

取水塔制水ゲートの腐食原因と対策工検討

Corrosion causes and countermeasures method of steel gate of intake tower

鈴木 稔
(SUZUKI Minoru)

I. はじめに

農業水利施設のゲート等鋼構造施設の腐食要因は多様であり、その要因解明と長寿命化対策は今日的課題となっている。

5 北海道の内陸部に位置する、竣工後27年を経過した農業用ダムの取水塔制水ゲートの扉体に、多数の錆こぶ等の発生が認められた。そこで腐食原因を解明するためにダムの定期点検に合わせてゲートの調査を実施し、対策工を検討したのでその概要を報告する。

10 II. 取水設備の概要

調査した取水設備は、独立塔機械式シリンダータイプで、底部にローラー式の制水ゲートが設置されている。取水設備は冬期肥培用水(牛のふん尿に加水、曝気して肥料として牧草地に還元する)供給のため通年湛水の条15件下で運転されており、ゲートは常時水中におかれている。ゲートの構成部材は、取水塔本体はステンレス鋼材SUS304(以下SUS材という)が使用され、スクリーンには強化プラスチック材FRPが使用されている。制水ゲートは扉体に一般構造用圧延鋼材SS400(以下SS材という)、ロー20ラー部およびボルト・ナットはSUS材が使用され、エポキシ樹脂で塗装されている。

III. 現地調査

1. 近接目視調査

腐食原因を特定するため、定期点検に合わせて制水25ゲートを引き上げて目視調査を実施した。

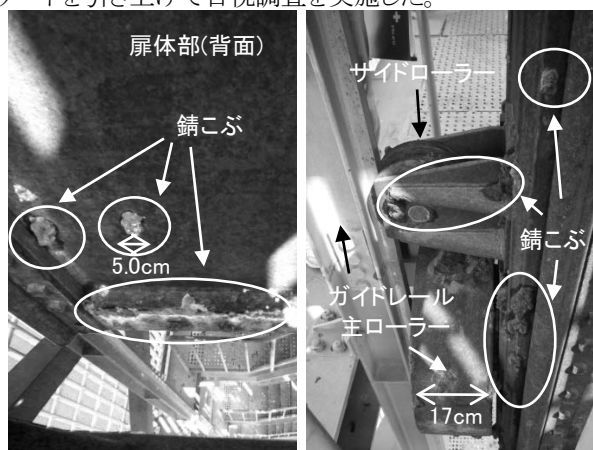


写真-1 扉体部(背面)

写真-2 ローラー部

調査の結果、錆こぶがSS材とSUS材の接続部付近を中心に点在していた(写真-1, 写真-2)。発錆箇所は特に40部材縁端部に多く見られ、深さ1.0mm程度の孔食や、部材先端部が部分的に欠損している箇所もあった。発錆箇所以外の塗装は比較的健全な状態を維持していた。

2. 水質調査

ダム湖の取水塔地点での電解質を確認するため水質45調査を行った。鋼材の腐食に関する指標は機械設備設計に用いられている水質基準値¹⁾を参考にした。

表-1 水質調査結果

調査項目	計測値	目安とする基準値
酸化還元電位 ORP (mV)	510	>400mV 無腐食
水素イオン濃度 pH	7.3	6.8~8.0
溶存酸素濃度 DO (mg/L)	11.0	水道水0.5~4.0mg/L
電気伝導度 EC (mS/cm)	0.101	0.3mS/cm以下
硫化物 (mg/L)	<0.4	検出されないこと
塩化物イオン Cl ⁻ (mg/L)	3.5	50mg/L以下
硫酸イオン SO ₄ ²⁻ (mg/L)	30.6	
硝酸イオン NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.30	

55 酸化還元電位ORPは400mV以上のため腐食環境では無い。溶存酸素量DOは数値が高いと腐食速度が速くなるといわれており、計測値は環境基準AAの7.5mg/L以上あり、水質に問題は無いが水道水と対比すると酸素量が高い。

60 塩化物、硫酸、硝酸イオン濃度の測定値からは、これらが金属腐食に関する影響は小さいと考えられる。

これらより取水塔地点の水質については、鋼材腐食に関係する電解質等の影響は少ないと考えられる。

3. 電位差計測

65 制水ゲートの構成部材にはSS材とSUS材が使用されている。電解質液中で異種金属の接触によりマクロ電池が形成される、異種金属腐食が考えられたため、ゲートを水没させて自然電位を計測した。

電位の測定は海水塩化銀電極とデジタルマルチテス70ターを用い、図-1に示す測線で計測した。

測定結果を表-2に示す。中性環境中での自然電位は、SS材の-450~-650mVに対し、SUS材(鉄FeとニッケルNi、クロムCrの合金)は-280mmV程度²⁾と貴である(相対的に電位が高い)。計測結果はSUS材とSS材が合成された電75位差を計測したものであるが、SUS軸がSS軸に対して貴となる傾向が認められた。

