

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

土木研究所 正会員 ○中島 淳一 土木研究所 正会員 新田 恭士 土木研究所 正会員 上野 仁士

1. はじめに

河川用途の排水機場ポンプ設備は、国土交通省や自治体を主体に保有、管理しており、洪水被害防止を目的とする重要かつ大規模な設備である。本設備は、主に本川近くの支川途上に設置される。大雨で本川水位が上昇すると、支川への逆流防止のため自然流下ゲートを閉めるが、その場合、支川水が本川に流下できず、支川水位が上昇して内水氾濫が起こるので、これを防ぐためポンプ力により支川水をより水位の高い本川側に排水する。(図-1) 排水機場ポンプ設備はそのような役割を担っている。



図-1 排水機場ポンプ設備施設全体図

設備は主にポンプ動力となる原動機、その動力をポンプに伝達する減速機、排水を担うポンプなどで構成され、その形式や性能、規模は現場条件等により個々に異なっている。また、設備は屋内に設置され2台以上の複数台並列設置のケースが多い。(図-2)

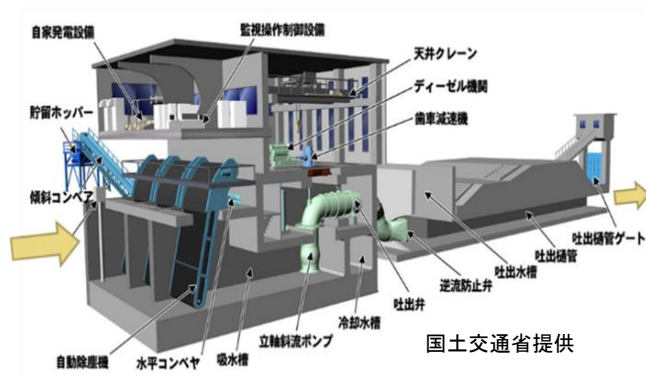


図-2 ポンプ設備機器構成の一例

なお、本設備は豪雨等による異常出水時に確実な運転が求められる反面、平時には稼働せずかつ、管理運転においても軽負荷による仮運転しかできないことが、設備の調子を見極めを一層難しくしている。一方、設備の老朽化も進行しており、経年劣化とみられるトラブルが発生している。反面、最近は降雨量も増加傾向にあり、短時間での集中豪雨も頻発する中、排水機場の運転機会も多くなることが予想される。また、専門技術者の高齢化や確保の困難さにより設備の維持管理レベルの低下も懸念される。このような情勢に対応するため、専門技術者への負担軽減を図りながらも設備の異常をいち早く察知し、適切な対応をとることで故障による運転不能や停止を未然に防ぐ仕組みづくりが急務となっている。

2. 排水機場ポンプ設備の異常検知の現状

国土交通省における直轄管理の現場では、専門の機械系職員が維持管理全般を担当しており、専門業者に点検業務を発注し、管理運転による月・年点検等を通じてスポットデータを主体とする傾向管理を行う中で、必要な整備を実施している。一方、多くの自治体では土木系職員が少人数で多くの施設を担当している状況であり、設備の専門的かつ個別の状態を正確に把握するには多大な労力が必要となっている。

国土交通省においては、管理運転のスポットデータによる閾値での傾向管理が主流であるが、この場合、平時の水量では本運転での定格負荷に達しないケースが殆どであり、一部を除き定格運転によるデータ取得となっていない。また、スポットデータはあくまでもある時点の代表値であり、運転全体の状態把握とはなっていない。以上の取得データによる傾向管理には、限界があり以下の改善の余地がある。

- ・スポットデータから時系列データへの転換
- ・常設センサによる運転データ常時自動収集

キーワード 排水機場、ポンプ設備、モニタリング、状態監視、異常検知、AI

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6号 (国研) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム

TEL. 029-879-6757 E-mail : j-nakajima@pwri.go.jp

・自己学習型 AI 検知モデルによる異常検知

3. 状態監視モニタリングシステムの試験的構築

国土交通省直轄管理の排水機場ポンプ設備をテストベッドとして、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3地域、4機場、計8基のポンプ設備を選定の上、システム構築を試行している。

(1) ポンプ設備及びシステム概要

本システムの目的は、ポンプ設備の異常検知であるので、故障発生が多い原動機、ポンプ本体を異常検知の優先対象とし、当所既往の研究などから異常検知がある程度可能で対象への設置負担の少ないセンサを選定の上、常時監視が可能なモニタリングシステムを構築している。対象設備概要を表－1に、設置センサー一覧を表－2に示す。

