

# 36. 土木機械設備の状態監視保全に対する取組について

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室 ○ 小林 大輔  
 田村 匡弘  
 泰松 宏平

## 1. はじめに

国土交通省が管理している土木機械設備のうち水門設備や揚排水ポンプ設備等の河川管理施設は平成30年3月末時点で約1万施設あり、その半数が設置から約40年を経過している。一方、近年の出水による被災状況に鑑み、各土木機械設備の重要性はさらに高まっており、厳しい財政状況の中での確な点検・整備による機能保持が求められている。

河川構造物については、持続可能なメンテナンスの構築に向けた取組みとして状態監視型の予防保全導入により更新需要の平準化、コストの抑制を図っていく必要があるが、技術的及び運用面における課題も多い。これらの課題を解決するため、従来から実施している状態監視保全にIoT技術を活用した待機系設備への対応、点検記録の効率化などの取り組みを行っている。本論文は維持管理に関連する取り組みの紹介及び課題について報告するものである。

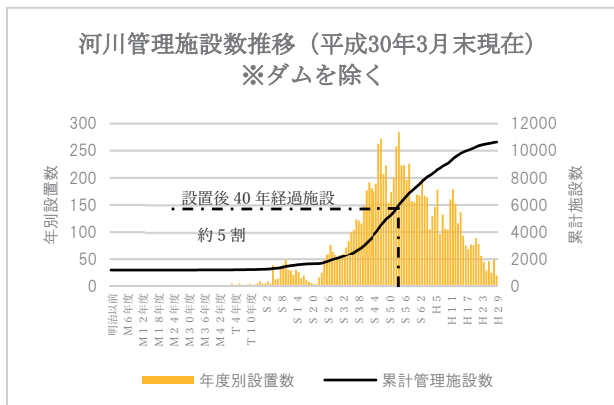


図-1 河川管理施設数推移

## 2. 状態監視保全

保全には設備の故障や不具合が発生してからの保全「事後保全」と、故障や不具合を未然に防ぐ「予防保全」があり、予防保全には定められた時間計画に従って保全を行う「時間計画保全」と、設備の状態、劣化傾向に基づき保全を行う「状態監視保全」

がある。

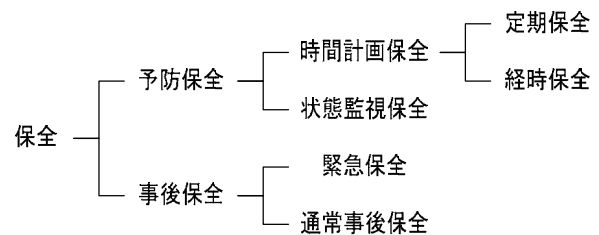


図-2 保全の分類（JIS Z 8115:2000「ディペンダビリティ（信頼性）用語」）

### 2.1 傾向管理

状態監視保全は、設備の劣化状態に基づく予防保全であり、計測データに基づく傾向管理が含まれる。傾向管理とは、稼働時の「振動」「温度」「圧力」などの計測データ等から管理基準値を設定し、傾向管理グラフを作成して機器等の状態判定を行うものである。河川管理施設においては年点検や月点検・管理運転点検で得られる計測データを対象としている。

### 2.2 管理基準値

管理基準値とは状態を把握するための値であり、点検・整備・更新マニュアルでは、「正常値」、「注意値」、「予防保全値」に区分している。管理基準値の設定にあたっては、相対値評価基準値を基本として、データ蓄積状況に応じて設定や見直しを行う。管理項目によっては絶対評価基準値が定められているものもあり、このような場合は併用するものとしている。

### 2.3 データの蓄積

点検・整備結果は機械設備維持管理システムに蓄積している。機械設備維持管理システムは設備の諸元や整備履歴、故障、点検記録を蓄積し、設備の状態監視保全や維持管理計画の策定支援など、維持管理の効率化を目的としたシステムである。

傾向管理の推進・高度化を図るうえで、運転時データ等の点検情報を随時蓄積している状況であるが、施設数も多くデータの入力作業は職員の負担となっていた。

## 2.4 状態監視保全を有効に働かせるために

現状の状態監視保全では、月・年点検のスポットデータから傾向管理を行っている。河川管理施設は待機系設備が多く含まれ、記録できる情報は実稼働運転時とは異なる条件のもとに計測されたものであり、管理基準値を見直すデータとして使用するにも、データ取得時の機器の稼働条件や計測タイミングを統一出来ないなどの課題がある。また、入力作業負担軽減などの情報収集面での効率化も課題としてあげられる。

