

AE法によるバケットエレベータ軸受損傷の検知

株式会社トクヤマ設備管理部 ○松田 弦也
株式会社レーザック 町島 祐一

1. まえがき

セメント工場に設置されている動機器は、機器毎にリスク評価し、重要機器については振動法を中心とした、状態監視保全 (CBM) を行なっている。振動法は軸受異常を早期に検知するのに有効な手法であるが、写真1に構造を示す、バケットエレベータ (以降 B/E) は主軸が 10rpm 前後と低速で回転するため、計測した信号の S/N 比が低く、振動法での軸受異常検出が困難となる。現状、五感を主体とした管理を行っているが、早急な診断技術の確立が望まれている。本稿ではアコースティック・エミッション(AE)法を用いた B/E の軸受診断技術について報告する。

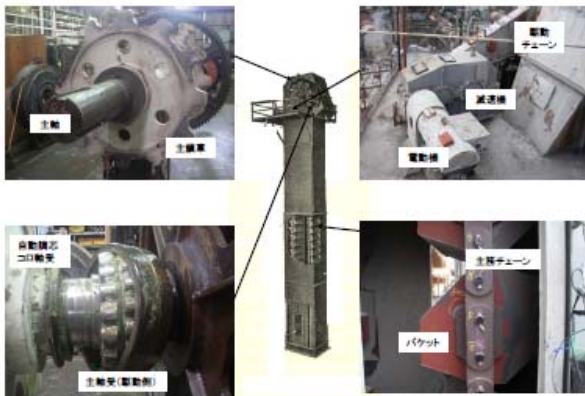


写真1 バケットエレベータ構造

2. 試験概要

AE による軸受診断を確立するため、五感管理にて軸受異常の兆候を認める B/E 数基を対象に定期的にデータを採取し、周波数解析を実施した。PZT 型広帯域 AE センサを軸受箱 (プランマブロック) に接着固定し、AE 波形を計測器にて収録した。プランマブロックは軸受外輪と直接接触している中実の一体構造であるため、軸受で生じた AE を捕捉することができる。AE センサからの信

号はプリアンプにて 40dB の増幅を行なった後、ノイズ信号を除去するために、50kHz のハイパスフィルタ処理を行なった。このハイパスフィルタ処理を行う理由として、B/E は構造上、原料を搬送するチェーンやバケット自体は油潤滑されていないため、主軸を通じて伝播してくる様々な金属衝突音が大きな環境ノイズ源となっており、それら環境ノイズに影響されないより高い周波数領域で軸受損傷に由来する AE を抽出するためである。なお、これに先立ち、健全な B/E 十数基を対象にしてチェーンやバケット起因の音響信号を取得し、それらがくまなく 50kHz 以下の信号であることを確認の上で実施した。試験では AE 波形採取を繰り返し、得られたデータを表1に示す項目について解析検討した結果、周期解析及び高周波帯域の強度分析を B/E 軸受損傷検知に有効な、特徴パラメータとして定義することにした。

表1 解析項目一覧

項目	内容	指標	
①AE 発生数	AE 発生数の時期に変化	単時間 AE 発生数	
②周期性の観察	スペクトル波形調査	疵周波数同定	
③AE 波形観察	周波数	最頻周波数の時期による変化	高周波数強度分析
	振幅	振幅と周波数の関係及び振幅分布の変化	振幅頻度分布分析
④B/E 個体差の把握	ドライヤ・クリカ系での比較	波高率	

3. 解析結果および考察

(1) 周期解析

製作図面等から B/E の機械的諸元を調査し、図2に示す軸受欠陥周期を求める。転動体や転動輪の表面に疲労剥離 (フレーキング) や亀裂が生じた場合、その接触周期に基づいて損傷信号が捉えられるのが理論解である。前述の要領で得た AE 波形を包絡線検波した後に FFT (フ

ーリエ変換) することで欠陥の周期性を観察し、損傷箇所
の同定を行う手法である。図3に、五感管理にて異常
の兆候を認めた B/E データの周期解析結果を示す。駆動
側に比べて反駆動側の周期性は強く、外輪周期 (約
1.2Hz) とコロ周期 (約 0.5Hz) が相対的に高い結果を示
している。この後に実施した開放点検では、反駆動側軸
受において写真2に示すとおり、外輪軌道面に初期的な
疲労剥離 (フレーキング) と、またコロ面に圧痕が認め
られており、その結果と一致している。

