

<論文>

遠心分離機故障診断システムの開発

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC SYSTEM FOR
BREAKDOWN OF DECANTER CENTRIFUGE大迫健一¹, 鈴木宏², 大矢爽治³, 中里卓治⁴, 渡辺和男⁵^{1,2,3,5} 東京都下水道局 / 〒163-0021 東京都新宿区西新宿2丁目8-1-1⁴ (財) 下水道新技術推進機構 / 〒171-0021 東京都豊島区西池袋1丁目22-8KENICHI OOSAKO¹, HIROSHI SUZUKI², SOUJI OOYA³,
TAKUJI NAKAZATO⁴, KAZUO WATANABE⁵^{1,2,3,5} Tokyo Sewerage Bureau, Tokyo Metropolitan Government
/2-8-1, Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 163-0021, Japan⁴ Japan Institute of Wastewater Engineering Technology
/1-22-8, Nishi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tokyo, 171-0021, Japan

Abstract

High speed decanter centrifuge in the application of sludge thickening and dewatering should be carefully maintained for operating smoothly and efficiently. Especially the daily check of degradation of consumable parts and the magnitude of unbalance are required. Authors have researched on the diagnostic system for breakdown of decanter centrifuge, which can lead to save cost and to prevent from troubles for maintenance. This papers reports the outline and function of the system and analysis results of the successful demonstration test by applying on the commercial decanter centrifuge

Key Words : Decanter Centrifuge, Diagnostic system, Breakdown, Vibration, Frequency Analysis

1 はじめに

濃縮・脱水過程で使用される遠心分離機は密閉型の高速回転機器であり、その日常管理では耐摩耗部品の消耗・劣化度合、アンバランス等、回転体の状況を常に監視していくことが重要である。

一般に回転機器における状態監視では振動解析が用いられるが、基礎に固定されたポンプやブローが主体であり、下水分野で使用される遠心濃縮・脱水機のようにバネ・スプリングといった柔構造の架台の上に置かれ、且つ、一つの回転軸の中にもう一つの回転軸を持つ複雑な構造の機械に適用された例は少ない^{1,2,3,4})。また、現在、下水道設備において採用されている遠心分離機での状態監視は電流計、温度計等により行われており、補修・整備の実施は運転時間や過去の実績等をもとに定期的に行っており、

機器の状態に合わせた管理は行われていない。

本研究では、これらの現状を踏まえ、遠心分離機の効率的かつ適正な維持管理を図るため、運転中において、開放点検をすることなく、容易に、しかも的確に状態監視、故障診断できるシステムの開発を行い、開発されたシステムを東京都下水道局の区部所有36台に設置し、継続的な振動測定を行った。

2 遠心分離器故障診断システムの
基本コンセプト

2.1 遠心分離機の概要

遠心分離機は、汚泥を高速回転(1,000~3,000rpm)する容器(ボウル)に投入し、遠心力を利用して汚

泥を固形物と液体とに分離させるものである。

一般に汚泥処理プロセスに導入されている遠心分離機は、横型遠心分離機が多く、濃縮機と脱水機がある。両者には若干の違いはあるが、汚泥の濃縮・脱水に係る基本的原理は同一である⁵⁾。

遠心濃縮機の概略図を、Fig.1 に示す。

2.2 監視項目の設定

遠心分離機の構成部品及び過去の故障とその原因を整理した結果、ベアリングの損傷及び回転体のアンバランスの2項目が遠心分離機の運転に最も重要と判断し、監視項目として選定した。

2.3 振動の解析

ベアリング損傷や回転体のアンバランスが発生した場合、回転機器では必ず、ある周波数を持った単振動を発生する。振動計はこれらの単振動を含め、全ての振動を周波数の合成波として検出する。通常、機器の振動値として示される値は、この合成波のオーバーオール値(以下、O/A 値という)である。この合成波を高速フーリエ変換(以下、FFT 解析という)すると、各周波数成分に分解することができる。この分解された周波数成分のうち、振動の発生原因それぞれが持つ固有の周波数を特定周波数といい、これを監視することにより振動原因が何であるかを特定することができる^{1, 2, 4, 6, 7, 8, 9)}。

FFT 解析の概念を Fig.2 に、主な特定周波数を Table.1 にそれぞれ示す。

回転機器で重要となるのは、前述した回転体のアンバランスを示す特定周波数 f_0 およびベアリングの内輪傷を示す特定周波数 f_{in} 、外輪傷を示す特定周波数 f_{out} 、玉傷を示す特定周波数 f_{ball} である。

