

〈研究発表〉

設備保全における音響診断技術の活用

熊倉 利昭¹⁾、近 秀和¹⁾、伊藤 淳一²⁾、菅原 眞吾²⁾

¹⁾ 東京都下水道サービス株式会社 中川保全事業所 (〒120-0002 東京都足立区中川 5-1-1,

E-mail: toshi-kumakura@tgs-sw.co.jp)

²⁾ オリジナル設計株式会社 (〒151-0062 東京都渋谷区元代々木町 30-13, E-mail: itou-a1355@oec-solution.co.jp ,

sugawara-a1033@oec-solution.co.jp)

概要

設備機器の異常の判断は、ベテラン職員の五感に頼ることが多い。ベテラン職員も少なくなっている現状において、確実に予防保全を実施し、事故予防を図らなければならない。

本調査は、音響診断技術を導入することで、ベテラン職員でなくても短時間で、簡易に設備診断することを目的に行ったものである。

キーワード：音響診断，予防保全，点検作業

1. 概要

ポンプ等の回転系設備機器の正常・異常の判断は、現場に精通した熟練技術者の経験と技術に支えられた五感（音・温度・におい・色・振動等）に頼ることが多く、経験に基づく技術が欠かせないものとなっている。熟練技術者が少なくなっている現状においては、経験に基づく技術に頼ることなく、確実に予防保全を実施して故障を低減させる必要がある。東京都下水道サービス株式会社中川保全事業所では、設備機器の異常兆候を簡易に把握する方法として、平成 21 年度より「自己回帰モデルを用いた音響診断法」による音響診断技術の有効性を確認するとともに、2 年間のデータの蓄積をもとに分析を行い、機器異常の判定精度を高める取組みを行った。

本稿では、「音響判定基準」の作成を目的に振動と音響の 2 法で同時測定を行い、日本工業規格 B0906 の機械振動の評価基準（以下「JIS 振動基準」という。）との相関性について調査し、「自己回帰モデルを用いた音響診断法」の音響判定基準の検討結果と、診断ツールとして実用化に向けた課題等について報告する。

2. 調査方法

平成 21 年度は、中川水再生センターで稼働している回転系機器の代表的なものとして、汚水ポンプ、放流ポンプ、送風機、返送汚泥ポンプ、汚泥引き抜きポンプ、脱臭ファン等 35 台を対象に、時期を変えて 3 回の測定を実施した。その結果から、設備保全において回帰分析法による「自己回帰モデルを用いた音響診

断」が有効であることを検証した。

平成 22 年度は、前年度対象となった機器に加えて、工事等により改修が予定されている小口径ポンプと東部スラッジプラントの脱水設備及び焼却設備を対象機器に加え、62 台を調査対象とした。（Table.1、Fig.1）

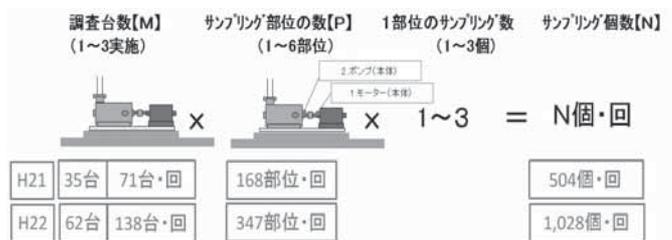


Fig.1: Investigation method

Table.1: List of machinery and equipments for the survey

調査対象機器		M	P	N
I	ファン類	12	22	66
II	渦巻ポンプ	35	69	206
III	汚泥ポンプ(直結型)	30	68	204
IV	汚泥ポンプ(ベルト掛)	9	18	54
V	送風機	18	54	159
VI	汚水、放流ポンプ等	15	67	194
VII	遠心濃縮・脱水機	4	24	72
VIII	薬注ポンプ(一軸ポンプ、ダイヤフラムポンプ)	9	18	52
-	その他(し渣コンベヤ)	6	7	21
計		138	347	1,028

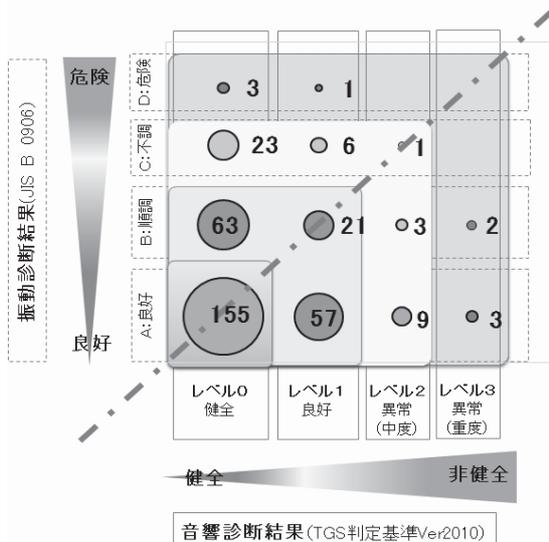


Fig.4: Distribution characteristics of the evaluation criteria by the two methods

4.2 判定基準の相関性

2法の判定基準の相関性は、Fig.4に示す分布特性を“相関性合致率”として定量評価した。算出はマトリックス表を基に、対角線上に並ぶ“完全合致領域（太枠領域）”に対し、領域が離れるにしたがって基準ウエイトを変化させ、マトリックスの領域毎に集計した。（Table.2）

基準ウエイトは、「完全合致領域」を1.00として、領域が離れる毎に一つ前の領域に対し0.5倍とした。（Table.3）

その結果、“相関性合致率”は、0.721となり、高い相関性が得られた。（Table.4）

Table.2: Correlative inspection by the method evaluation (Correlative agreement rate)

