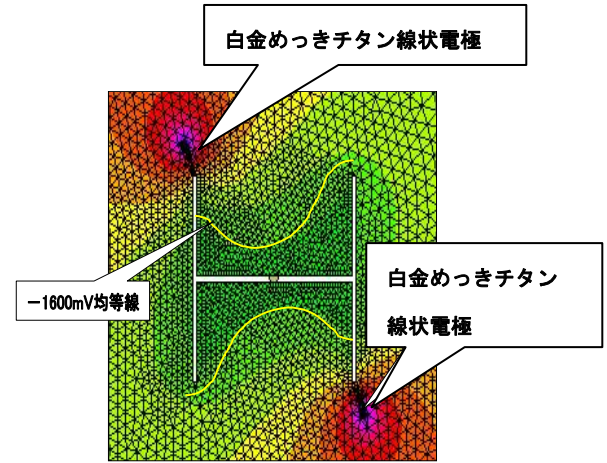


図3 電位分布解析結果

4. 施工

4.1 通電電極設置

通電電極の取付けは潜水士により行われた。H鋼杭に通電電極固定金具をネジおよび溶接で設置した後、固定金具の電極巻き付け部に線状通電電極を巻き付けた。(写真1) また、接続金具を用いて通電電極にケーブルを接続した(写真2)。通電電極固定金具および接続金具を用いることにより水中施工時間を短縮することができた。なお、通電電極は防食対象範囲のすべてのH鋼杭に設置した。



写真1 通電電極設置状況



写真2 接続金具を用いた通電電極とケーブルの接続状況

4.2 照合電極

直流電源装置にて常時電位の確認をおこなえるように照合電極を防食対象に設置した。**(写真3)** 照合電極は電極体を塩化銀、内部溶液をダム湖水とし、直流電源装置の電位差計は実測値を表示している。No.1 回路（防食対象上部）に4箇所（EZ1～EZ4）、No.2 回路（防食対象下部）に4箇所（EZ5～EZ8）設置した。なお、取付けは潜水士により行われた。



写真3 照合電極設置状況

4.3 直流電源装置

直流電源装置は、**写真4**に示すように取水設備上部の室内に1台設置した。その後、入力電源ケーブル、出力ケーブル、計測ケーブルを配線配管し、接続した。



写真4 直流電源装置設置状況

5. 防食効果の確認

防食効果の確認のため、次の項目の測定を行った。

- (1) 出力電圧、出力電流測定
- (2) 電位測定
- (3) テストピースによる評価

5.1 出力電圧、出力電流測定

表3に2005年（電気防食システム起動時）と2012年点検時の出力電圧および出力電流を示す。

その結果、出力電圧および出力電流は定格値以下を示しており、所要防食電流および直流電源装置容量は妥当であると言える。

表3 2005年（電気防食システム起動時）と2012年点検時の出力電圧、出力電流

測定日	No.1 回路		No.2 回路	
	出力電圧[V]	出力電流[A]	出力電圧[V]	出力電流[A]
2005.2	2.5	0.5	3.0	0.8
2012.7	2.0	0.4	3.8	1.0

5.2 電位測定結果

直流電源装置で測定した電位を飽和甘こう電極基準（SCE）に換算して評価した。また、防食電位を-770mVvsSCE以下とした。

電気防食システム起動時（2005年）から2012年までの各回路の通電電位を表4に示す。すべての回路において防食電位を満足していることが確認された。この結果は有限要素解析の結果と一致しており、通電電極の配置が妥当であったことを示している。

表4 2005年から2012年までの電位測定結果

測定日	通電電位[mVvs SCE]			
	No.1 回路 (271.8m～277.0 m)			
	EZ1	EZ2	EZ3	EZ4
2005.2	-1080	-780	-980	-980
2008.12	-1270	-880	-1170	-1170
2012.7	-1270	-930	-1200	-1200
測定日	No.2 回路 (270.0 m～282.0 m)			
	EZ5	EZ6	EZ7	EZ8
	EZ5	EZ6	EZ7	EZ8
2005.2	-820	-1370	-1100	-880
2008.12	-810	-1490	-1270	-1090
2012.7	-810	-1420	-1220	-1040