2.4 センサー設置箇所

故障診断システムには、2通りの方式がある。1つは計測機器を固定設置して常時データを自動的に収集測定するオンライン式システム。もう一つはオンラインではハード・ソフトウェアが高価となるため、より簡易に計測機器を用いてオペレーターが定期巡

回して測定していくオフライン式システムである。

3 実験方法並びに装置

3.1 実験目的

振動解析により機器の状態が把握するのは従来からある技術であるが、遠心分離機のような複雑の構造を持つものに適用された例は少ない。また、機器の状態をオペレーターの経験ではなく、定量的に判断することが適切な維持管理に必要である。そこで、本件では遠心分離機専用の判定方法および基準の確立を目的に開発を行った。

3.2 実験方法

前項に示した故障診断システムを次項の遠心分離機に設置し、実機における振動測定を行った。測定した状態としては、まず実機において特定周波数が測定可能かどうか確認するため通常状態での測定を行った。その後、異常状態を検出できるか検証するため、人為的な異常状態を作り出し異常状態での振動測定を行った。ここで異常状態としては回転体のアンバランスとベアリング損傷の状態での測定を行った。また、長期運転による劣化の傾向を捉えるため、約9,000時間継続して測定を行った他、オーバーホール実施前後での振動測定を行った。

3.3 実験装置

本研究ではオンライン式とオフライン式の両方を使用し、各種状態の振動測定を行った。研究段階において使用した遠心分離機は以下の3台である。また、開発したシステムを東京都下水道局区部所有の36台に設置し、継続的な振動測定を行っている。

東京都下水道局葛西処理場ではオンライン式システムを遠心濃縮機3号(処理能力100m³/h)に設置した。ここでは、各部軸受にそれぞれ軸に対してV(垂直)、H(水平)及びA(軸方向)の3方向にセンサーを設置した。

