

ポンプ設備劣化診断システムの開発について

Development of Pump Equipment Diagnostic System

横山 英範 * 岡安 潔 **
Hidenori Yokoyama Kiyoshi Okayasu

* 東京都水道局浄水部設備課

Equipment Section
Purification Division, Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government

** 東京都下水道局施設管理部施設管理課

Plant Maintenance Section
Operation Maintenance and Management Division, Bureau of Sewerage,
Tokyo Metropolitan Government

*** 東京都新宿区西新宿2-8-1

2-8-1 Nisishinjyuku Shinjyuku-ku, Tokyo

Abstract

Many diagnostic systems for industrial equipments have been developed recently along with the rapid progress of sensor technology and analytical diagnostic technique.

Tokyo Waterworks Bureau has developed the Pump-Degradation-Diagnostic System.

The system diagnoses mathematically the degradation degree of large-capacity pump based on vibration-diagnostic technique and insulation-diagnosis technique, which are among of the diagnostic methods for industrial equipments.

We can optimize our maintenance work by using the system's information, such as, to what degree the equipment's degradation proceeds, how much time remains before actual failure occurs, and what has caused the degradation.

Therefore, the system contributes greatly on reducing maintenance-related expenditure and realizes effective maintenance management.

Key words : Pump facilities for Waterworks, Vibration-diagnostic technique
Insulation-diagnosis technique, the Pump-Degradation-Diagnostic System.
Maintenance management for industrial equipments

1. 研究開発の背景及び目的

当局の水道施設に設置されている機械、電気設備は多種多様な機器で構成されており、その数も膨大である。これらの電機設備は、設置環境、使用状況、日常の維持管理方法等により、その劣化状態に違いが生じる。一方で、現在及び将来にわたり安定給水を確保する必要があることから、合理的手法を用いた電機設備の保全管理の確立が不可欠である。

電機設備の中で特に大型ポンプ設備は、昭和30年代から50年代の施設拡張期に設置されたものが多く、経年劣化が懸念されている。また、大型ポンプ設備の補修・更新には、多大な経費が必要となることから、効率的な維持管理を行うことが求められている。

このため、当局では大型ポンプ設備を対象にポンプ設備劣化診断システムの開発を進めている。このシステムは、振動診断や絶縁診断を中心とする設備診断技術を導入し、設備を運転しながらその劣化状態を把握する「状

「状態監視保全」をめざすものである。これに対し、従来から行われている保全は、過去の補修実績や機器の運転時間等を考慮して定期的な補修・更新を行う「時間計画保全」である。

本システムは、設備保全管理を「時間計画保全」から「状態監視保全」に転換し、ポンプ設備の劣化状況から故障原因や故障時期を推論して、的確かつ効率的な補修・更新を行うことによって、設備の信頼性、安全性を確保しながら延命化を図ることを目的としている。

2 ポンプ設備劣化診断システムの開発経過

2.1 設備診断技術の調査・検討

システム開発に先立ち、振動診断などの設備診断技術が、当局大型ポンプ設備の劣化診断に有効であるかどうかについて、平成4、5年度に調査・検討を実施した。

調査方法は、ポンプ設備の補修工事の時、補修前後の振動波形等と各部品の摩耗・劣化状態を調べ、両者の相関関係を検証することにより行った。¹⁾

その結果、

- ①従来の、回転機器の振動速度レベルによる判定基準（ISO）等では、劣化初期の兆候を把握できない。
- ②インペラが損耗したポンプについて、振動速度波形の周波数分析をしたところ、補修前では f_0 （ポンプ軸回転周波数）及び f_z （軸回転周波数×インペラ羽根枚数）以外の多様な周波数成分が見られた。しかし、補修後は f_0 及び f_z が鮮明なピークとして表れる。（図1参照）
- ③振動速度波形を周波数分析し、周波数スペクトルに着目すると、補修前後でポンプの周波数分布が高周波数領域へ移行する傾向がみられる。などが分かった。

