

※記事・写真等は（一財）経済調査会の許諾を得て転載しています。
記事、画像等の無断転載は一切お断りします。

新技術開発探訪

機械設備の維持管理における新しい取り組み

1. はじめに

近年ゲリラ豪雨や大型台風の襲来による水害が相次ぎ、各地に甚大な被害をもたらしている。このような災害から住民の生命・財産を守り、安全を確保するために社会資本として設置されるゲート設備やポンプ設備などの使命は重大である。これら機械設備の多くは非常用設備であり、普段は待機した状態で管理されているが、その要求性能は必要ときに必ず発揮されなければならない。

このような機械設備の管理数は増大している上、高度成長期に設置された設備では老朽化が懸念されており、維持管理費縮減と信頼性確保を両立する合理的な保全方法が求められている。

また、河川構造物に対しては、平成23年6月に策定された「河川構造物長寿命化及び更新マスタープラン」により、長寿命化および更新に関する施策として当面取り組むべき方向が示された。

当技術事務所では、民間の常用系設備の維持管理で導入されている「傾向管理手法」について、非常用系設備に対する適用性の評価と導入手法の検討を平成20年度から行っており、その具体的な解析事例を報告する。

2. 機械設備の傾向管理

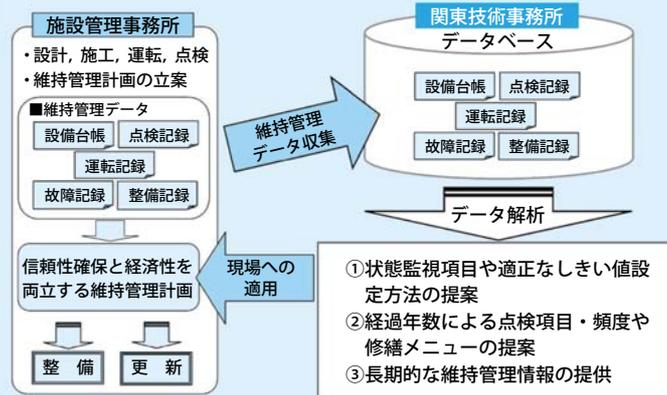
平成20年3月に「河川用ゲート設備、河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」が策定され、これまでの画一的な維持管理内容を脱却し、設備の目的・機能および状態を総合的に評価し、必要に応じた維持管理を行っていくという考え方が導入された。その中の大きな要素として設備の「健全度評価」がある。

この健全度評価の手法として、電流・圧力・振動・温度など点検データの経時的な変化傾向を解析し、劣化状況を把握する傾向管理手法があり、民間の常用系設備においては一般に取り入れている手法である。

3. 機械設備の効率的な維持管理の取り組み

平成20年度より、関東地方整備局管内の代表的な施設について、施設管理事務所が保有する維持管理情報を収集しデータベース化した上で、必要なデータを抽出・解析し、その結果を施設管理事務所へフィードバックする取り組みを開始した。この維持管理情報のデータベース化と傾向管理導入により下記の効果を期待するものである。

- ① データベース化された長期的な維持管理情報の提供により、設備のカルテとして活用できる



図一 1 機械設備の維持管理システム（データベース）

とともに、故障傾向や過去の更新履歴などを反映させた効果的な維持管理計画を策定できる。

- ② 非常用系設備の状態を評価できる計測項目を抽出し、健全度の判断基準となる正常値と異常値の境界となる「しきい値」を設定することで、日常管理における不具合の回避につながる。

上記の効果により、これまでにない傾向管理を基本にした健全度評価を行うことで、維持管理費縮減と信頼性確保を図ることが可能となる。また、これまでに実施した実績は、地方整備局内の同様な施設の維持管理に应用することができ、保全計画や技術改善検討の指標を提供できると考える。

