

【電流情報量診断システム 活用実績③】 河川系社会インフラ（水門）の点検・診断

1. はじめに

戦後から高度成長期にかけて急速に整備が進められてきた社会資本について、今後増大していく老朽化施設に対して効率的・効果的に対応するために、アセットマネジメントへの取り組みが各分野で進められている。河川における社会インフラにおいても、国土交通省を中心に管理方法の整備が進められている。当社の電流情報量診断システム（以下、T-MCMA[®]）は、これまで回転機械の監視診断技術として、振動診断などでは適用が難しい水中ポンプや低速回転機への適用が期待され、様々な分野での活用が進められつつある。河川系社会インフラでは水中ポンプをはじめ、既存の振動法では適用できなかったり、監視範囲が限定されてしまったりする設備が多くある。本稿では河川系社会インフラの中でも、ゲート設備に対してT-MCMA[®]を適用した例を紹介する。

2. 河川のゲート設備について

河川のゲート設備には水門、樋門、堰と呼ばれるものがある。図1の水門は河川または水路を横断する形で設けられる流水を制御するための構造物のうち河川堤防を分断する形で設置されるもので、堤防機能を有する。樋門も水門と同じく河川または水路を横断する形で設けられる流水を制御するための構造物であるが、樋門は堤体内に暗渠を挿入して設置されるものをいう。堰とは河川の流水を制御するための構造物のうち堤防機能をもたないものをいう。三者の構造は似ているため、総称して、水門と呼ばれることがある。



図1 河川のゲート設備

3. 電流情報量診断システムの概要とゲート設備への適用

T-MCMA[®]は電動機と負荷設備で構成した回転機械系における三相誘導電動機の固定子電流を計測し、多重解析することで、回転機械の状態を診断可能にしたシステムである。T-MCMA[®]の概要を図2に示す。当システムは大きく分けて、電流センサ、電流信号計測ユニット（以下、TMDU）、診断管理ソフトウェア（以下、TMDS-120）から構成される。電流センサは電気室や現地の配電盤内モータ動力ケーブルに取り付けられ、その信号をTMDUでA/D変換されて記録する。その後TMDS-120に転送することで簡易診断や精密診断などの解析結果を確認することができる。簡易診断では、表1に示す独自に定めた8種類の診断用のパラメータを監視することにより、回転機械の状態監視を行うことが可能である。また、精密診断ではFFT解析（図3）などを用いて、簡易診断結果からは判断ができない内容の詳細を考察することが可能である。

前述した解析手法はインターバル計測と呼ばれ、主に周波数解析などを適用することにより、比較的定常的に運転される回転機械に適用される手法であり、ゲート設備においてはゲートを昇降させるためのモータや減速機への適用

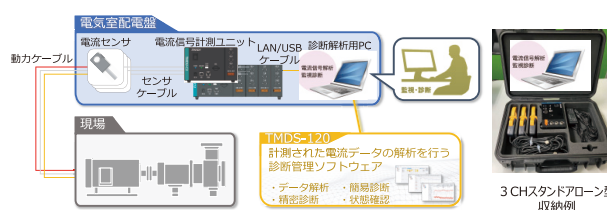


図2 T-MCMA[®]システム概要

表1 8種類の診断パラメータ

確率密度分布解析 と 時間領域解析			
1	KI	電流波形歪みの確率密度分布より算出する情報量	回転機械状態を総合的に監視する。ポンプ・ブローの流体系の異常検出にも非常に有効
2	Irms	電流実効値	回転機械系の負荷変動などの状態を監視する
3	Iub	三相電流のバランス	電源品質・モータ巻き線劣化・欠相・インバータ状態を監視する
FFT解析			
4	Lpole	極通過周波数側帯電流成分と電源周波数電流成分比率	モータ回転子劣化状況を監視するパラメータ
5	Lshaft	回転周波数側帯電流成分と電源周波数電流成分比率	モータ機械軸系不調・曲がり・接触などの異常状態を監視する
6	IHD	最大高調波電流成分と電源周波数電流成分比率	電源品質・モータ巻き線劣化・インバータ状態を監視する
7	THD	全高調波電流成分と電源周波数電流成分比率	電源品質・モータ巻き線劣化・インバータ状態を監視する
8	Lx	回転機の特異周波数側帯電流成分と電源周波数電流成分比率	負荷側の特定部位の異常状態を監視する。Lx1~Lx4設定可能