5.2 テストピースによる評価

電位による防食管理の妥当性を確認するため、テストピースを設置して実際の侵食度および防食率を調べた。テストピースは防食片と無防食片の2種類とし、暴露期間6年間（2005年2月8日～2011年11月26日）とした。6年間暴露後、各テストピースの質量減量から侵食度および防食率を算出した。**表5**に算出結果を示す。侵食度は無防食片が0.0807mm/yrと一般的に言われる中性水溶液中の鋼材侵食度0.1mm/yrとほぼ同じであった。一方、防食片の侵食度は0.0045mm/yrであり、電気防食により腐食を大幅に軽減できることがわかった。また、防食率は94.5%であった。テストピースの外観状況を**表6**に示す。無防食片は赤錆が全面に観察されるが、防食片に目立った赤錆は認められない。

電気防食システムにより電位を-770mVvsSCE以下に維持することで防食対象を良好に防食できることが確認された。よって、電位により防食管理を行うことは可能といえる。

表5 テストピース秤量結果

種類	減量[g]	侵食度[mm/yr]	防食率[%]
防食片	0.0751	0.0045	94.5
無防食片	1.3553	0.0807	

注：暴露期間 2005年2月8日～2011年11月26日

(2482日間：59568時間)

表6 引き上げたテストピースの外観状況

種類	回収後	表面 洗浄前	表面 洗浄後
防食片			
無防食片			

6. まとめ

- (1) 通電電極が気中に露出した場合の感電事故防止のため、気中に露出した電極への通電を遮断する水位連動の制御機能を有する電気防食設備を採用した。
- (2) 電極は、一般的な棒状電極に比べて電流分布が改善される白金めっきチタン線状電極を採用した。
- (3) 設計時に有限要素解析を実施し、通電電極の配置を決定した。
- (4) 通電電極固定金具および接続金具を使用することにより、潜水作業時間を短縮することができた。
- (5) 電位測定の結果、防食電位-770mVvsSCE以下に維持することにより良好な防食効果を得ることができた。その結果、電位で防食管理をおこなうことは可能であると言える。
- (6) 電気防食システムによる防食率は94.5%であった。
- (7) 高抵抗環境で複雑な構造のダムゲートを、外部電源方式の電気防食システムにより防食することができた。

7. 今後の課題

本報告で紹介したような水力発電所等の高抵抗環境下における外部電源方式による電気防食法の採用は全国的に少ない。しかしながら、本施設では、電位測定およびテストピースによる評価を行い、良好な防食効果を得た。このことは非常に有意義であり、今後類似の環境への展開が期待できる。但し、高抵抗環境では電位分布の均等化を図ることが重要である。また、電気防食装置の耐用年数や更新方法について今後検討・確認していくことが必要と考える。

【謝辞】

本稿を作成するにあたり、関係者の方には、貴重な情報を提供頂き、さらに本施工時には多大なる御協力を賜りました。

ここに記して心より感謝申し上げます。

蓬川水系蓬川護岸被覆防食工事 (河川護岸鋼矢板の防食事例)

大阪支店 金高 康仁

1. はじめに

蓬川は、二級河川武庫川から六樋合併樋門で農業、工業用に取水された用水の一部が複数の水路を経由して到達する「難波樋門」が上流端、河口を下流端とする二級河川であり、河口部の沖に設けられた尼崎閘門から大阪湾に注いでおり、法定河川の全区間が感潮区間となっている。

治水事業としては、昭和43年度から昭和63年度にわたり、国道43号蓬川橋から難波樋門の約1.3kmの区間で、河床掘削および護岸整備を実施し、平成6年度から平成10年度にわたり、護岸の美装化や耐震補強が実施されている。

蓬川の全景を写真1に示す。

※『蓬川水系河川整備基本方針』抜粋



写真1 蓬川 全景

2. 工事概要

2.1 工事目的

蓬川の下流側は右岸側、左岸側ともに鋼矢板による護岸で形成されており、供用開始より本鋼矢板は無防食の状態であったことから、鋼矢板護岸の老朽化

対策方針を定め、補修対策を実施することとなった。施工範囲は、河口より上流、蓬川橋までの区間の右岸側および左岸側とした。老朽化対策として、上部工下端から現地盤付近まで鋼矢板の凹凸に補強鋼板を溶接にて取り付けを行い、鋼矢板および鋼管矢板の上部工下端から T.P-1.20m(管理水位: T.P-0.20mより 1.0m下がり) までペトロラタム被覆材による被覆防食工を施し、その水位より深い部分の鋼矢板および鋼管矢板の鋼材表面根入れまでの範囲をアルミニウム合金陽極による電気防食にて補修対策を行った。

