

淡水環境下における電気防食設備の導入

矢作第一発電所選択取水設備防食工事におけるコストダウン

The Introduction of Cathodic Protection System in Fresh Water Environment

The Cost Cutting in the Corrosion Protection Engineering Works of Selective Water Withdrawal Equipment in Yahagi No1 Hydro-Electric Power Station

(岡崎支店 矢作川電力センター 土木課)

水力発電所鋼構造物の防食工法に、従来の塗装防食にかわる電気防食工法を採用しコストダウンを図った。淡水環境下では採用例の少ない外部電源方式による電気防食工法を導入するにあたって実施した各種検討、導入技術等について紹介する。

1 導入の背景

矢作第一発電所選択取水設備(第1図)は、発電設備としての機能のほか、矢作ダムの中水・冷水対策設備として、河川環境保全に大きく寄与する重要な設備である。経年による塗膜劣化が進み防食工事を実施することとなったが、矢作ダムは国土交通省管理の多目的ダムであり、他のユーザーの水位運用制約から、工事中の水位低下ができず水中施工が条件となる。水力機械設備の防食は一般的に気中塗装が行われているが、水中塗装では、高コスト、塗装寿命が短い等の課題がある。そこで、水中塗装に比べて安価で防食寿命の長い外部電源方式による電気防食工法の導入に向けて検討を行った。



第1図 矢作第一発電所選択取水設備

2 電気防食の原理と淡水環境下の適用性

(1) 電気防食の原理

一般的に金属腐食は、金属・水分・酸素が電気化学反応することで進行する。塗装防食は鋼材表面に塗装による保護膜を形成し、水分と酸素の供給を遮断する方法である。一方、電気防食は水中の金属に対して外部から電流を供給することで金属のイオン化反応(鉄の場合 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$)を防止し、電気化学反応による腐食を抑制する方法である。この時、外部から供給

(Civil Engineering Section, Yahagigawa Field Maintenance Construction Office, Okazaki Regional Office)

For the purpose of the corrosion protection of steel structure in hydro-electric power station, the cathodic protection system was adopted to reduce the cost for the conventional coating protection.

We will explain the implemented study and adopted technology and so on for the introduction of cathodic protection system which adoption example is few in the fresh water environment.

する電流を防食電流と呼ぶ。

(2) 淡水環境下における電気防食の適用性

電気防食技術は主に海洋・港湾構造物等の海水環境下で古くから広く用いられているが、淡水環境下では設計手法が確立されていないため、その採用事例は僅かである。これは海水に比べて電気伝導率の低い淡水では、電極から発生する単位面積当たりの防食電流量が小さい、防食電流の到達距離が短い、距離による電位のばらつきが大きい等、多くの設計上の課題が存在するためである。そこでこれらの課題の解決を目指し、以下の検討を実施した。

3 設計上の課題と対策

(1) 塗装はく離率と設備容量

電気防食設備の設備容量は、

$$\text{設備容量}(A) = \text{対象面積}(m^2) \times \text{塗装はく離率}(\%) \times \text{防食電流密度}(0.1A/m^2)$$

で決定され、固定値である面積と電流密度を除けば、塗装はく離率の評価が設備容量を左右する重要な因子となる。電気防食で用いる塗装はく離率は、単に塗装がはく離した面積比率ではなく、塗膜の劣化を考慮して防食電流が通過するか否かを評価した面積比率を言う。本地点では、塗膜厚測定、付着力試験、電氣的導