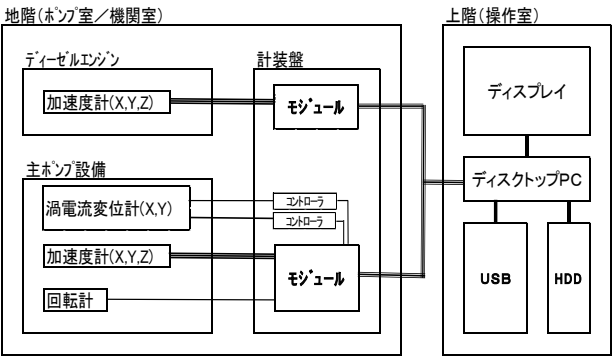
表－1 対象設備概要

機場名	T機場	S機場	R機場	Y機場
対象号機	2,3号機	1,2号機	1,2号機	1,2号機
口径	1,500mm	2,000mm	1,500mm	1,350mm
全揚程	3.3m	5.3m	5.4 m	6.3m
排水量	5m ³ /s台	10m ³ /s台	5m ³ /s台	5m ³ /s台
原動機形式	ディーゼル	ディーゼル	ディーゼル	かスタビン
定格出力	320PS/台	1,100PS/台	518PS/台	302PS/台
ポンプ形式	横軸斜流	立軸斜流	立軸斜流	立軸軸流

表－2 設置センサー一覧

設置箇所	設置部位	センサ名称	T機場	S機場	R機場	Y機場
原動機	原動機本体	加速度計(X,Y,Z)	○	○	○	○
	側部	AEセンサ			○	
ポンプ	主軸軸受	渦電流変位計(X,Y)	○	○		○
	周辺部	AEセンサ		○	○	
	主軸	回転計	○	○	○	○
	ケーシング基部	加速度計(X,Y,Z)		○	○	○

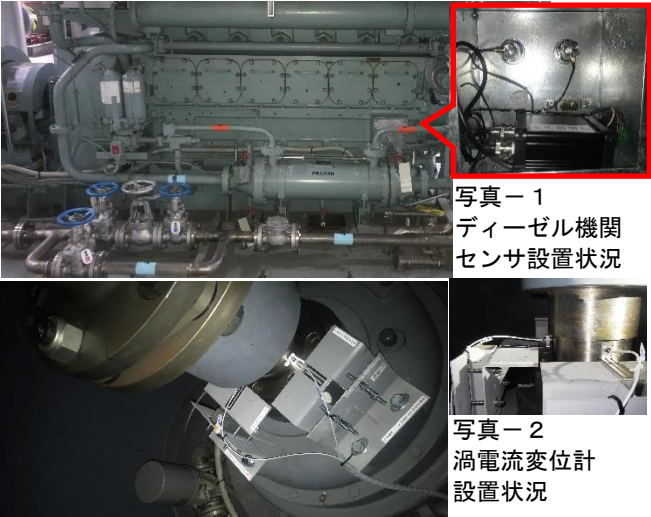
センサ出力信号は、接続ケーブルにより計装盤に集約後、各計測モジュールに投入される。その計測出力データは LAN ケーブルを経由し、PCソフト上で物理量に変換され、モニタ画面上にリアルタイム時系列データとして表示される。また、そのデータは同時に HDD にバイナリー形式で記録、蓄積される。一例として S 機場のシステム系統図を図－3 に示す。



図－3 S機場のシステム系統図

(2) センサ設置状況

一例として R 機場のディーゼル機関振動加速度及び AE 波計測のための加速度及び AE センサ設置状況を写真－1に、Y 機場のポンプ主軸振動変位計測用渦電流変位計設置状況を写真－2に示す。



(3) データモニタリング状況

S 機場 1 号機排水運転時のリアルタイムモニタリング画面状況を写真－3に示す。画面左側はディーゼル機関の振動加速度(X,Y,Z)で、中央はポンプの振動加速度(X,Y,Z)、右上はポンプ主軸振動変位(X,Y)、右下はポンプ主軸回転数である。



写真－3 S機場モニタリング表示画面例

4. あとがき

河川用排水機場ポンプ設備における本格的な異常検知のための状態監視システムの構築は他に余り例がない。本システムの最終目標は、自己学習型 AI 検知モデルによる異常検知にあるが、今回はそのベースとなるモニタリングシステム構築についての報告である。今後は既已取得済のデータ（故障を含む）による機械学習済 AI アルゴリズムのうち、AUROC で高評価が得られた OCSVM, LOF 等を本システムに実装の上、テストベッドでのデータを対象に異常検知の検証を実施していく予定である。