2.2 工事対象

工事対象の一覧を表1に、概略図を図1に示す。

表1 工事対象

施主		兵庫県 尼崎港管理事務所		
工事名		その1工事	その2工事	その3工事
元請会社名		㈱金山組 殿	松岡土木㈱ 殿	福田土木工業㈱ 殿
工事 内 容	下地処理	746m ²	1080 m ²	937 m ²
	被覆防食 ペトロラタム 被覆	607 m ² (鋼矢板 FSP-II) (鋼管矢板 φ457.2)	880 m ² (鋼矢板 FSP-II)	777 m ² (鋼矢板 FSP-II)
	端部処理	1126 m	1644 m	2160 m
	鋼板取付	802 枚 (溶接長:1665 m)	1081 枚 (溶接長: 1772 m)	1356 枚 (溶接長: 2223 m)
	陽極取付	151 個 1.5A×30年 50Ω	180 個 1.5A×30年 50Ω	192 個 1.5A×30年 50Ω
実行工期		2014年11月10日～2015年6月30日		

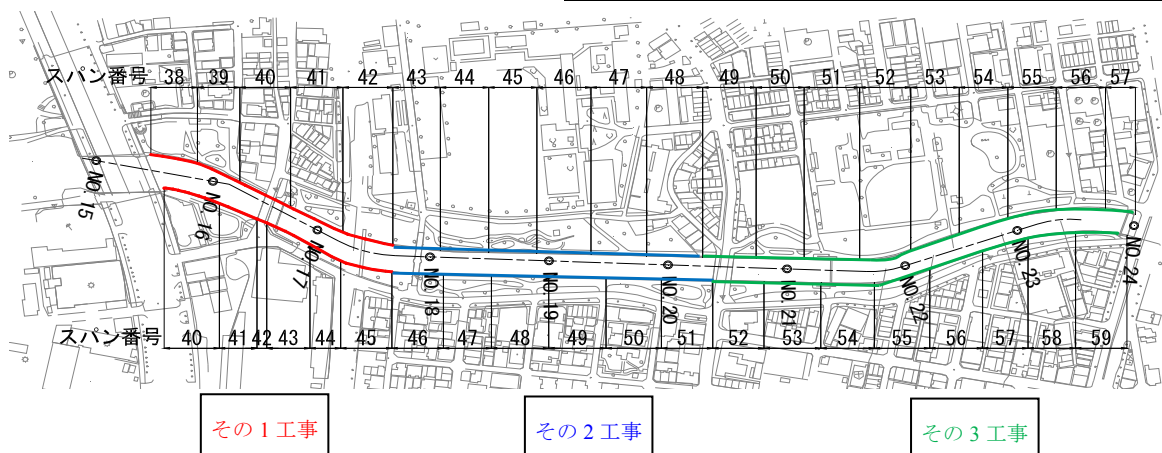


図1 概略図
16

2.3 補修工法

本河川護岸の老朽化対策の目標は今後 30 年としており、鋼矢板の肉厚を測定後、老朽化対策として防食のみの区間および補強+防食の区間の 2 パターンに分類して補修対策を実施した。老朽化対策概略図を図 2、図 3 に示す。