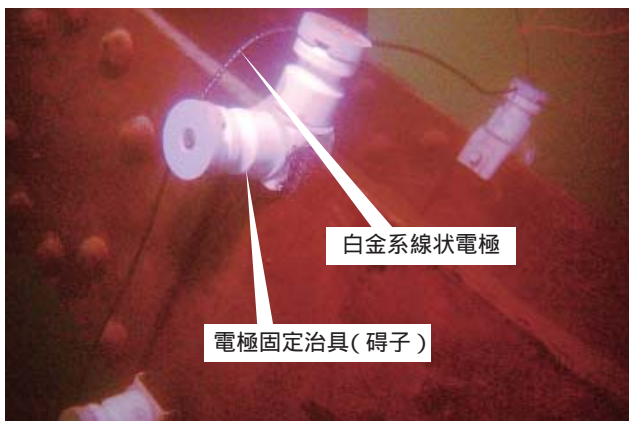
第2図 既設塗膜調査状況

通試験等の各種試験(第2図)により既設塗膜の状態を把握し、その劣化度を考慮した適切な塗装はく離率を設定することで、設備容量の適正化を図っている。

(2) 電極仕様・形状と配置の検討

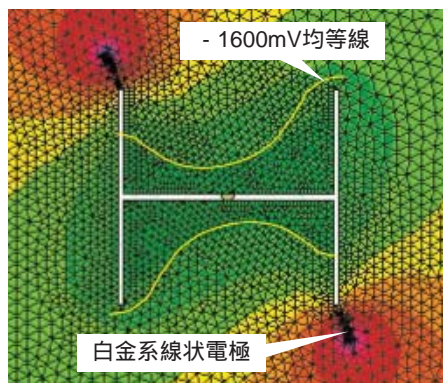
電極仕様は白金系電極を採用した。白金系電極は消耗量が非常に少なく電極がコンパクト・軽量化できる他、発生電流密度が高く、電気伝導率の低い淡水での使用にも適している。

電極形状は線状電極を採用した。線状電極は、従来から用いられてきた棒状電極の課題(電極形状の制約から狭隙部へ配置できず防食状態に達しない箇所が残る)を解決するため開発された電極で、1.5mmのチタン線素材に白金系のメッキを施した電極である。針金のように曲げて使用することができ、防食対象の形状によらず隅々まで配置することが可能(第3図)となり、電位分布を大幅に改善することができる。コンパクトで軽量かつ形状自由度の高い白金系線状電極は施工性も大幅に改善されることが期待できる。



第3図 リベット接合部の電極設置状況

具体的な電極配置の検討では、選択取水設備を構成する代表的な鋼材形状に対して、電位分布に関するFEM解析(第4図)を実施し、少ない電極数で均等な電位分布が得られるよう効率的な電極配置を決定した。



第4図 H型鋼の電位分布解析結果

(3) 発錆箇所における防食電流の集中消費

電気防食の原理上、発錆箇所では防食電流が錆の還元反応に集中的に消費され、目的とする鋼材表面に十

分に供給されない可能性がある。海水環境下では、各電極の負担面積をラップして配置し、防食電流の集中消費箇所に対して周囲の電極から電流を補給する設計とするが、淡水環境下では各電極の電流到達距離が短いため、同様の設計では電極数が多大となる。そこで、本設備では、一般部は前述のFEM解析結果より決定した効率的な電極配置とし、発錆箇所に対しては下記2項目の対策を行っている。

発錆箇所の除去

塗装品質が劣るリベット接合部(発錆が著しい)には、電極を局部的に追加

(4) その他

本設備では将来的な鋼材塗装はく離率の増大や、年間を通した水質(電気伝導率)変化に対応するため、定電位自動制御機能(防食電流を自動制御し防食対象を一定の防食状態に保つ機能)を採用した。また、ダム水位の運用幅によっては電極が空气中に露出することから、接触・感電事故防止のため、ダム水位に連動した通電制御機能も具備している。

4 経済性について

当初計画した水中塗装と電気防食の経済性比較を第1表に示す。電気防食は維持費が必要となるが、耐用年数を考慮した総合評価において、水中塗装より経済的である。

第1表 水中塗装と電気防食の経済性比較

	水中塗装	電気防食
防食対象	選択取水塔	選択取水塔
耐用年数	10年程度	15~20年程度
工事費	60,000千円	32,000千円
年維持費	-	点検 230千円 電気代 110千円

5 まとめと今後の展開

矢作第一発電所選択取水設備防食工事(平成17年1月着工~3月完工)において、劣化度を考慮した適切な塗装はく離率の設定、白金系線状電極の採用、電位分布解析による効率的な電極配置等を行うことで、淡水では採用実績の少ない電気防食設備を導入しコストダウンを図ることができた。

平成17年10月現在、本設備は良好な防食状態を維持しており、従来の塗装防食と同等の性能があることが確認できている。今後は長期的に防食効果の確認を行っていく予定である。



執筆者 / 幅上英紀
Habaue. Hideki@chuden.co.jp