4. 解析事例

(1) 水中ポンプの駆動電流値

不具合が発生したB道路排水設備について、点

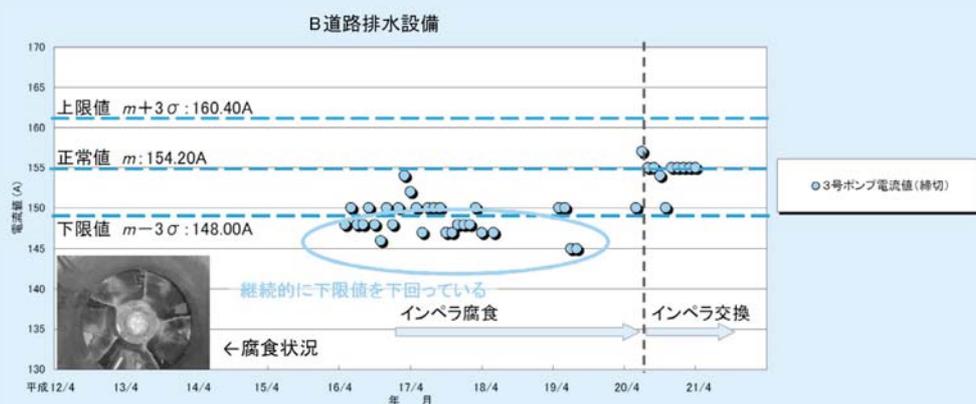
検時の電動機駆動電流値の傾向を解析した事例である。平成9年に3台の水中ポンプ（0.5m³/s×3台，1台予備）を設置、点検により羽根車の腐食が確認され平成19年度末に更新した。本事例では、腐食していた羽根車の状態と、電動機駆動電流値の関係に着目した。

① 解析結果

駆動電流値測定を解析した結果を図一2に示す。この事例では、羽根車の腐食を発見し交換した平成20年以前のデータは一見安定しているように見える。しかし、羽根車交換後の駆動電流値を正常値として見た場合、それ以前の電流値は全般的に低い。このことからポンプ腐食などによって羽根車の隙間が大きくなり、電動機負荷（排水量）が少なくなっていることが推測できる。

② 解析から得られた知見

評価手法として、駆動電流値測定により不具合の予兆発見の可能性が判明した。水中ポンプの分



図一 2 水中ポンプの駆動電流値測定結果

解整備や更新時期の判断指標として活用できる可能性がある。今後同型機の羽根車の交換時期を電流値の変化から予測できると考えられる。

ただし、本事例では設置当初から平成15年までの正常時のデータを得られなかったため、電流値が低下していく経時的な変化の傾向を掴むことができなかった。非常用系設備の傾向管理手法を確立する上で、各施設における維持管理情報のデータベース化を急ぐ必要がある。

③ 解析に基づく傾向管理方法の検討

駆動電流値の「しきい値」については、羽根車交換後の正常運転した平均値（正常値）に対して標準偏差の3倍を目安として提案した。しきい値は、状態を示す計測値の変動を見て分解整備を行うきっかけをつかみ、故障に至る前に対策を採るためのものである。今回設定したしきい値は、精度を高めるために今後の点検実績や故障実績に基づいて、設定値を変えていく必要がある。具体的には、微小な上昇下降を繰り返す間隔を把握し、

適正な平均値を求めることや、水位条件による変動を勘案した補正の実施である。

(2) エンジンクランク軸の微小変形

K揚排水機場は、昭和59年に6台（10m³/s×5台；揚排水兼用、30m³/s×1台；排水専用）のポンプが設置され稼働している。本事例は、エンジンクランク軸の歪みの増加（デフレクション計測値の増加）を把握し、故障に至る前に対処した状態監視保全の成功例である。

エンジンクランク軸は、ピストンの上下往復運動をクランク軸の回転運動に換える重要な部品であるが、歪みが増大すると破損の原因になる。

① デフレクションの経年変化の整理

クランク軸の歪みを確認する指標としてデフレクションがあり、軸を回転させ所定の位置でクランク部の幅を計測する。クランク軸に歪みが生じると、位置によりデフレクションに変化が生じる。