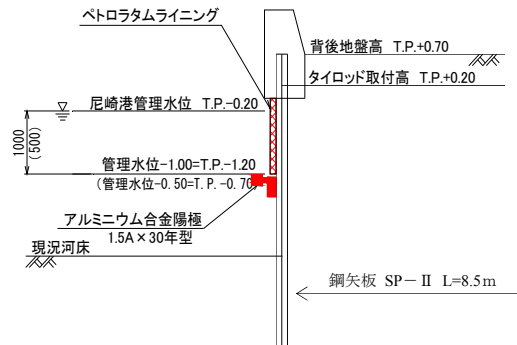


図 2 防食のみの区間

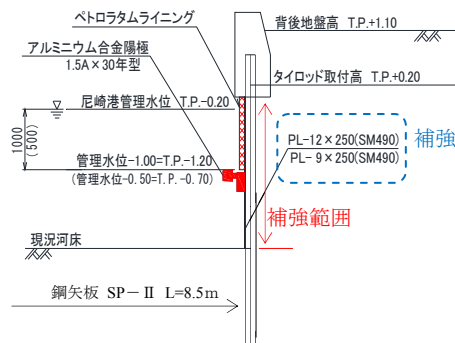


図 3 補強+防食の区間

2) 現地河床高計測

河川底部の現状の地盤高さを図面通りか確認するため、潜水士がスタッフ（箱尺）を用いて河床高を計測した。

3) 肉厚測定調査

矢板護岸の鋼材の現存肉厚を把握した。

① 肉厚測定点のケレン

測定箇所の鋼材表面の浮錆、付着物等をハンマー等で取り除き、10cm×10cm の範囲で 5 箇所をエアーサンダーにより研磨し、地肌を露出させた。

② 超音波厚さ測定

潜水士により肉厚測定器探触子を測定点に 3 回ずつ押し当て、肉厚測定器に表示された値を技術員が記録し、肉厚測定点の平均値を求めた。肉厚測定状況を写真 2 に示す。



写真 2 肉厚測定状況

3. 施工概要

3.1 腐食調査

腐食調査は、矢板型式と検討区間により対策パターンの設定を行った。施工手順を図 4 に示す。

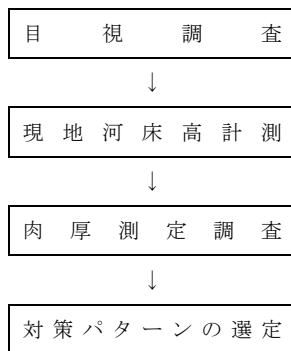


図 4 施工手順

1) 目視調査（水上・水中）

矢板護岸の鋼材形状、数量および変状を把握するため目視観察を行った。水上は船上作業員により、水中は潜水士により目視にて調査した。

4) 補強部の対策パターンの設定

肉厚測定結果のうち水深毎で最も小さい値を代表肉厚とし、検討区間別に表 2 に示す対策パターンを設定した。補強鋼板は腐食の程度に応じ t 12 と t 9 の 2 種類を使用した。

なお、鋼矢板および鋼管矢板で腐食量が小さい箇所は補強の対象外とした。

表 2 対策パターン

工事名		その 1 工事	その 2 工事	その 3 工事
工事内容	補強鋼板	鋼板厚 12mm	鋼板厚 9 mm	鋼板厚 9 mm
	被覆防食	鋼板取付箇所は板厚 12 mm 対応仕様にカバー変更	現状のカバーにて対応	現状のカバーにて対応