東京都下水道局東部汚泥処理プラントではオフライン式システムを遠心脱水機1号(処理能力

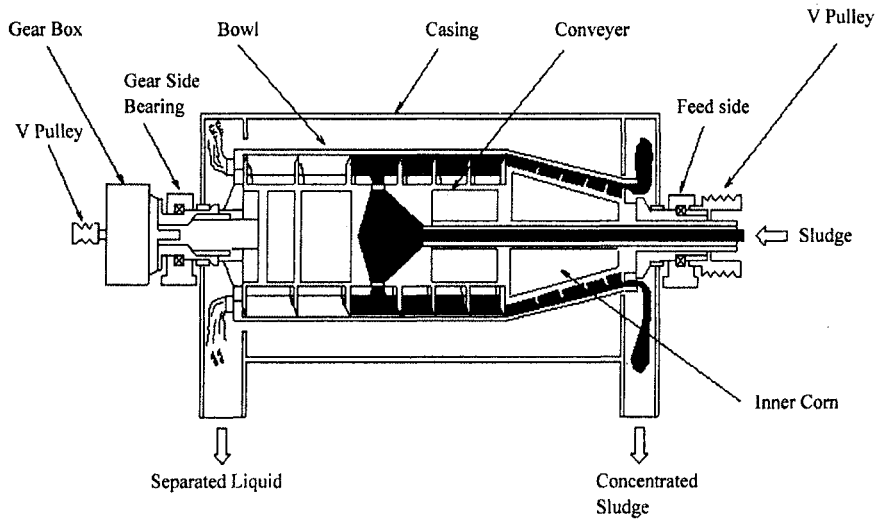


Fig.1 Schematic of Centrifugal Machine

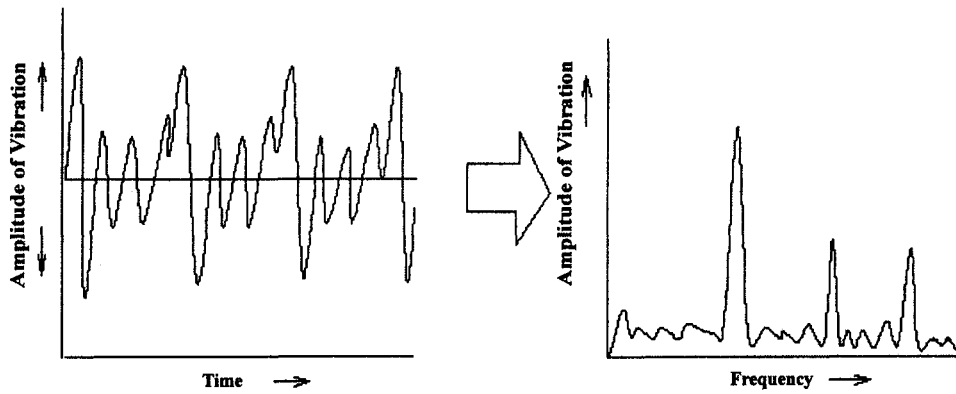


Fig.2 Concept of FFT analysis

Tab.1 Representative specific frequency

Abnormal Point	Appearance	Specific Frequency (Hz)
Rotor	Unbalance	f_0 (=Rotating Speed of Rotor / 60)
	Curve of Shaft	$f_0, 2f_0, 3f_0, \dots$
	Misalignment	$f_0, 2f_0, 3f_0, \dots$
Bearing	Injured Inner Ring	$f_{in} = Z/2 (1+d/D \cos \alpha) f_0$
	Injured Outer Ring	$f_{out} = Z/2 (1-d/D \cos \alpha) f_0$
	Injured Ball	$f_{ball} = Z/2 (1-(d/D \cos \alpha)^2) f_0$
Gear	Abnormal Gear	$Z \cdot f_0$, (Z = number of tooth)
Whole	Backlash or Looseness	f_0/n ($n=1,2,3, \dots$)

f : Frequency D : Pitch circle diameter of Bearing Z : Ball number of Bearing
 d : Diameter of Ball α : Contact angle of Ball

80m³/h) に設置した。メインベアリング箱にそれぞれ軸に対して V、H 及び A の 3 方向にセンサーを設置した。

この他に小型遠心分離機 (処理能力 5~10 m³/h) にもオフライン式を取り付け、振動測定を行った。

4 実験結果並びに考察

4.1 実機における振動測定

監視項目として定めたベアリング及び回転体の状態が、同じく監視方法として定めた振動値の周波数解析によって検出することができるかの実験を通常の運転状態にある実機により行った。

その結果、速度 (以下 VEL)、加速度 (以下 ACC)、加速度エンベロープ (以下 ENV) の各測定モードにおいて、監視する項目別に適切な測定モードを選択することにより、監視項目は振動値の周波数解析によって検出が可能であることが分かった。特にアンバランスのような 100Hz 以下で検出される項目に

ついては VEL モード、ベアリングの損傷については 1kHz 以上の振動をとらえる ENV モードが適切であることが確認された (4, 7, 8, 9, 10, 11)。

4.2 異常状態での振動測定

1) アンバランスによる振動

遠心分離機がアンバランスとなった場合、特定周波数による検出の可・不可を検証するため、回転体の両端および中央部の 3 か所に順次おもりを取り付け、遠心分離機に人為的にアンバランスを発生させ測定を行った。

測定結果を Fig.3 に示す。遠心分離機の両端側でそれぞれアンバランスを発生させた場合、発生位置側 (おもりを取り付けた側) の特定周波数 f_0 は上昇傾向を示し、その反対では大きく変動をしないことが確認できた。また、中央部でアンバランスを発生させた場合には、両者のセンサーにおいて上昇傾向を示すことが確認できた。