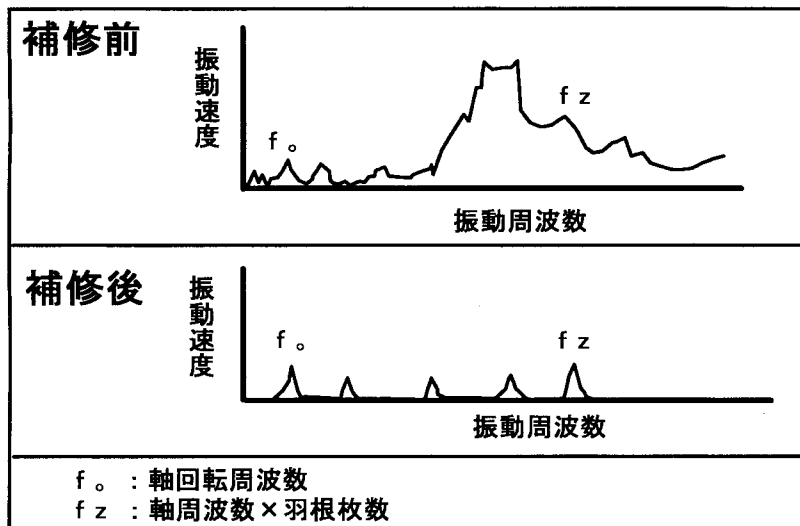


図1 インペラ、ライナ部の補修前後の振動の変化例

2.2 システム構築の構想

検証結果から、振動診断技術などを利用したポンプ設備劣化診断は可能と判断し、システムを構築した。システムはデータ収集、解析機能と総合診断機能を備えたシステムとなっている。

(1) データ収集、解析機能

効率的に補修工事を実施するためには、故障時期や

その原因を事前につかむことが求められる。そのためにはポンプ設備の劣化状態の初期の兆候を把握する必要がある。

しかし、検証結果の①より、当局のポンプで劣化の進行が顕著でない場合は、従来の回転機器の振動に関係する判定基準（ISO）では劣化初期の兆候が把握できず、新たな振動診断技術の活用とその判定基準が必要である。

検証結果の②及び③の知見より、劣化初期の兆候を捕らえる指標になる可能性があるが、今のところ定量的に劣化を判定できる基準までにはいたっていない。そこで、新たな劣化判定基準を確立するために、定期的に振動データの収集・解析を効率的に行えるシステムを開発することをめざした。

また、本システムは、診断精度を向上させるため、軸受温度や運転時間などの運転管理データを取り込み劣化状態を総合的に診断する機能を整備した。

(2) 総合診断機能

本システムの目的は、ポンプ設備の補修・更新工事

の計画など、保全管理に役立てる手法の開発を行うことである。このため、振動データ、運転管理データ、絶縁診断データ等の数値情報から、ポンプの劣化状態を総合的に診断し、維持管理者に有用なコメントを自動的に出力する総合診断機能を整備した。

