

電流情報診断による コラム形水中ポンプの状態監視

寒地機械技術チーム

背景と目的

救急排水機場（図-1）で使用するコラム形水中ポンプは、浸水被害軽減のため、非常時には確実な運転が求められます。そのため、運転状態を的確に把握し、適切な整備や更新を行う必要があります。しかし、コラム形水中ポンプはコラムパイプ内部に設置するため（図-2）、直接目視や触診ができず、運転中の異音や変調などの確認が極めて困難です。

そこで、コラム形水中ポンプの運転状態を適切に把握できる技術の提案を目的に、適用性が高い状態監視技術について検討し、電流情報診断によるコラム形水中ポンプの状態監視手法を開発しました。



図-1 救急排水機場外観

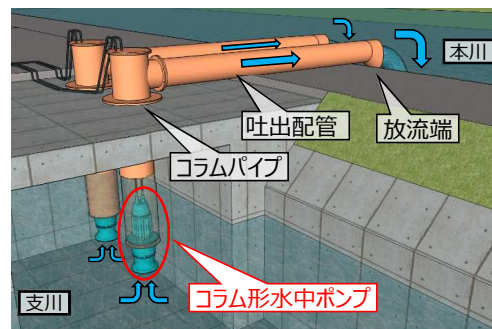


図-2 コラム形水中ポンプの設置・運転状況図

技術の概要

- ポンプ運転時の電流波形を解析することで、状態監視を行います。
- まず、ポンプ運転時の電流波形を計測し、周波数分析（FFT：高速フーリエ変換）を行います（図-3）。
- 次に、周波数分析結果から、電源周波数成分の両端に現れる側帯波（ L_{pole} 、 L_{shaft} ）を特定します（図-4）。
- これらの側帯波の大きさ（最大値）及びばらつき（標準偏差）をモニタリングすることで、状態監視を行います（図-5）。

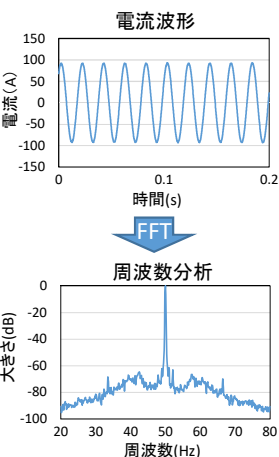


図-3 周波数分析

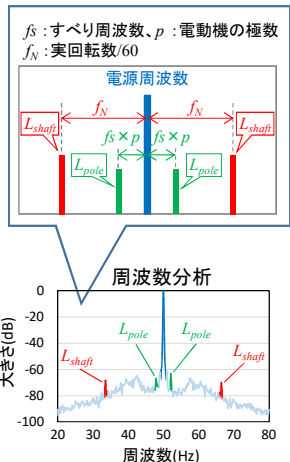


図-4 側帯波の特定

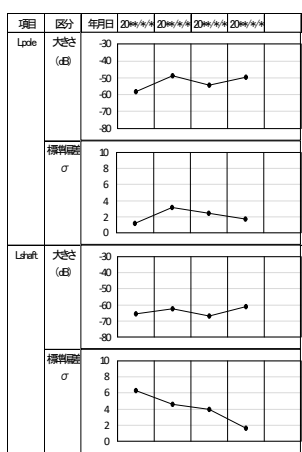


図-5 モニタリング例

技術の特徴

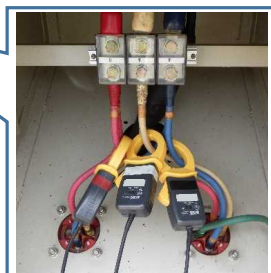
- 電流波形の計測は、ポンプの動力線にクランプ式電流センサーを取り付け実施します（図-6）。
- センサーはクランプ式であるため、設置が非常に容易です。
- ポンプ本体や河川に近寄らずに計測できるため、安全に計測できます。また、操作盤や配電盤等が屋内にある場合、屋内で計測できるため、悪天候時の計測も可能です。
- ポンプ本体へセンサーを取り付ける必要がないため、ポンプを引き上げずに計測が可能です。



図-6 センサー設置例



クランプ式電流センサー



技術の原理

- コラム形水中ポンプは、三相誘導電動機により駆動しています。
- 三相誘導電動機は、固定子に三相交流電流を流すことで回転磁界を発生させ、この回転磁界により回転子が回転する仕組みです（図-7）。
- 回転子の回転速度は回転磁界より若干遅く、この回転速度の差（すべり周波数）により、回転子バーは定期的に回転磁界を横切ります。この際、若干ですが発電する力（逆起電力）が生じます。
- 回転子バーの損傷や、回転子軸の振れ回りなどの異常が発生した場合、逆起電力は正常に生じなくなります。
- この逆起電力の変化は側帯波（ L_{pole} 、 L_{shaft} ）の大きさに影響を与えることから、側帯波を監視することで回転子バーや回転子軸の異常を検知します。

L_{pole} : 回転子バーの異常により上昇

L_{shaft} : 回転子軸の異常負荷（ポンプの羽根車異常など）により上昇

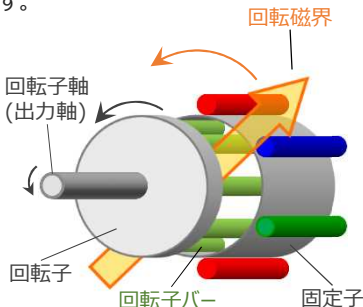
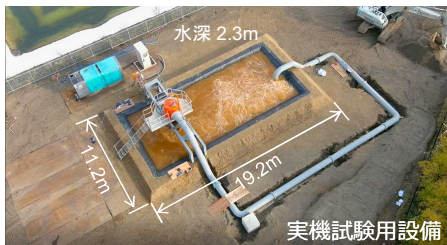


図-7 三相誘導電動機模式図

実証試験

- 技術を検証するため、実機による異常模擬試験を実施しました（図-8）。
- 試験の結果、ポンプの羽根車の異常により、側帯波 L_{shaft} の大きさに乱れが生じ、最大値と標準偏差が上昇しました（図-9）。
- このことから、羽根車の異常が側帯波 L_{shaft} の大きさに影響を与えることがわかりました。



▼模擬異常（ポンプ羽根車異常）

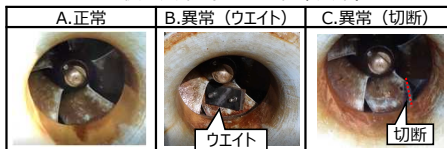


図-8 異常模擬試験の実施概要

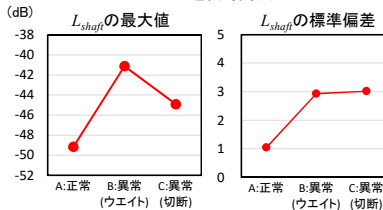
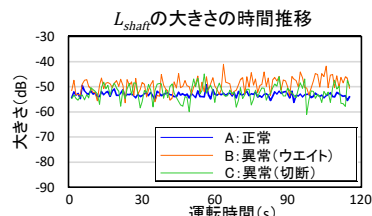


図-9 試験結果（ L_{shaft} ）