解析対象設備におけるエンジンのクランク軸の

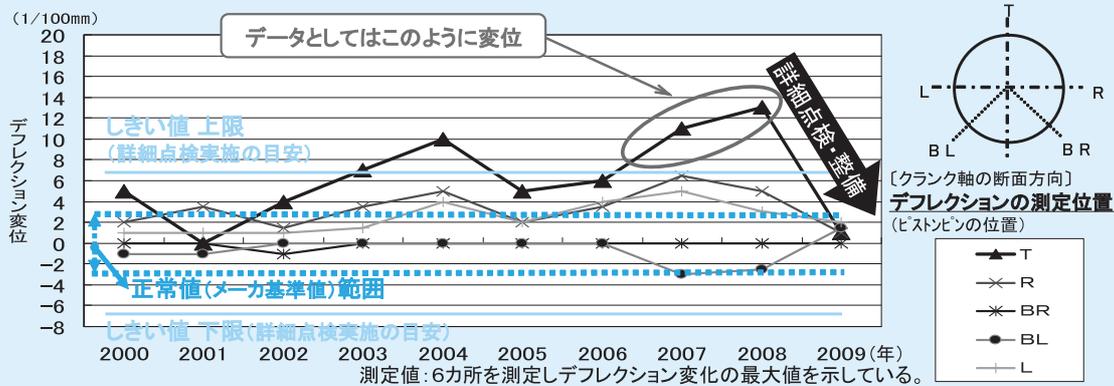


図-3 エンジンのクランク軸デフレクション測定結果

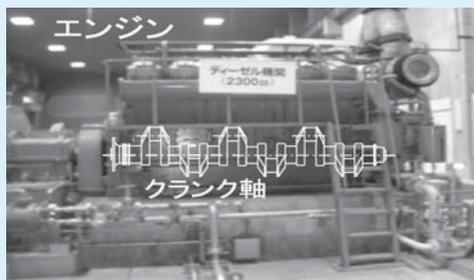


写真-1 エンジンクランク軸

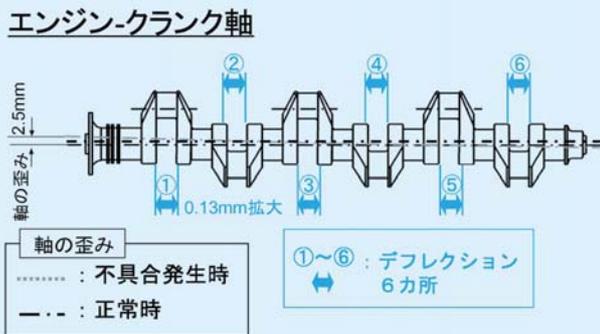


図-4 エンジンクランク軸の変形状況

デフレクションを測定した結果を図-3に示す。また、クランク軸はエンジン内部の写真-1に示した箇所に設置されており、変形状況を図-4に示す。クランク軸の歪みは徐々に増大傾向にあり、2007年以降はメーカーの定める修正限度上限を超過したため、詳細点検を実施したところ、クランク軸の上下方向に2.5mmの軸心ずれが発生していた。

② 解析から得られた知見

本来、デフレクションが急に変化することは少ないため、傾向管理を行うことで整備時期や整備内容の特定が容易となり、計画的な維持管理の推進に寄与できると思われる。大型エンジンにおいてデフレクションが変化する原因を特定することは難しいが、エンジン架台の沈み込みといった土木構造物の変状の影響も大きいと考えられるため、管理データの変化を見ながら土木構造物の状態把握も必要に応じ実施していく必要がある。

③ 解析に基づく傾向管理手法の検討

デフレクションの修正作業は、主軸の継ぎ手を外して実施する比較的大きな作業であり、いつでもできる作業ではない。本解析結果から、デフレクションの推移を監視し、適切な時期に調整を実施することが可能であると言える。しかしながら、調整後の変化サイクルにも着目する必要がある。短期間に増大を繰り返す場合は、土木構造物の変異など原因究明に努め、根幹の対策について検討する必要がある。

5. 今後の課題

今回は、二つの事例における傾向管理手法の適用性について紹介したが、他にも振動値の変化が軸受の故障を表していた事例、系統機器（潤滑油ポンプ）の吐出圧の変化によってポンプの変調を捉えた事例などがあった。今後は個別の事例を基に、各設備の適切な傾向管理を実施するための計

測項目・方法や判定基準などの検討・設定が課題となる。そのためには、前述の維持管理情報のデータベース化を急がねばならない。また、データの信頼性を確保するため、計測環境や個人差の影響を低減させるマニュアル整備等も必要となる。

現状の「河川用ゲート設備、河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」に示される「健全度評価」は、時間計画保全、状態監視保全双方の要素と設置条件等の評価を組み合わせた総合評価になっている。河川ポンプ設備における過去の重大な故障事例では、主原動機に関連するものが最も多く、次いで主ポンプ関係が多い。これら主要機器は不可視の部分が多く、時間計画保全が主流であるが、維持管理情報から統計的に主要機器の劣化傾向を把握し、時間計画保全の精度を高める必要がある。

また、さらに高度な傾向管理を実現するためには、現状の標準的な点検内容に加え、原動機の潤滑油分析による構成機器の摩耗・劣化の把握や、主ポンプ主軸の振動解析について導入を検討する余地がある。当技術事務所では、ポンプ設備の主原動機や減速機の潤滑油を対象に、溶解成分を分析するSOAPおよび含まれる粒子分を分析するフェログラフィの適用性を検討しているところである。

これらの取り組みをバランスよく進め、より効果的な維持管理手法の確立に貢献したい。

【参考文献】

- 1) 林輝，武田直人：「機械設備の効率的な維持管理手法～H21年度の解析事例～」『ぼんぷ2011年3月号』（社）河川ポンプ施設技術協会掲載 国土交通省関東地方整備局関東技術事務所
- 2) 田中義光：「河川ポンプ設備の信頼性と経済性を考慮したマネジメント手法」2009年10月 土木研究所
- 3) 「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」「河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」2008年3月総合政策局建設施工企画課，河川局治水課