振動2法の判定分布		『TGS音響診断判定基準2010』				計
		レベル0 健全	レベル1 良好	レベル2 異常(中度)	レベル3 異常(重度)	
JIS 振動基準	D:危険(不可)	3 0.009	1 0.003	0 0	0 0	4 0.012
	C:不調(可)	23 0.066	6 0.017	1 0.003	0 0	30 0.086
	B:順調(良)	63 0.182	21 0.061	3 0.009	2 0.006	89 0.256
	A:良好(優)	155 0.447	57 0.164	9 0.026	3 0.009	224 0.646
計		244 0.703	85 0.245	13 0.037	5 0.014	347 1.000

Table.3: Validity of the criteria of the correlative agreement rate

領域	基準ウエイト	考え方
完全合致領域	1.00	
隣接領域	0.50	完全合致領域×0.50
不完全領域①	0.25	隣接領域×0.50
不完全領域②	0.125	不完全領域①×0.50

Table.4: Calculation of the correlative agreement rate by the two methods

領域	領域内個数 (a)	基準ウエイト (b)	領域別ウエイト (c)=(a)×(b)
完全合致領域	177	1	177.00
隣接領域	129	0.5	64.50
不完全領域①	35	0.25	8.75
不完全領域②	6	0.125	0.75
計	347		250.25
相関性合致率 (c)/(a) :			0.721

4.3 音響判定基準（案）の設定

音響判定基準（案）をTable.5に示す。音響判定基準（案）は、ステップ1で判定基準を仮設定した上で健全度の判定を行い、ステップ2でこの判定結果に対するJIS振動基準との相関性を検証し、判定基準の4ランクの閾値の妥当性を検証した。

Table.5: A draft of the Acoustic diagnostics evaluation criteria

保守区分	指標①	指標②	音響簡易診断・用語
レベル0	0~2%未満	0~±0.25	健全（異常なし）
レベル1	2~5%	±0.25~±0.50	良好
レベル2	5~10%	±0.50~±0.75	異常（中度）
レベル3	10~30%	±0.75~±1.00	異常（重度）
—	30%以上	—	測定エラーの疑いあり

ここで、レベル0（健全）の判定基準は「サウンドチェッカー」に初期設定されている健全の判定基準値（指標①残差パワー比：2%以下、指標②残差の写像相関係数：±0.25）に設定したが、健全に稼働していると考えられる機器も異常と判定されることがあり、仮設定した判定基準は厳しいものであると判断した。また、晴天時にレベル0（健全）と判定された機器が、降雨時や高負荷時に二つの指標を超過して異常と判定されることがあり、これを考慮してレベル1（良好）の閾値を設定した。

4.4 音響判定基準（案）による判定結果

平成22年度に347箇所（全62台、延べ138台）に対して音響判定基準（案）で判定したところ、全データ数の96%~99%がレベル1（良好）までの範囲に入り、ほとんどの機器が正常に維持されているという判定結果となった。（Fig.5）

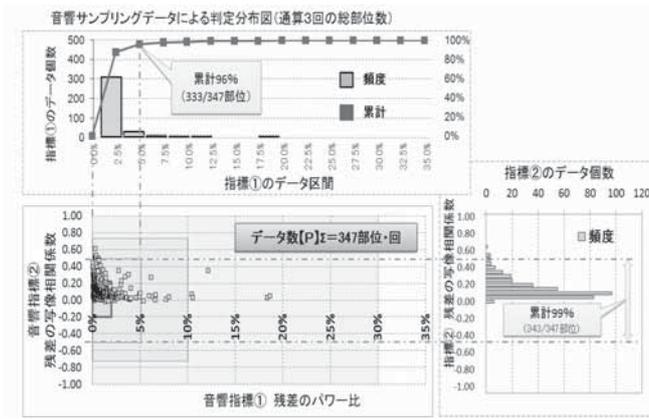


Fig.5: The evaluation outcome based on the Acoustic diagnostics evaluation criteria

5. 考察

サウンドチェッカーは、設備機器に触れることなく、短時間で計測ができ、ディスプレイ表示による可視化、測定者の違いによる測定誤差が少ないなどの特徴があり、診断ツールとしての有効性を確認できた。また、検証の結果、音響判定基準(案)のレベル0~1(健全~良好)までの閾値設定は、ほぼ妥当であると判断している。

6. 最後に

定期修繕を予定していた一部の機器について、修繕前と修繕後の音響診断を実施した結果、判定結果が改善している傾向を得ることができた。(Fig.6)

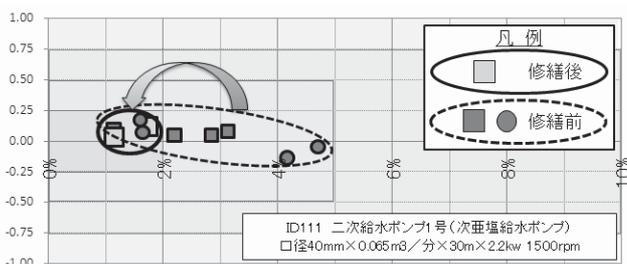


Fig6: The outcome before and after the rehabilitation by the Acoustic diagnostics

今後は、定期修繕機器や突発的な異常機器を対象に、データの継続的蓄積を行い、機器の経時変化とサンプリングデータによる相関性把握を行いながら音響判定基準(案)のレベル1とレベル2の精度向上を目指していく予定である。

最後に、音響診断活用技術の蓄積を行うと同時に、他の診断方法との補完をとりながら、現場設備診断ツールの一つとして予防保全に向けた取組みを行う。