

AE 法を用いた洪水吐ゲートワイヤロープの健全性評価

関西電力株式会社 正会員 ○三田 翔平

1. はじめに

ダムの洪水吐ゲートのうち前面吊り式のラジアルゲートでは、開閉用のワイヤロープがスキンプレート上流面に位置し、常時水中に没している。水中部のワイヤロープは、グリスの流出やゲート放流時の流木等の衝突等、気中部に比べて過酷な環境に曝されている。しかしながら、ワイヤロープの没水部の点検は困難であるため、時間計画保全（定期的な取替・更新）の対象とされる場合がある。一方で、状態監視による傾向管理ができれば、実態を踏まえた交換・取替時期の判断が可能となる。洪水吐ゲートのワイヤロープの状態監視の方法として潜水士による水中部点検があるが、潜水作業は危険を伴うため安全性に問題がある。さらに、水中部での点検作業は作業性が悪く、1日の実施門数が限られるため、コスト面でも課題がある。そこで、本検討では、エレベータやクレーンのワイヤロープの非破壊検査手法として確立されている AE 法に着目し、ラジアルゲート開閉用ワイヤロープの素線切れ評価への適用性検討のため、現地実証試験を行い、その結果に基づき計測装置（特許出願済）を開発した。

2. ワイヤロープの素線切れに起因する AE 波

図-1 に、AE 波の発生メカニズムを示す。洪水吐ゲート開操作に伴いワイヤロープに張力が作用する際、健全な素線と切断した素線同士が擦れることによって AE 波が発生する。本手法では、積算 AE エネルギーと損傷状態（素線切れ率）の相関関係に基づいてワイヤロープの損傷評価を行う。

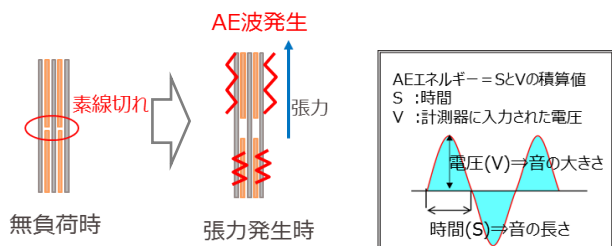


図-1 素線同士の擦れにより発生する AE 波

3. AE 法による洪水吐ゲートワイヤロープの計測・評価方法

3.1 概要

図-2 に、前面吊り式のラジアルゲートの構造を例示する。開閉用ワイヤロープ端部のソケットとスキンプレート前面底部の吊り金物がピンで接合されている。水中部点検の結果より、ソケット近傍に素線切れが多いことが確認されているため、ソケットより 2m 程度の範囲に保護カバーが設置されている場合がある。潜水士による点検を行う際には、この保護カバーを一時的に取り除いて状態確認を行っている。一方で、本検討で活用した AE 法では、図-3 に示すように巻上ドラム直下（気中部）のワイヤロープに AE センサを固定治具で設置して計測するため、潜水作業を伴わずにワイヤロープの損傷評価ができる。

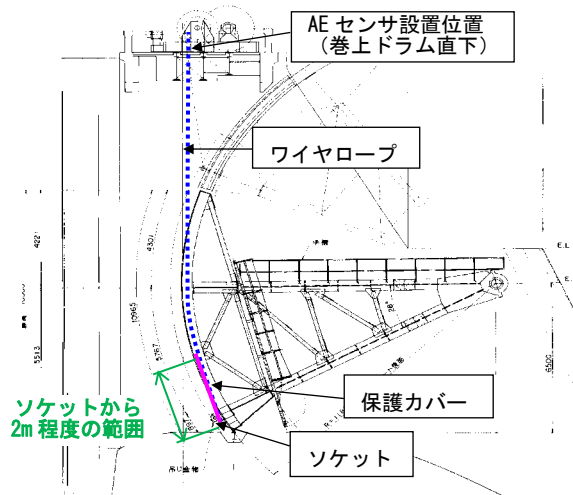


図-2 前面吊り式ラジアルゲート側面図

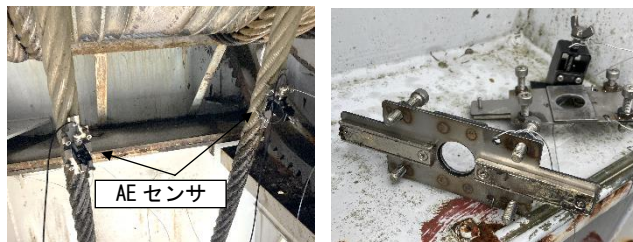


図-3 AE センサ設置状況および固定治具

キーワード 洪水ゲートワイヤロープ、水中部、素線切れ、AE 計測、スクリーニング調査、

連絡先 〒530-8270 大阪府大阪市北区中之島 3-6-16 関西電力株式会社 再生可能エネルギー事業本部 TEL070-8691-8639

3.2 計測方法

AE 法ではワイヤロープに張力を作用させる必要があるため、実動作試験による計測を行った。ゲート操作は、全閉状態から開操作を行い、ゲート開度 3 cm 程度(目安)で停止させ、閉操作により再び全閉状態に戻すという操作を数回繰り返した。ゲート操作中に無負荷状態から載荷状態に至る過程で健全な素線と切れた素線が擦れることにより発生する AE 波を検出し、それを積算 AE エネルギーとして評価した。