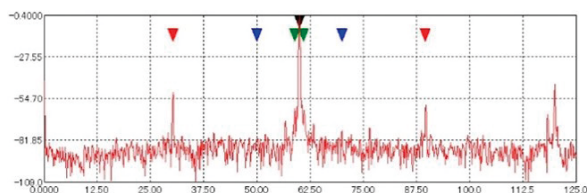


図3 T-MCMA[®]のFFT結果

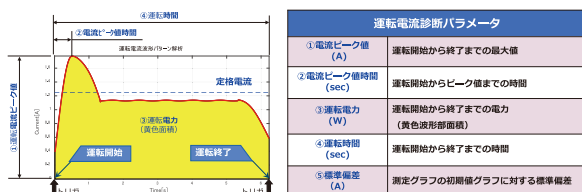


図4 T-MCMA[®]の運転電流診断

が可能である。これに対し、ゲート側の動的部分はかなり低速なため、周波数解析の適用が難しい。そこでもう一つの解析手法として、過渡電流計測モードが存在する。これはモータの電流値の推移のパターンを解析する手法である。この手法には「起動電流診断」、「遮断電流診断」、「運転電流診断」がある。ゲート設備の診断においてはゲートが全開もしくは全閉するまでの電流値パターンを解析することで、ゲートを開閉するときにモータにかかる負荷の変化を知り、そのパターンからゲート設備のゲート部の状態を判断することを目的として、図4の「運転電流診断」を適用する。この診断では運転開始から終了までの電流値を計測することで、その電流値の挙動を5つのパラメータとして算出して評価する。

4. ゲート設備診断事例

ある河口堰のゲート設備に対して、T-MCMA[®]による整備前後比較を実施した。このゲート設備は、単葉鋼製ローラゲートの2M2D電動ワイヤロープ巻取式の開閉方式である。扉体寸法は6.0m（高さ）×26.7m（幅）で、門数はサイドゲート1門である。巻上機の使用については、モータ出力：5.5kW（2台）、極数：6、定格電流：11A、定格回転数：1140rpm、減速比：1570である。巻上機の構造を図5に示す。この構造より、インターバル計測における診断パラメータLx設定を表2の通り設定した。なお、インターバル計測では、サンプリング時間を8192 [Hz]、サンプリングデータ長を131072/262144 [point]、計測頻度は1回/minに設定した。過渡電流計測では、サンプリング時間を512 [Hz]、サンプリングデータ長を512×運転時間（秒）[point]に設定した。なお、実施回数はゲート設備開閉

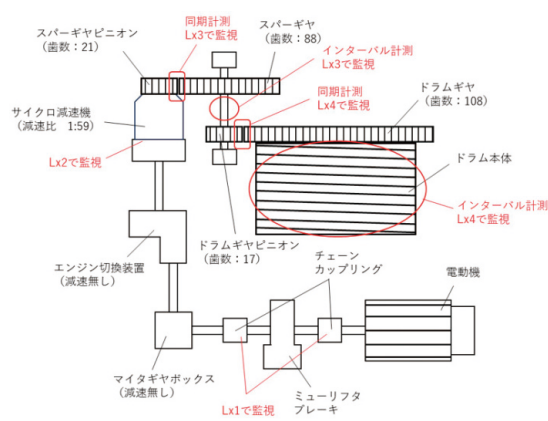


図5 巻上機の構造

表2 Lx設定

パラメータ	監視する項目	設定値(fr: モータ回転周波数)
Lx1	カップリングのミスアライメント	$fr \times 2 = 2fr$
Lx2	サイクロ減速機の状態監視	$fr \times (1/59 + 1) = 1.0169fr$
Lx3	スーパーギヤの噛合い状態監視	$fr \times (1/59) \times 21 = 0.3559fr$
Lx4	ドラムギヤの噛合い状態監視	$fr \times (1/59) \times (21/88) \times 17 = 0.0688fr$

の制約により、交換整備前後の各1回のみである。

まずはインターバル計測の結果について、整備前後の診断パラメータのうち、変化が確認された診断パラメータについて図6に示す。交換整備後のサイドゲート上昇時に巻上機LのLshaftの悪化が確認された。診断パラメータLx1は据付不良時のミスアライメントを検知するためにも有効であるが、交換整備前後で悪化が確認されていないため、今回の交換整備の対象ではない既設部分（ドラム～サイドローラ）の劣化が進行（さびの進展等）した可能性があると推測する。傾向管理を行い、悪化傾向が見られる場合は、ドラムやゲート（特にシーブやレール）の目視点検を推奨する。また、サイドゲート下降時には電磁ブレーキを用いることで駆動モータの回転軸にかかる回転周期の変動負荷が増加すると考えられる。今回の交換整備で電磁ブレーキが新品に更新されたことで、ライニング（摩擦材）が新品となることに加えて、据付に伴うエアギャップ（空隙）の変動により変動負荷が増加したと考えられる。したがって、整備後のゲート下降時に診断パラメータが悪化する現象は、工事品質によるものではないと推測する。また、サイ