従ってアンバランスは特定周波数による検出が可

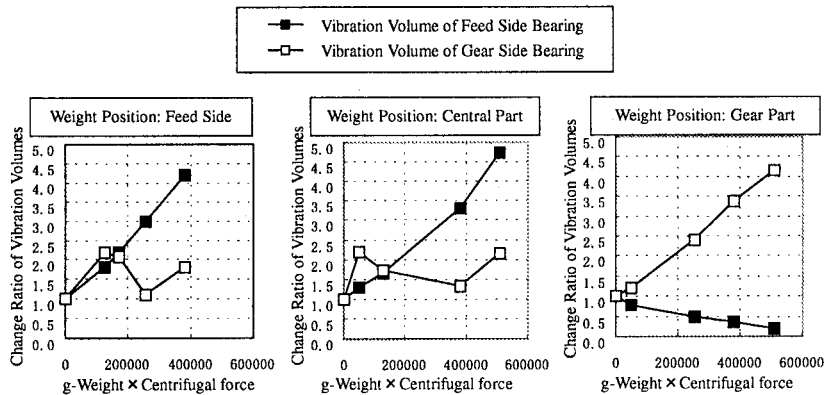


Fig.3 Change of vibration volumes by Gear Side

能であるとともに、各センサーが検出した特定周波数を総合的に監視することで、大まかな発生位置の予測も可能であることが確認できた^{10, 11)}。

2) ベアリング損傷による振動

遠心分離機に用いられるベアリングが損傷した場合、特定周波数による検出の可・不可を検証するため、人為的に内輪に傷を付けることでベアリングの損傷状態を発生させる実験を行った。また、損傷位置による振動値の変化の傾向を確認するため、ベアリングの外輪に傷をつけた場合についても参考に実験を行った。

実験結果を Fig.4 及び Table.2 に示す。ベアリングの内輪に傷が発生した場合、傷がない場合と比べ、内輪傷による特定周波数 f_{in} は、約 30~400 倍と突出して増加している。また、損傷が発生したベアリングの特定周波数 f_{in} 以外は全体的に増加傾向を示すものの、大きな変化はしないことが確認できた。

また、外輪に傷が発生した場合も、内輪傷と同様の傾向を示すことが確認できた。従って、ベアリングの損傷は特定周波数による検出が可能であるとともに、検出するセンサーによって発生位置の予測も可能であることが確認できた^{10, 11)}。

4.3 劣化傾向の検出

長期の運転により、回転体及びベアリングの特定周波数がどのように変化し、劣化傾向として検出で

きるかを検証するため、オンライン式システムにより継続してデータの測定を行った。なお、計測測定は運転累積 26,000 時間から 35,000 時間までの約 9,000 時間である。

長期実験結果を Fig.5 に示す。図より、運転時間が累積するにつれて、O/A 値及び回転体の特定周波数 f_0 が徐々に上昇しており、実験開始時と比較すると、約 1.3~1.4 倍程度上昇している。これは長期の運転により回転体のアンバランスが徐々に増加する過程を捉えたと言える。

しかし、ベアリングの特定周波数 f_{in} 、 f_{out} 、 f_{ball} に関しては、長期の運転に対する劣化傾向が確認できなかった。これは、ベアリング自体の安全率が非常に高く、劣化の進行が遅く補足しきれないためと考えられ、今後、更に継続して長期間測定することにより特定周波数の増加傾向を把握できるものと期待する^{10, 11)}。

また、従来、遠心分離機のオーバーホール時期は 20,000 時間から 30,000 時間とされていたが、長期運転の実験結果によってこの程度の運転時間の累積では、アンバランス及びベアリングの特定周波数が問題となる値までに達していないことが確認できた。したがって、特定周波数を監視することによりオーバーホール時期の延長が可能であると推測される。