3.2 ペトロラタム被覆工

ペトロラタム被覆工の施工手順を図5に示す。

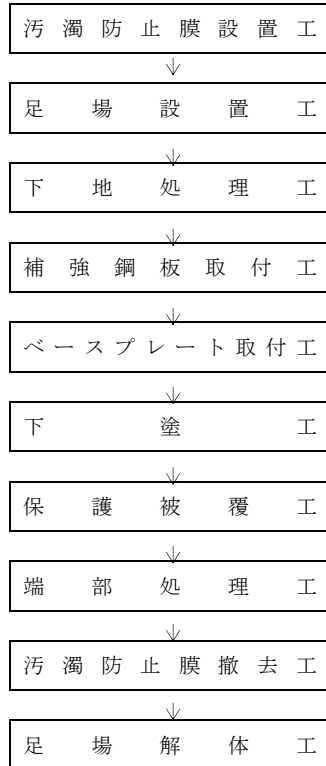


図5 ペトロラタム被覆 施工手順

1) 汚濁防止膜設置工

所定の位置において汚濁防止膜を水面より水中部に吊り下ろし、潜水土により施工範囲全体を取り囲むように展帳し、ロープおよび重石等により固定した。

2) 足場設置工

防食対象範囲の下側に足場用のブラケットを仮設し、単管および軽量足場板を取り付け、簡易的な仮設足場を設置した。

3) 下地処理工

ケレンハンマー等の手工具またはエアーツールを用いて、所定範囲の付着物および浮錆等を除去した。下地処理の状況を写真3～4に示す。



写真3 下地処理前

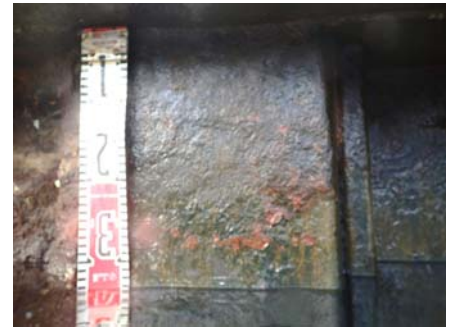


写真4 下地処理後

4) 補強鋼板取付工

小型移動式クレーントラックにて補強鋼板を所定位置の水中部に吊り下げた。補強鋼板を仮固定した後、鋼矢板に溶接にて取り付けた。補強鋼板および取付状況を写真5～6に示す。



写真5 補強鋼板



写真6 補強鋼板 取付完了

5) ベースプレート取付工

FRPカバー固定用のスタッドボルト付きベースプレートを鋼矢板に溶接にて取り付けた。

6) 下塗工

水中でペトロラタムペーストを約 $0.4\text{kg}/\text{m}^2$ の割合で左官こてまたは刷毛により、鋼矢板表面に均一に塗布した。

7) 保護被覆工

FRPカバーおよびFRP当板をナットで締め付けて固定した。

8) 端部処理工

FRPカバーの上下端部に水中硬化形エポキシ樹脂を充填した。また、ボルト部保護のため内部に水中硬化形エポキシ樹脂を充填したボルトキャップを、スタッドボルトに取り付けた。施工後の状況を写真7に示す。

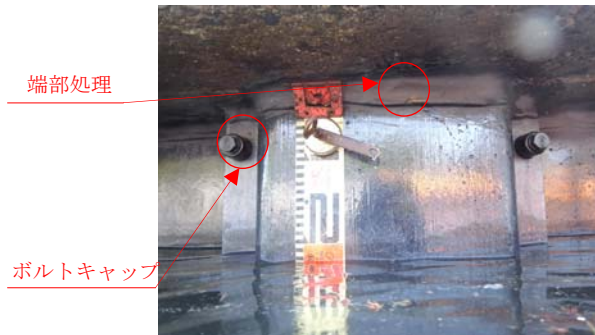


写真7 被覆防食施工完了

3.3 電気防食工

電気防食工の施工手順を図6に示す。



図6 電気防食工 施工手順

1) 取付金具溶接

陽極心金に取付金具を陸上溶接にて取り付けた。取付金具の取付状況を写真8に示す。



写真8 アルミニウム合金陽極

2) 陽極吊り下げ

陽極吊り下げ用フックを鋼矢板の所定位置に水中溶接にて取り付けた。所定の取付深度になるように長さを調整した吊下げ用ワイヤーを陽極心金に括り付け後、陽極をクレーンで水中に吊り下げ、潜水士によりその吊下げ用ワイヤーを鋼矢板に取り付けたフックに吊り下げた。

3) 陽極取付

鋼矢板と陽極心金の接触する面の付着物をスクレーパー等の工具を用いて除去し、水中溶接にて鋼矢板に陽極を取り付けた。陽極取付完了を写真9に示す。



写真9 陽極取付完了

5) 防食効果の確認

陽極取付後、電位測定および発生電流測定を実施し、防食効果の確認を行った。電位測定結果を表3に示す。

表3 電位測定結果

工事名	その1工事	その2工事	その3工事
実測値	-829~-1042	-804~-1015	-805~-1041

単位: mV vs Ag/AgCl/seawater

各施設とも防食電位(-780mV以下)を満足しており、防食効果を十分発揮している。また、発生電流はほぼ設計通りの電流値が確認された。

3.4 課題と対策

本工事に際し、工事施工における課題が数項生じたが、代表的な事項を挙げ、その対策を表4に示す。

表4 施工の課題と対策

施工の課題	対策
被覆防食の施工枚数及びアルミニウム合金陽極の設置数量が多く、設置位置を間違える危険性がある。	矢板1枚毎に取付位置等を明示出来るような概略図を作成し、作業員、潜水士に指示、周知することで、取付位置の間違いを無くした。
鋼板12mm取付箇所は、通常のFRPカバーの取付が困難である。	鋼板12mm取付箇所のカバーは緩衝材および締付位置に当て板を追加する等の措置により仕様変更を行った。
清浄海水とは異なる河川水流入に伴う陽極選定。	蓬川の水の抵抗を測定し、標準の陽極で対応可能か照査を行い、抵抗値50Ω・cm陽極を選定し、取付を行った。