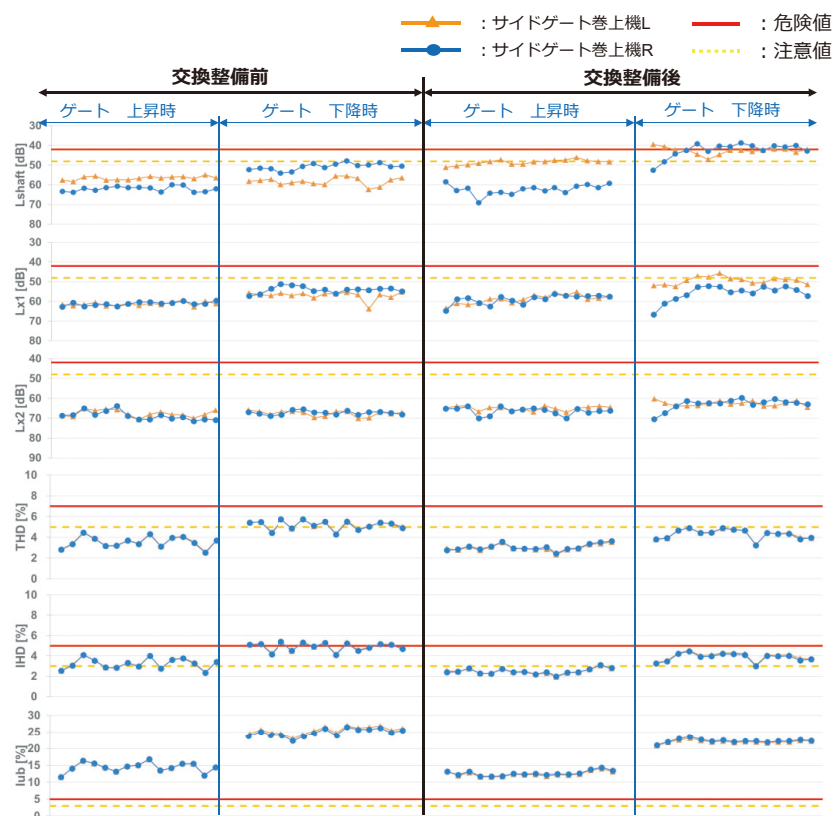


図6 交換・メンテナンス前後の診断パラメータ比較
(Lshaft, Lx1, Lx2, THD, IHD, Iub)

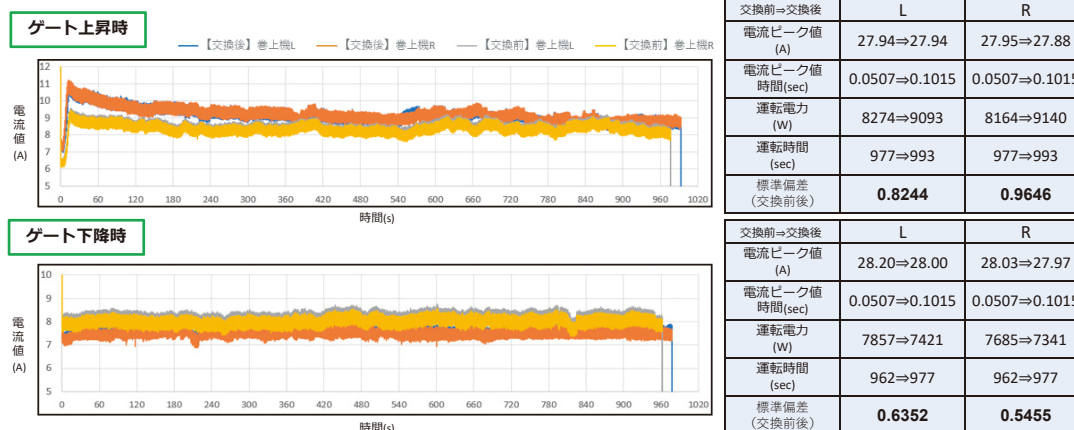


図7 運転電流計測の結果

ドゲート上昇、下降時のいずれの場合でも、交換整備後にTHD, IHDおよびIubの改善が確認された。駆動モータを新品に更新した結果であると推定される。

次に運転電流計測の結果を図7に示す。交換整備後のサイドゲート上昇時に確認されたサイドゲート巻上機L, Rの運転電流値の差異は、交換整備前と比較して小さくなっている。サイドゲート下降時にも同様の変化が確認されているため、交換整備により巻上機LとRの運転能率の差の

減少、または吊り上げにかかる負荷の不均一性が改善された可能性がある。

以上の結果より、ゲート設備の開閉装置の状態をT-MCMA[®]によるインターバル計測や運転電流計測により、巻上装置からゲート本体の状態が整備前後で変化していることを可視化し、その状態について評価することができた。

5. おわりに

当社の電流情報量診断システムの概要と、このシステムを河川系インフラであるゲート設備へ適用した事例を紹介した。診断実績から、回転周波数30Hz前後の駆動モータから、回転周波数1Hz以下の水門駆動系末端まで解析・診断できることが確認できた。また、過渡電流診断機能と併用することで、ゲート（往復動）本体の状態診断に対しても有効であることを確認した。

以上のことより、比較的短時間での河川ゲート設備の状態評価に期待ができる。今後、更なる診断実績を蓄積し、診断・評価方法の標準化を狙う。

須本 賢太朗（診断ソリューション部）

参考文献

- 1) 劉 信芳, 馮 芳“電流情報量診断の基礎理論と診断技術”, TAKADA TECHNICAL REPORT Vol.33 (2023), pp.21-29.