3 ポンプ設備劣化診断システムの概要

本システムは「振動測定器」と「診断装置」で構成される。システムのイメージ図を図2に、システム構成図を図3に示す。

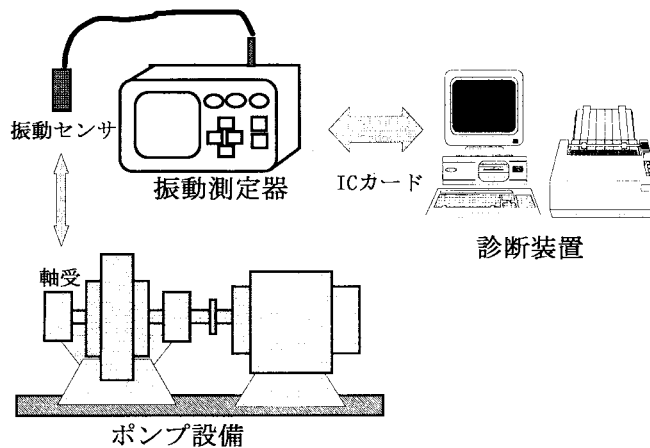


図2 システムのイメージ図

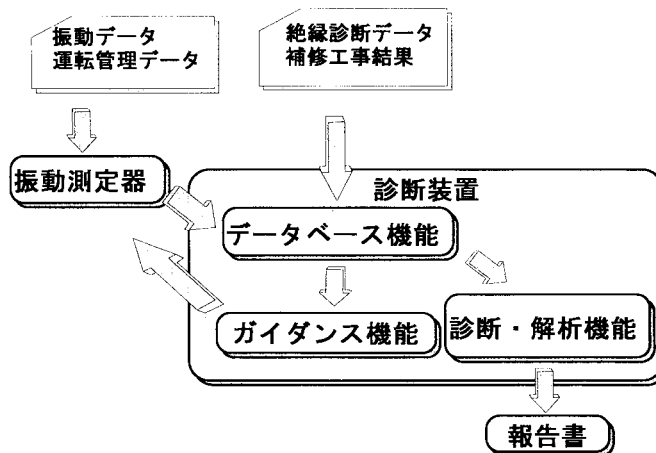


図3 システム構成図

本システムの構成機器の特徴と主な機能は以下のとおりである。

(1) 振動測定器

振動測定器は、振動測定器本体、振動センサー、I Cカードで構成される。

振動測定器は、振動センサーで検出したポンプ及び電動機の軸受や、ケーシングの振動データを測定する。また、軸受温度、電流値、運転時間などの運転管理データも入力することができる。測定された振動データや運転管理データはI Cカードに記録される。I Cカードのデータは診断装置で読み取られ、データベースに保存される。

振動データの測定及び運転管理データの入力作業は、測定ガイダンスに従って行う”自動測定モード”と測定ガイダンスによらず任意に行う”任意測定モード”がある。自動測定モードは、測定及び入力作業を簡便に行うため、振動測定器の表示画面に表示される測定ガイダンス（測定ポンプ設備名、測定箇所、測定項目など）に従って、測定者がデータの測定作業を行うものである。

(2) 診断装置

診断装置の構成機器は、診断装置本体（パソコン）と記憶装置（光ディスク、ハードディスク）である。診断装置のシステム構成図は、図3に示すように、データベース機能、ガイダンス機能、診断・解析機能及び報告書作成機能を備えている。

ア. データベース機能

振動測定器で記録された振動データと運転管理データは、I Cカードを介して、診断装置に入力され、データベースに保存される。また、別途測定された絶縁診断データとポンプの補修工事時の結果報告も診断装置に入力され、同様に保存される。

イ. ガイダンス機能

システムに登録されているポンプ設備（約300台）の測定を簡便に行うための機能である。各ポンプ設備の測定スケジュールや測定項目などの情報が管理され、測定対象ポンプと測定項目などを記録した測定ガイダンスが、毎月、自動的に生成される。生成された測定ガイダンスは、事業所別にI Cカードに記録され、測定部署に振動測定器とともに転送され

る。

ウ. 診断・解析機能（図3システム構成図を参照）

診断・解析機能は、(ア)総合診断機能と(イ)解析機能に分かれる。

(ア) 総合診断機能（総合診断ソフトウェア）

総合診断機能は、機械系総合診断と電気絶縁診断から構成されている。

機械系総合診断は、データベースに保存されている振動データと運転管理データをもとに、ポンプ設備のインペラや軸受などの機械部品の劣化状態を診断するものである。

また、電気絶縁診断は、絶縁診断データをもとに電動機の絶縁劣化状態を診断するものである。

総合診断ソフトウェアのシステムフローを図4に示し、主な処理を以下に示す。

(a) 測定データ別劣化判定

振動データやスペクトル解析された振動データ、運転管理データなどの各データについて、「測定データ別判定基準値」から判定コード（正常、注意、異常）を演算する。振動データについては、劣化の初期の兆候を把握し、振動の微小な変化を診断に反映させるため、正常領域をさらに3段階に分けて判定コードを演算する。

(b) 異常モード判定

機械系総合診断は運転管理データの判定コードを単独又は複数組み合わせ、知識データベースに記憶されている「判定論理ルール」から異常モード（軸受磨耗、インペラ損傷など）を演算する。

電気絶縁診断は各絶縁診断データの判定コードを点数化し、「判定論理ルール」をもとに絶縁劣化の特性別（局部的絶縁物劣化、吸湿劣化など）に異常モードを演算する。

(c) 総合診断、総括判定

総合診断は、各異常モードに対応して知識データベースに記憶されている「出力文言ルール」から診断結果を出力する。出力文言は、劣化の原因、監視点検及び処置対策、測定値解析（劣化の兆候が見られるデータについて解析グラフの参照を促す）などで、補修内容、時期の決定の支援として活用する。また、電気絶縁診断では劣化の度合に

応じて次回の絶縁診断年を計算する機能も備えている。

総括判定は、総合診断結果から複数台のポンプ設備の劣化状況を概括し判定するもので、保全計画立案など目的に応じて浄水管理事務所や給水所ごとに総括報告書に出力する。

(イ) 解析機能

解析機能は、振動データ、運転管理データ、絶縁診断データなどの個々のデータについて、経年変化などの傾向管理グラフからデータの傾向予測を行い、故障時期の推定に活用する。また、診断の新たな判定基準値の確立のため、各データと補修工事結果と

