

中部電力株式会社 小島 雅俊
 五洋建設株式会社 正会員 山本 敦
 住友大阪セメント株式会社* 正会員 川俣 孝治 正会員 山本 誠

1. はじめに

火力発電所の揚油棧橋は、大型クレーンが接岸し、原重油を荷揚げする発電所の重要な施設の一つである。また、これらの構造物は海上に位置し厳しい腐食環境に曝されるため、直接海面に面する上部工スラブ、下面や梁のコンクリートの剥離、剥落、鉄筋腐食など、塩害劣化の進行が危惧されている。

今回の報告は、このような揚油棧橋プラットフォームの鉄筋コンクリート製上部工の一つを取り上げ、補修前に実施した劣化調査結果および、これら鉄筋コンクリート上部工の補修工法として電気防食法を適用した場合について報告する。なお、電気防食の適用にあたっては、1) 構造物の供用に際し爆発性雰囲気にあること、2) 海洋構造物であるため潮位による施工時間に制約を受けること、などに留意する必要がある、本報告ではこれらの検討結果についても報告する。

2. 補修前調査結果と補修工法の選定

今回検討した構造物は、渥美半島の三河湾に面する火力発電所にある昭和45年に建設された上部工が鉄筋コンクリート造の梁とスラブより構成された揚油棧橋プラットフォームである。この構造物の概要を図-1に示す。この構造物は、昭和61年頃よりコンクリートの剥離剥落などの塩害劣化が見られるようになり、劣化部を中心とした部分的な断面修復や表面被覆などの補修が実施されてきた。今回実施したはつりおよびコンクリートコア採取による調査結果を図-2に示す。

過去の補修箇所と調査結果を比較すると、これまで補修を行った箇所についても、コンクリートの一部にひびわれや浮きが発生し、塩害劣化が進行していることが確認された。この原因として、過去の補修方法がコンクリートの浮き部を除去し断面修復後に表面保護塗装を施す方法であったため、未補修部に塩化物イオンが残留し、補修部と未補修部間でクラックを形成したことによるものと推測された。また、今回の調査により測定した鉄筋位置での塩化物イオン濃度は、梁部で1.77~2.14kg/m³、スラブ部で3.68~4.46kg/m³であり、鉄筋かぶりの小さい位置で高濃度の塩化物イオンが測定された。

以上の調査結果から、鉄筋コンクリート上部工の補修工法として、1) 断面修復工法、2) 脱塩工法、3) 電気防食工法などが考えられた。断面修復工法では、塩化物イオンが深い範囲まで浸透しているため、完全な塩化物イオンの除去が難しく再劣化の可能性が高い。また脱塩工法では、爆発性雰囲気であるため仮設設備による2~3ヶ月の通電対策が困難である。電気防食工法は、高濃度の塩化物環境における防食の信頼性が高く、陽極システムや電源装置の爆発性雰囲気での対応が可能であること、さらに塩化物イオンに汚染されたコンクリートのはつり修復、表面保護が不要であり施工コストの低減が可能であることなどを総合的に評価して、電気防食工法を採用することとした。

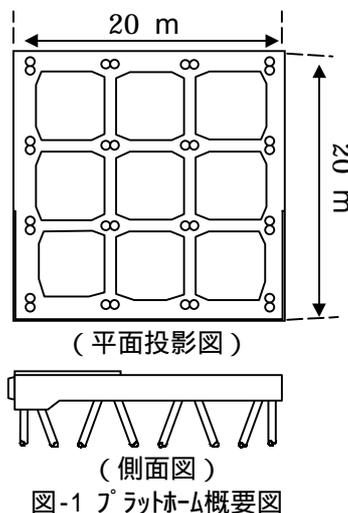
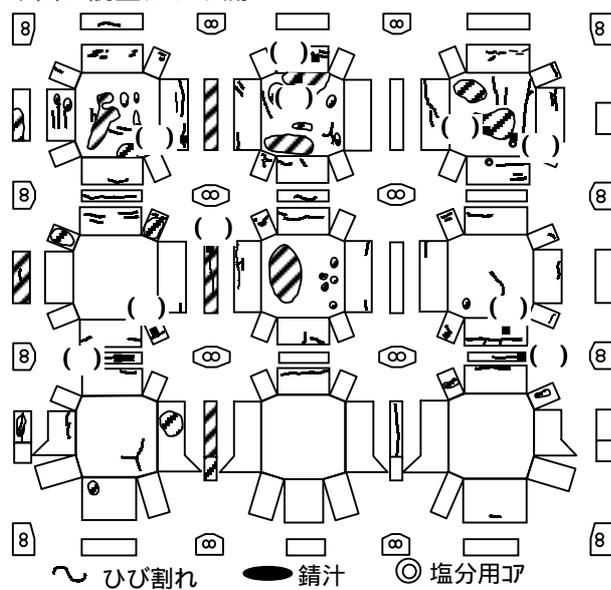


図-1 プラットフォーム概要図



注) 図中0~は、鉄筋の腐食度を示す。
 海洋コンクリート構造物の防食指針(案)に準じる。

図-2 今回の調査結果

キーワード： 塩害、腐食、電気防食、爆発性雰囲気、陽極方式

連絡先：* (住友大阪セメント株式会社) 〒101-8677 東京都千代田区神田美土代町1番地 TEL 03-3296-9555 FAX 03-3296-9560