## 3. 課題への取組内容

### 3.1 機械設備維持管理システム

#### (1) システム入力の変革

システム入力様式は特別な様式では無く、点検業務の報告書として利用できるエクセル形式で作成している。この様式は取り込み時のエラーを防ぐチェック機能（マクロ）を含んでおり、取り込み作業の効率化と情報の信頼性確保が図られている。点検・整備標準要領の改定や運用面での意見をもとに随時改良を行っている。

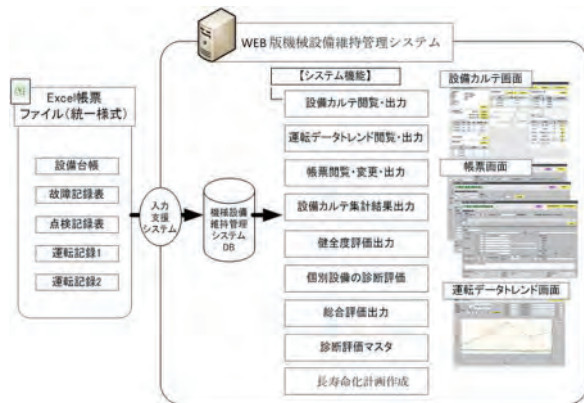


図-3 機械設備維持管理システム構成図

#### (2) システムサーバの変革

機械設備維持管理システムは、開発当初各地方整備局でサーバを持つクライアントサーバ（CS）形式のシステムであったが、現在は各端末のブラウザソフトを使用するWEBシステムに改良したことにより情報共有の幅が広がり、機能修正などのメンテナンス性が向上した。

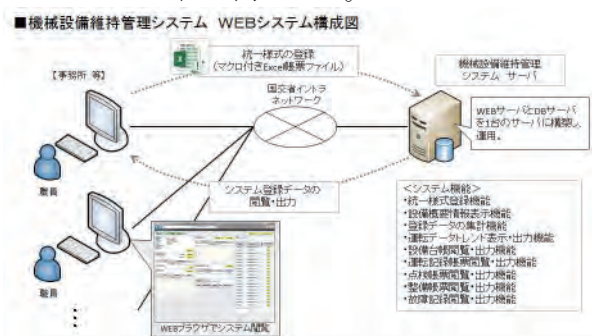


図-4 現行WEBシステム構成図

地方整備局ごとにサーバを設置し、イントラネットにおいて運用することはデータの信頼性確保の点で有利である反面、外部関係者と情報共有できないなどのデメリットもあることから、インターネット環境を介して関係者が情報を共有できる統一サーバでの運用について検討を進めている。この検討は施設点検時にタブレット端末との連携を考慮したものであり、情報入力の効率化も加速する内容となっている。

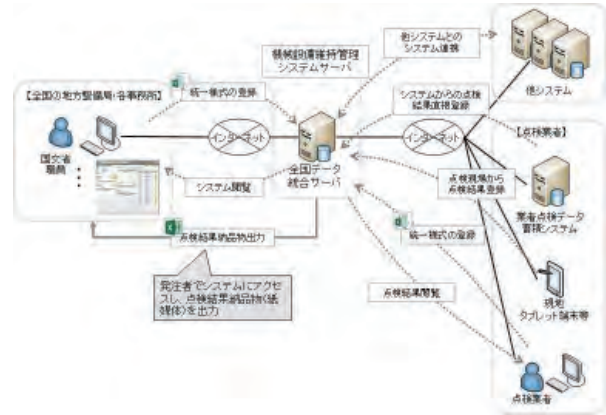


図-5 次期システム構成イメージ図

### 3.2 タブレット端末による施設点検

状態監視保全に欠かせないのが、点検等で得られる大量で正確な計測データであり、これを機械設備維持管理システムへ確実に蓄積することが重要である。しかし、ここに登録するデータ作成が現在の方法では手間がかかるため、この改善が課題となっている。

そこで、「現場ニーズ・技術シーズマッチング」においてこれを解決できる技術を公募したところ、点検作業にタブレット端末を導入することで省力化を実現する技術の応募があった。現在の点検は、計測値等を記録用紙に手書きし、これを報告書作成担当者が転記して報告書等を作成している。これに対し応募技術は、点検中に計測値等をタブレット端末へ入力することで、データがクラウド環境のシステムに保存され、このシステムが保存データから自動的に報告書を作成する。これにより、書類作成の時間と労力を小さくするというものである。