の相関について解析を行う。

エ. 報告書作成機能

報告書は、総合診断報告書、個別診断報告書、総括報告書のほか各種の傾向管理グラフ、相関解析グラフなどがある。

総合診断報告書は、ポンプ個別に、振動診断、運転管理診断、絶縁診断それぞれの個別診断の結果から総括的なコメントを出力する。

個別診断報告書は、総合診断報告書で注意を要する診断結果が得られた場合、より詳細な診断を行うため、各個別の診断結果のコメント及び測定データを出力する。

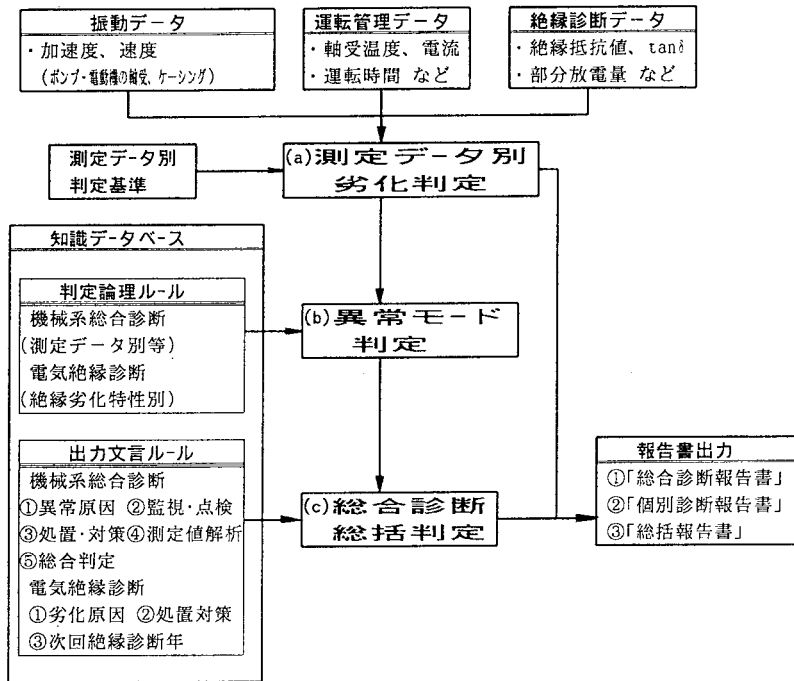


図4 総合診断ソフトウェアのフロー

4 研究開発の成果

本研究で開発した総合診断ソフトウェアは、ポンプ設備の保全管理において次のことが期待できる。

(1) 診断結果に基づき、個別にポンプ設備の劣化状態を把握し、傾向管理することが可能となり、事故を未然に防止することができる。

(2) 診断結果や傾向管理された各種データを解析することで、ポンプ設備の補修時期の適正化が図れ、計画的な補修、更新工事が可能となり、ポンプ設備の効率的な設備保全管理に活用できる。

(3) 診断結果の「監視・点検」や「処置・対策」の項目のコメントを有効に活用することで、きめ細かな保全・運転管理を支援することができる。

- (4) 振動データ等の変化とポンプ設備の劣化状態との相関を調査・検証することで、設備の劣化状態を識別する新たな判定基準を確立することが可能となる。

5 今後の課題及び開発の方向

当局のポンプ設備に適したポンプ設備劣化診断システムを確立するには、診断精度の向上と信頼度の高いシステムの開発が必要である。そのためには、ポンプ設備の振動測定データや運転管理情報データ、絶縁診断データ、補修工事データ等を収集・蓄積し、傾向管理を行っていくことが重要である。また、診断システムによって出力された診断結果と補修工事等の分解点検により明らかになる劣化状態の結果とを照合し、総合診断ソフトウェア

機能の検証を進め、診断システムの充実を図る。

将来は、ポンプ設備の他に変圧器、ケーブル、薬品貯蔵槽等といった静置機器へも設備診断技術を取り入れ、機械・電気設備総合劣化診断システムの開発を図っていくとともに、これら診断データを有効に活用できる設備管理データベースを構築し、高水準の設備保全管理をめざすべきと考える。

(参考文献)

- 1) 岡安潔・鈴木昭宏：ポンプ設備劣化診断システムの開発、第45回全国水道研究発表会講演集、(1994)
- 2) 大島榮次：設備診断予知保全実用辞典、(1988)
(受付 1996.12.27)
(受理 1997.1.27)