3. 電気防食法の適用

電気防食法は、コンクリート表面に陽極を設置し、鉄筋を陰極として防食電流を供給することにより、腐食反応を直接制御抑制させるものである。今回適用した電気防食法は、外部電源方式のチタメッシュを陽極とする方式であり、陽極の設置については、施工性を考慮し、オパール陽極方式とパル陽極方式の2つの方法を用いた。これら2方式の施工工程を図-3に示す。オパール陽極方式は、断面欠損部を修復した後にチタメッシュ陽極を設置し、これをモルタルで被覆する方法である。パル陽極方式は、図-4に示すようなガラス繊維補強モルタルパルの中心部にチタメッシュ陽極を埋設したプラスチック製のパル陽極を断面修復時の捨て型枠として用いる方法¹⁾である。図-5にこのパル陽極の施工概念図を示す。

今回のような海洋構造物では潮位による施工時間の制約を受けるため、このような断面欠損部の修復や陽極設置を含めた施工の合理化が要求される。このような施工上の制約条件を解決するため、大断面修復箇所には断面修復と陽極の設置を同時に行えるパル陽極方式を、また断面欠損の小さく複雑な箇所ではオパール陽極方式による陽極設置方法を適用することで、施工の省力化および合理化を図った。

次に、爆発性雰囲気における電気防食電気設備の施工については、直流電源装置を耐圧防爆構造²⁾(密閉耐圧の防爆構造)とすることで直流電源装置内に可燃性ガスが浸入した場合でも爆発圧力に耐え、爆発による火災が外部に引火しないようにした。また、配線配管では、陽極システムと直流電源装置の間はケーブルを途中結線する箇所を全く無くするとともに、陽極システムのケーブル取出し部の結線部は接続箱内部をエポキシ樹脂で完全に充填することで、結線部が点火源となることを防止した。

これらの施工の後実施した、E-logI 試験による防食電流密度を選定した結果を表-1に示す。また、通電9日後および3ヶ月後に実施したDepolarization 試験による防食効果の確認結果についても、併せて示す。これらの結果より、オパール陽極方式およびパル陽極方式で施工したいずれの箇所でも100mV以上の復極量が得られており、良好な防食状態にあることがわかる。なお、通電は、定電圧方式とした。これは、海洋構造物であるため、波浪によるコンクリートの含水状態が部分的に変化する可能性が高いことを考慮した結果である。

4. まとめ

塩化物イオンが深い範囲まで浸透した場合の補修方法として、電気防食法は防食の確実性とコストの面から有効である。また、大断面修復を伴う場合、パル陽極方式による電気防食用陽極の設置は施工の省力化および合理化に有効である。さらに、爆発性雰囲気でのコンクリート構造物の電気防食は、直流電源装置を耐圧防爆構造とし、配線結線部を無くすることで適用可能である。

[参考文献]

- 1.川俣他「永久型枠式陽極を用いた電気防食工法による塩害劣化構造物の補修」、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, No.2 1995
- 2.産業安全研究所技術指針「1-ガ-のための工場防爆電気設備ガイド」労働省産業安全研究所、1994

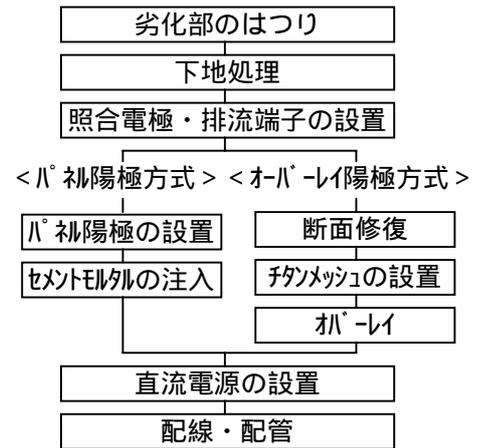


図-3 施工手順のフローチャート

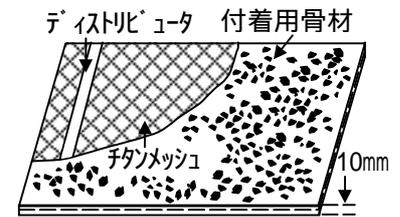


図-4 パル陽極概念図

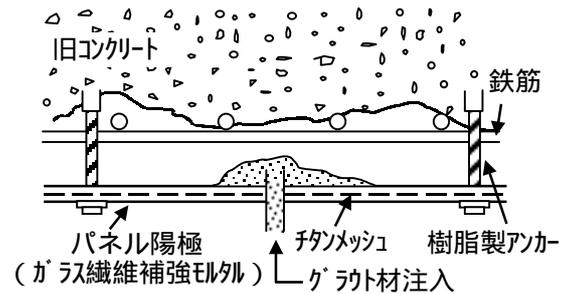


図-5 パネル陽極の施工概念図

表-1 E-logI 試験および Depolarization 試験結果

	測定位置	防食回路① (300m2)				防食回路② (271m2)			
		E1-1	E1-2 *	E1-3	E1-4 *	E2-1	E2-2	E2-3 *	E2-4
E-logI試験 100mVシフト基準	電圧/電流	2.9V 6.5A 21.7mA/m2				3.1V 4.8A 17.7mA/m2			
	Instant off 電位	-432	-467	-480	-445	-395	-441	-402	-457
	分極量(mV)	102	133	141	148	105	142	138	110
通電9日後 Depolarization試験	電圧/電流	3.0V 6.2A 20.7mA/m2				3.2V 4.5A 16.6mA/m2			
	Instant off 電位	-454	-499	-532	-491	-394	-504	-433	-529
	復極量(mV)	124	161	169	177	108	202	169	178
3ヶ月後 Depolarization試験	電圧/電流	3.1V 5.0A 16.7mA/m2				3.1V 3.7A 13.7mA/m2			
	Instant off 電位	-469	-471	-579	-461	-382	-565	-375	-512
	復極量(mV)	161	168	190	184	105	257	149	182

Instant off 電位 : CSE 電極換算 * : パル陽極方式部分に照合電極を設置