このマッチングでは、システムが自動作成するものを、報告書から機械設備維持管理システムの登録データに代え試行を実施した。

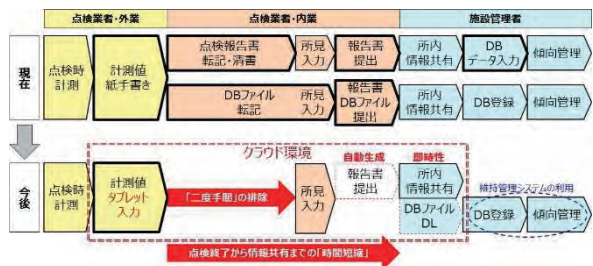


図-6 タブレット端末導入による省力化イメージ

### (1) 試行実施状況

試行は、点検準備から維持管理システム登録までを3つの段階(点検準備作業段階, 点検作業段階, 報告書作成段階)に分けて実施した。点検作業段階の試行は、施設管理事務所及び点検受注者の協力により、実際の月点検作業の中で実施することが出来た。

試行の結果、機械設備維持管理システムの登録データ自動作成では、エラー防止のマクロなど技術的課題に直面したが、応募者の技術力により成功している。また、試行を通じて、タブレット端末を持ちながらの作業における安全性の確認や、応募技術の現場実装に向けた機能改善といった新たな課題も明らかになったが、試行を視察した関係者からは、点検作業のタブレット端末導入効果は高いという意見が頂けた。

### (2) 今後の予定

点検の省力化を早期実現するための当該技術現場実装に向け、応募者は課題の解決を図りつつ技術の成熟に取り組んでいる。

また、国土交通省では当該技術に対する点検受注者や施設管理事務所の認知を高めながら、全国的な試行を検討する。

## 3.3 待機系設備のモニタリング及び精密診断技術

常用系設備で導入されているモニタリングと精密診断技術を待機系設備に導入するための研究を進めている。精密診断は点検において異常傾向が現れたときに、原因箇所の特定や劣化の程度を把握するために実施する計測及び解析である。点検時より精度の高い計測データが必要となるため、センサを用いたモニタリングが有効である。導入対象は社会的影響度の高い排水機場とし、老朽化が進行し異常発生が見込まれる比較的稼働の多い地域、機場を選定のうえ試行した。

### (1) モニタリングシステム概要

モニタリングによる精密診断の対象機器は、故障発生が多い原動機、ポンプとし、設置負担の少ないセンサ構成とした。センサを設置した排水機場は次のとおり。

#### ① 北海道 月寒排水機場

(立軸ポンプ/ディーゼル機関)

ポンプ主軸：渦電流変位計(x, y), 軸回転計

原動機基部：加速度計(x, y, z)

減速機上部：加速度計(x, y, z)

#### ② 東北 鈴根五郎排水機場

(立軸ポンプ/ディーゼル機関)

ポンプ主軸：渦電流変位計(x, y), 軸回転計

ポンプ基部：加速度計(x, y, z)

原動機基部：加速度計(x, y, z)

#### ③ 関東 蓮花川排水機場

(立軸ポンプ/ディーゼル機関)

ポンプ主軸：A Eセンサ, 軸回転計

ポンプ基部：加速度計(x, y, z)

原動機基部：加速度計(x, y, z), A Eセンサ

#### ④ 関東 谷田川第一排水機場

(立軸ポンプ/ガスタービン)

ポンプ主軸：渦電流変位計(x, y), 軸回転計

ポンプ基部：加速度計(x, y, z)

原動機基部：加速度計(x, y, z)

減速機上部：加速度計(x, y, z)

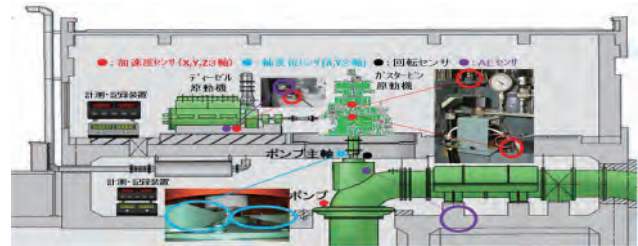


図-7 モニタリングシステム構築 センサ設置図



図-8 モニタリングシステムセンサ

センサ出力信号は、接続ケーブルにより計装盤集約後、各計測モジュールに投入される。その計測データはLANケーブルを経由し、PCソフト上で物理量に変換され、モニタ画面上にリアルタイム時系列データとして表示される。また、そのデータは同時にHDDにバイナリー形式で記録、蓄積される。

モニタリングにより得られたデータから、低速回転のポンプにおいても変位の計測が行える渦電流式変位計が有効であることが確認されている。周波数分析の結果から発生原因に当てはまらないケースもあることから引き続きデータ蓄積及び解析を実施している。