3.3 AE エネルギーの計測値

AE エネルギーは、計測開始から終了までの値を積算して評価する。計測結果の例を図-4 に示す。縦軸に積算 AE エネルギー、横軸に計測時間を示している。図-4 の計測結果では、AE エネルギーが上昇し、その後上限に達して以降は、ほぼ一定値で推移している。これは、ワイヤロープに張力が作用し、ワイヤロープが緊張(ゲート放流開始)するまでの間で AE 波が発生することを示している。ワイヤロープの緊張後には素線切れによる AE 波が発生しないため、積算 AE エネルギーは一定値となる。

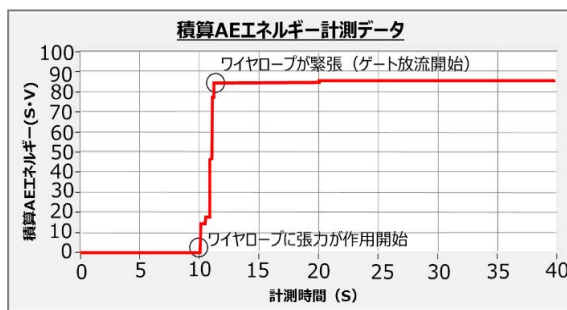


図-4 AE 計測結果の例

3.4 素線切れの評価方法

積算 AE エネルギーから損傷評価を行うことを目的として、潜水土による水中部点検で確認された損傷状態(素線切れ率)と積算 AE エネルギーの計測結果の関係を整理した。現地実証試験は7ダムの13門で実施した。得られた相関図(図-5)に基づき、積算 AE エネルギーから損傷状態(素線切れ率)を推定し、素線切れ率 0~5% 未満、5%~10% 未満、10%以上の3段階で評価を行う。素線切れ率とは、ワイヤロープの素線のうち、1より間で切れている素線の割合を示すものである。例としてワイヤロープ仕様 6×37 構成の場合、全素線 222 本のうち 22 本切れている場合は、素線切れ率 10%となる。

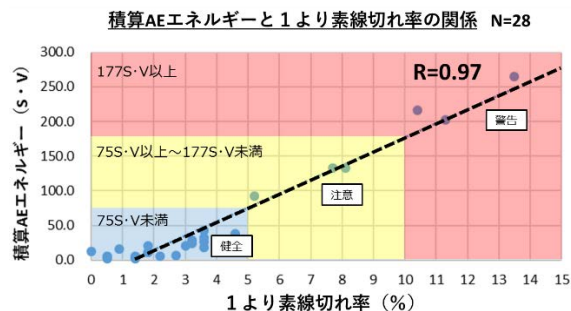


図-5 損傷評価図 (積算 AE エネルギーと素線切れ率の関係)

3.5 AE 計測装置の開発

計測装置の外観と計測結果の表示例を図-6 に示す。装置は最大 4 本のワイヤロープを同時に計測できるよう 4 基を設けた。計測結果の表示については、各ワイヤロープについて、「積算 AE エネルギーと 1 より素線切れ率の相関図」に基づき損傷状態を評価し、設定したしきい値に応じて判定結果(赤: 10%以上, 黄: 5%以上 10%未満, 青: 5%未満)および積算 AE エネルギー値を表示する。

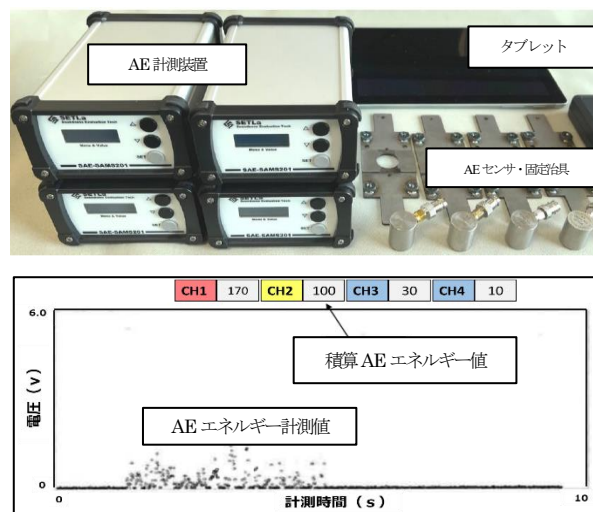


図-6 計測装置 (外観) および計測結果の表示例

5. まとめ

本検討では、AE 計測装置の開発を行い、洪水吐ゲートワイヤロープ損傷状態(素線切れ率)の評価手法を確立した。その結果、得られた成果を以下に示す。

- ① 潜水土点検による 1 より素線切れ率と積算 AE エネルギーに相関関係があることが確認された。
- ② 積算 AE エネルギーを計測することで、水中部にある洪水吐ゲートワイヤロープ損傷状態の把握が可能となる。この方法を活用し、潜水土作業を削減し、潜水作業の事故発生リスク低減や点検コスト低減を図ることが可能となる。