表5 要点および対策と効果

	要 点	対策と効果
1	岸壁が歩道と接しているため、第三者の通行が頻繁にある。	警備員を各元請けより配備して頂き、カラーコーン、工事看板、標識等により、第三者に安全な通路の誘導を行うとともに、各作業員も第三者に対する誘導・挨拶等気配りを励行したことにより、事故およびクレームも無く工事を完工する事が出来た。
2	岸壁が歩道と接しているため、機材および資材の置き場所に制限がある。	材料をまとめて納入する為、大量の材料を納入できる仮置場の確保が課題となり、元請けより紹介して頂いたスペースに材料の納入を行った。使用する材料は小分けにして現地に運搬することで、クレーン付きトラックの乗り入れや陸上作業等、限られたスペースを有効に利用する事が出来た。
3	補強鋼板およびアルミニウム合金陽極は重量物のため吊り下げには重機が必要となった。	進入が困難で狭い場所も存在したが、施工箇所にクレーン付きトラックを誘導し乗り入れ、補強鋼板およびアルミニウム合金陽極等をクレーンで吊り下げ、潜水士により取付を行った結果、重量物に対する人力による作業が無くなった。
4	電気防食装置について、河川水の流入による抵抗値の違いから、陽極からの発生電流を確認する必要があった。	電位測定装置を設置するとともに、アルミニウム合金陽極に発生電流測定装置を数箇所設置し、発生電流値を測定する事で、陽極の機能を確認した。

4. まとめ

施工の要点とその対策について表5に示す。本護岸のように塩分濃度が海水に比して少ない河川水は、比重が小さく溶存酸素濃度（鋼材表面に供給される酸素量）が大きい。河川水が混入する河口付近では、表層部の河川水と直下の海水部とのマクロセル腐食（規模の大きい腐食電池）が発生し、腐食速度が大きくなることから、本環境のような無防食施設は、今後施設を管理維持していく上でも防食対策が急務と言える。特に重機が立ち入り出来ず、車の往来が無い護岸の鋼矢板は、過酷な腐食環境による危険性を見落とし易いことから、今後の維持管理対策の方策を再検討する必要があると思われる。

護岸補修工事の施工では、現場における作業スペースの確保が作業効率に大きく影響するため、事前調査を実施する前に現地視察を行い、重機の乗り入れ可否の確認を行うとともに、機材、資材の搬入経路を検討、確保することが重要である。

電気防食の観点からは、河川水が流入する環境では、設計の際に雨季・乾季を含む定期的な

河川抵抗測定を実施することが望ましい。このような環境においては、今回の施工箇所と同様に抵抗値を適正に認識するとともに、アルミニウム合金陽極に発生電流測定装置を設置し、電流値を確認することにより、陽極機能の確認を定期的に行う維持管理を実施することが重要であると考えられる。

5. 謝辞

本稿を作成するにあたり、兵庫県尼崎港管理事務所殿ならびに株式会社金山組殿、松岡土木株式会社殿、福田土木工業株式会社殿をはじめとする蓬川水系蓬川護岸被覆防食工事の関係者の方々には、本施工時に多大なる御協力を賜りました事を、ここに記して心より感謝申し上げます。

NAKABOH REPORT

No.50, 2016 年 1 月 20 日発行

編集発行人 篠田 吉央

(非売品, 無断転載を禁ず)

発行所 株式会社ナカボーテック
技術開発センター

〒362-0052

埼玉県上尾市中新井 417-16

Tel. 048-781-5431

Fax. 048-781-5432

©2016 NAKABOHTEC CORROSION
PROTECTING CO., LTD.



株式会社 **ナカボーテック**
NAKABOHTEC CORROSION PROTECTING CO., LTD.