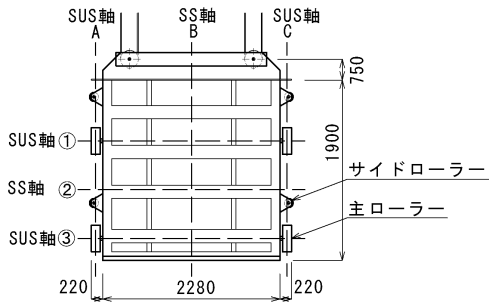


図-1 電位計測の測線

表-2 自然電位計測結果 (単位:mV)

	SUS軸 A		SS軸 B		SUS軸 C
SUS軸 ①	貴 -525	>	卑 -529	<	貴 -528
	∇				∇
SS軸 ②	卑 -560		卑 -533		卑 -538
	△				△
SUS軸 ③	卑 -545※	<	貴 -523卑	<	貴 -519

電流は、電位の高いSUS材から電位の低いSS材に流れ、続いて金属表面より電解質中に電流が流れて金属表面で腐食回路を形成しているものと考えられる。(図-2)。なお現地計測結果では一部にSUS軸と、SS軸の電位差傾向が異なる結果も得られ(表-2の※印)、これはSS材の影響を受けたものと推察されるが、原因は確認できていない。

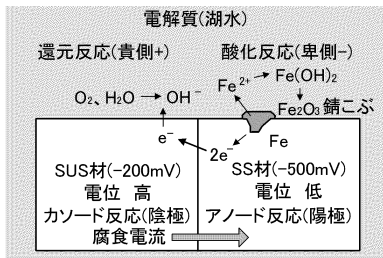


図-2 腐食の電気化学モデル概念図

IV. 原因の推定

前章の結果から、錆の発生には、異種金属腐食と水質環境が影響している可能性があると考えられる。電解質の影響は少ないが、溶存酸素濃度DOが多く、一度発錆すると拡大しやすい傾向にある。このような環境を踏まえると、錆の発生は異種金属による電位差が主要因であり、微細な腐食の発生後に溶存酸素により腐食が進行して、錆状に発達するという複合的な要因であるものと推察される。また、今回調査対象としたゲートは通年で使用しているため、電気回路の形成が長期間にわたり

V. 対策工の検討

鋼材の防食法は塗覆装防食と電気防食に分類できる。塗覆装防食は、腐食の要因である電解質と鋼材を絶縁して、腐食電流の回路を形成させない工法である。塗覆装防食の内、工場塗装は仮設が大規模となり多大な費用を

要する。現場塗装では膜厚管理とともに、狭小部の素地調整や、塗装むらの懸念も想定される。腐食箇所がSUS材に近い部材縁端部に集中していること、電位差が比較的小さく、腐食電流も小さいこと、さらに経済性、施工性よ

り、電源設備が不要である電気防食工法(流電陽極方式)が妥当な対策工と判断した。流電陽極方式は、金属のイオン化傾向の高低を利用したもので、鉄よりイオン化傾向の高い金属を鉄とつなぎ、鉄がイオン化(腐食)するのに代わって、それらの金属がイオン化することにより鋼材の腐食を防ぐものである。電気防食工法の外部電源方式は電源設備、配線等の構成部品が多く、高コストとなるため比較工法から除外した。

本取水塔地点の水質は淡水(高抵抗環境:抵抗率9900Ω・cm)であるため陽極材にはMg合金陽極が有効となる³⁾。Mg合金陽極は小型のものでは1個2,000円程度と安価である。陽極材の寿命は環境条件や塗装グレード等により変化する。比較的単純な構造物では設計段階で寿命設定している場合もあるが、取水塔のように複雑な構造で、扉体もSUS材のボルト・ナットが使用されていることを考え、設置位置はSUS材の周辺に設定するのが効果的であると判断した。流電陽極電池の設置位置はローラー(SUS材)位置近傍の8箇所を選定した。

VI. おわりに

通年使用の農業用ダムの取水塔で発生した錆について、腐食要因の解明調査と対策工について述べた。現状においてゲート機能に支障は無いが、放置すると劣化が進行し、機能に支障をきたす可能性があると考えられる。今後の課題として、取水塔のような複雑な構造体の内部で電位を計測する場合は、電位計測の測線を増やし精度の向上を図る必要があると考えている。

鋼製ゲートの錆対策として流電陽極材を用いた防食計画としたが、設置位置や個数の決定についてはモニタリングを通して、検証する必要がある。モニタリングは錆の成長度合い、流電陽極電池の消耗度合いを確認しながら、実施する必要がある。

引用文献

- 1) 腐食防食学会:腐食防食ハンドブック, p161(2000)
- 2) 電気学会:新版・電食・土壌腐食ハンドブック, p8(1986)
- 3) ダム・堰施設技術協会:ダム・堰施設技術基準, p770 (2011)

85

[2015.2.24 受稿]

鈴木 稔

略 歴



1959年 北海道に生まれる
1982年 北見工業大学卒業
2004年 (株)アルファ技研入社
現在に至る