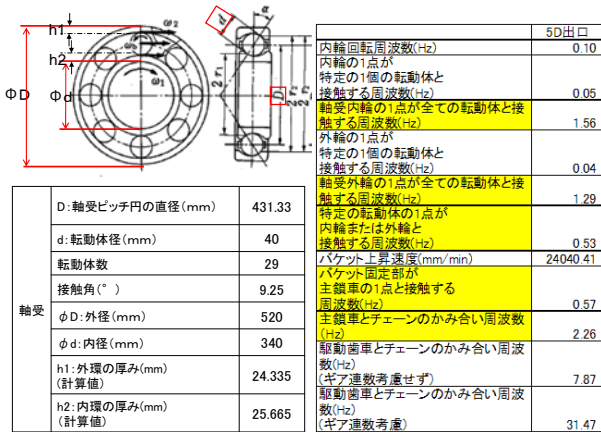


図2 軸受欠陥周期

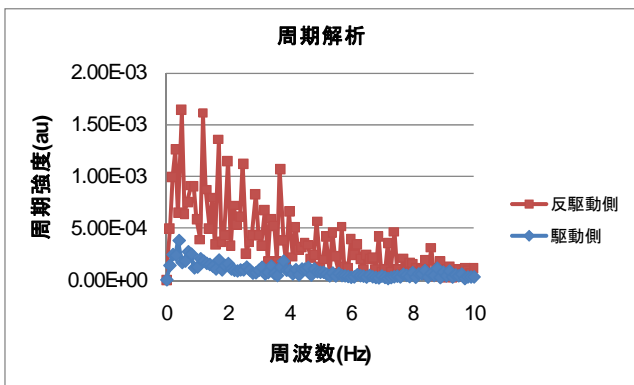


図3 周期解析結果

(2) 高周波帯域の強度分析

軸受に欠陥が存在する場合、100~数 100kHz の周波数帯域を持つ AE 信号が検出される。¹⁾ 但し、低速回転機で超音波領域の AE 信号 (1Ms 以上のサンプリング周波数が必要) を採取するには 10 秒以上のデータ (1 回転分) が必要である。こうした長い時間のデータに FFT を施した場合、エネルギーの強い低周波数成分が卓越し、高周波側の分解能が低下してしまう。そこで、1Ms 以上のサンプリング周波数を維持しつつ、B/E の回転周期をくまなく観察できるツールとして、STFT (短時間フーリエ変換) による解析を行なった。通常の FFT が全時間長を一括してフーリエ変換することに対して、STFT はデータの一部を「時間窓」として抽出して連続的にフーリエ変換する手法である。図4に前項 (1) で周期解析したものと
同じデータに STFT 解析を行い、得られた周波数別電圧強度グラフを示す。周波数分解能は 100Hz である。駆動側に比べ、反駆動側で高周波帯域に盛り上がりが見られる。これも開放点検時の結果と一致しており、周期解析と合わせて軸受損傷パラメータになりうるものと判断する。

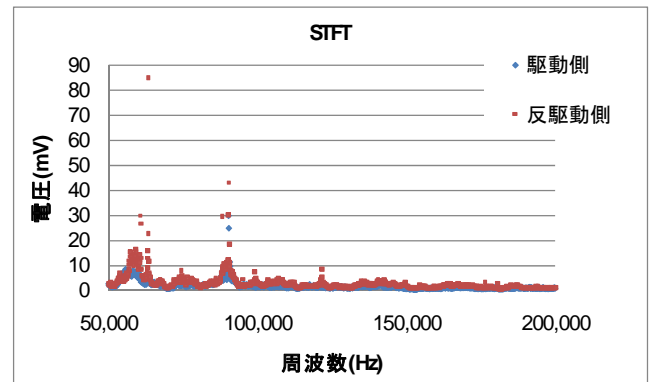


図4 高周波帯域の強度分析

4. まとめ

振動法での軸受異常検出が困難とされる B/E に対し、AE 法を用いる事で異常を的確に捉えることが出来た。現在、長期適用性を検証するため現場でのデータ採取を継続している。

【参考文献】

- (社) 日本非破壊検査協会：非破壊検査技術シリーズ アコースティック・エミッション試験Ⅱ(2008)

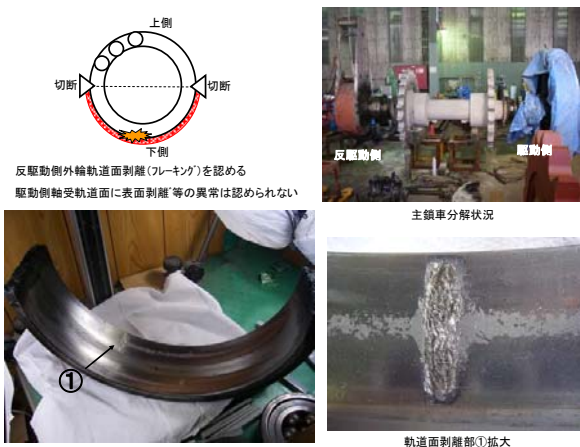


写真2 外輪軌道面損傷状況