### (2) モニタリング機器導入促進

モニタリングシステムは施設のレイアウトや監視操作設備に影響されることが想定され、既存設備に追加導入するためには、改造を伴うこともあ

る。状態監視自体がコスト削減の為に実施するものであることから、導入費用も安価で無ければならない。そこで既存機械設備に後付けできる簡易的なシステムを近年開発されている有用な先端技術を利用して構築することを検討している。

### (3) 故障発生教師データの収集

更新対象の排水機場現場におけるディーゼル機関に異常を発生させ教師データを収集する内容である。12気筒1,000PSのディーゼル機関の1気筒または1機の過給機に典型的な以下の異常（軽微レベルと重度レベルの2段階）を発生させ、その状態監視異常データを取得し、正常データと比較した。

- ・バルブクリアランス異常（軽微，重度）
- ・燃料噴射ポンプ異常
- ・燃料噴射ノズル異常（軽微，重度）
- ・過給器異常（軽微，重度）

顕著に比較できる気筒排気温度データを下記に示す。

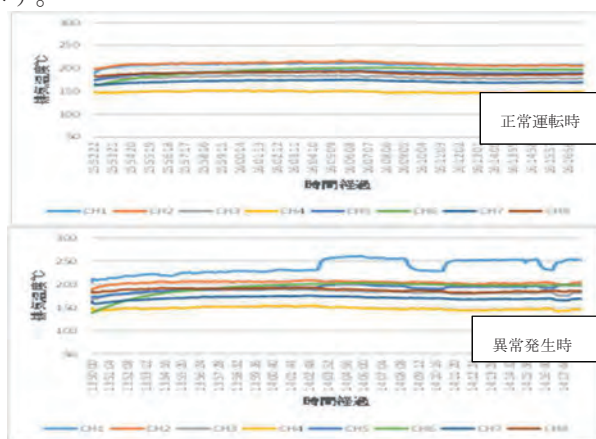


図-8 気筒排気温度データ

### (4) 今後の計画

現在もデータ取得中であるが、取得したデータは管理基準値の基礎として活用する。また、将来的に導入を検討しているA I技術に反映される計画である。

## 3.4 健全度評価技術の確立及び判定の標準化

大規模な分解を伴う整備や更新等の工事は、傾向管理や目視・指触等の定性的な点検結果、経過年数、精密診断結果から健全度評価により実施時期を判断している。また、複数施設を管理する中で、信頼性の確保と維持管理予算の平準化を両立するために、構成機器の機能的耐用限界や機器の設置条件等も勘案して優先順位を決めていく必要がある。

河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル（案）や河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル（案）において、健全度評価の判断指標は示されているが、振動におけるI S O規格及びその

他計測値に対するJ I S規格の統計的品質管理の考え方を判断基準として適用した事例が少ないことから、各地方整備局において整備・更新が予定されている機器を対象として、これらの判断基準を統一した考え方により適用できるかを検証する。

検証は対象となる機器に関し、点検結果等に基づく健全度評価を実施したのち、整備・更新工事において把握することができる機器の劣化状態と照らし合わせるにより行う。また、健全度評価から導きだされる優先順位の考え方や維持管理計画立案についても必要に応じて見直しを図る計画である。

## 3.5 異常予知自己学習型A I検知

A Iは膨大なデータから特定の答えを判断出来る有用な技術である。排水機場ポンプ設備でこれまで実施してきた傾向管理や精密診断のデータを利用し異常検知が行えるかを検証し、実用可能なプロトタイプを作成する計画である。

### (1) A I手法

異常検知に実績のあるA Iアルゴリズムはいくつか存在するが、排水機場で有効なA Iアルゴリズムについて取得しているデータをもとに試行、評価を行った。各計測箇所内容により結果は異なることが確認出来た。

### (2) 今後の計画

評価の高いA Iアルゴリズムについてモニタリングシステムに実装し状態監視を行う。正常な運用が確認したのちプロトタイプの製作にあたる。

## 4. おわりに

今回紹介した取組みは、維持管理費用の削減や省力化へつながる状態監視保全を主体に紹介したものであるが、説明の流れを考慮して本来の取組内容を分割や順序を変えて記載したものである。

国土交通省では将来的に訪れる維持管理費用の増加を課題としており、今後も有効な対応を模索しなければならない。次の課題へ取り組むためにも現状の取組を早期に完成させる必要がある。乗り越えるべき課題は未だあるが、今回の紹介が同様な問題を抱える自治体等の参考となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 平地一典・中島淳一：排水機場ポンプ設備における自動計測システムについて、寒地土研研究所月報，No.794・2019年7月，pp.54～56，2019年
- 2) 中島淳一・新田恭士・上野仁士：排水機場ポンプ設備における状態監視システムの開発について、令和元年度土木学会 第74回年次学術講演会講演概要集，2019年8月