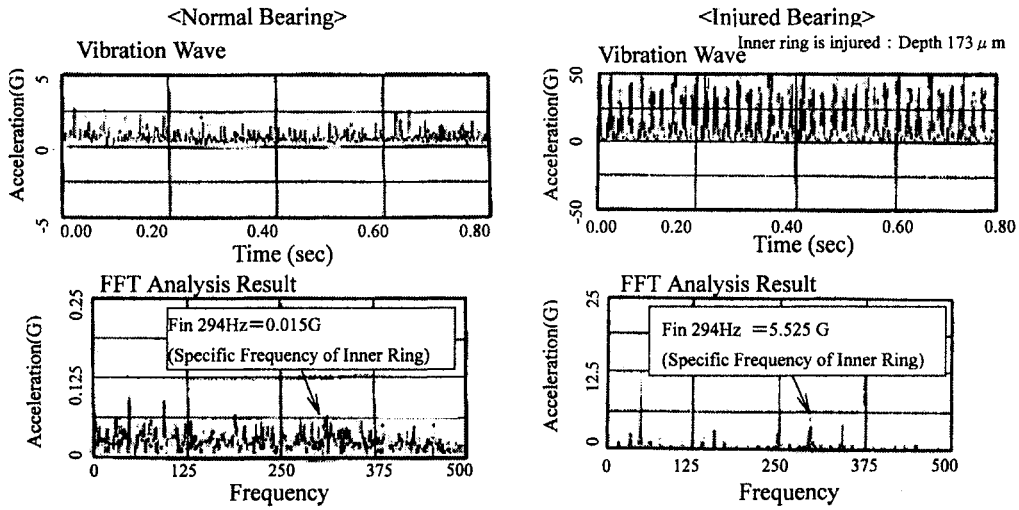


Fig.4 Relationship of wave form by bearing damage and FFT

Tab.2 Data of vibration volumes which bearing is Injured

Meaning Position	Direction	Specific Frequency	Large Injury (nner Ring)			Small (inner Ring)			Injury (outer Ring)		
			VEL	ACC	ENV	VEL	ACC	ENV	VEL	ACC	ENV
Gear Side Bearing	V	O/A (ENV: PEAK)	4.1	1.8	33.2	1.9	1.2	31.8	2.2	1.2	32.9
		fo (46.5 Hz)	3.6	2.9	57.8	2.0	2.2	33.1	1.8	2.2	2.9
		fin (294.42 Hz)	53.3	18.3	436.0	4.5	2.8	200.0	1.5	1.1	18.3
		fout (217.08 Hz)	0.4	0.7	25.6	0.9	1.1	8.5	0.3	0.3	228.7
		fball(300.53 Hz)	1.9	0.6	30.6	0.3	0.1	12.0	0.6	0.2	9.3
	H	O/A (ENV: PEAK)	5.5	1.7	33.2	2.4	1.1	6.1	1.8	0.9	7.7
		fo (46.5 Hz)	5.5	7.7	44.8	2.9	4.6	7.2	2.1	3.5	1.5
		fin (294.42 Hz)	28.7	3.3	366.0	2.5	0.4	222.2	2.3	0.4	1.9
		fout (217.08 Hz)	0.4	0.3	12.1	0.2	0.2	6.3	0.3	0.3	7.8
		fball (300.53 Hz)	1.1	1.1	38.7	0.3	0.4	18.7	0.6	0.8	1.6
	A	O/A (ENV: PEAK)	6.3	3.2	30.7	0.7	1.5	5.8	1.1	1.0	3.5
		fo (46.5 Hz)	6.3	6.6	24.3	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	0.3
fin (294.42 Hz)		40.0	37.5	68.4	4.7	5.0	33.4	1.7	1.8	0.8	
fout (217.08 Hz)		0.6	0.6	15.5	1.1	1.1	1.6	0.5	0.5	13.2	
fball (300.53 Hz)		3.0	2.6	8.3	0.8	1.2	2.9	0.8	1.1	0.8	
Feed Side Bearing	V	O/A (ENV: PEAK)	0.7	0.7	1.9	1.2	1.3	1.4	0.8	1.0	1.2
		fo (46.5 Hz)	0.6	0.6	2.7	1.1	1.1	0.8	0.7	0.7	0.1
		fin (294.42 Hz)	5.5	4.8	4.0	2.5	2.8	3.2	8.0	7.1	0.8
		fout (217.08 Hz)	0.1	0.1	0.8	0.5	0.4	1.6	0.6	0.6	2.7
		fball (300.53 Hz)	1.3	1.5	0.5	1.2	0.9	0.4	2.2	2.4	0.5
	H	O/A (ENV: PEAK)	0.6	0.6	1.9	0.9	0.7	1.7	0.8	0.7	0.8
		fo (46.5 Hz)	0.7	3.1	3.7	1.0	4.8	0.2	0.9	4.4	0.1
		fin (294.42 Hz)	1.5	2.0	2.1	0.1	1.3	1.1	0.8	0.9	0.2
		fout (217.08 Hz)	0.4	0.4	1.5	0.2	0.2	0.7	0.2	0.2	0.5
		fball (300.53 Hz)	0.7	0.7	0.6	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2
	A	O/A (ENV: PEAK)	0.4	0.7	3.1	1.1	1.0	0.9	1.1	0.9	1.2
		fo (46.5 Hz)	0.4	0.4	8.0	1.2	1.2	0.7	1.1	1.2	0.1
fin (294.42 Hz)		0.8	0.8	16.7	0.5	0.3	6.7	0.4	0.4	1.9	
fout (217.08 Hz)		1.5	1.6	2.1	2.7	2.9	1.6	1.3	1.3	4.7	
fball (300.53 Hz)		0.2	0.2	1.3	0.1	0.1	0.4	0.3	0.2	0.8	

※Data indicate to magnification of changing non-injured vibration into injured vibration.

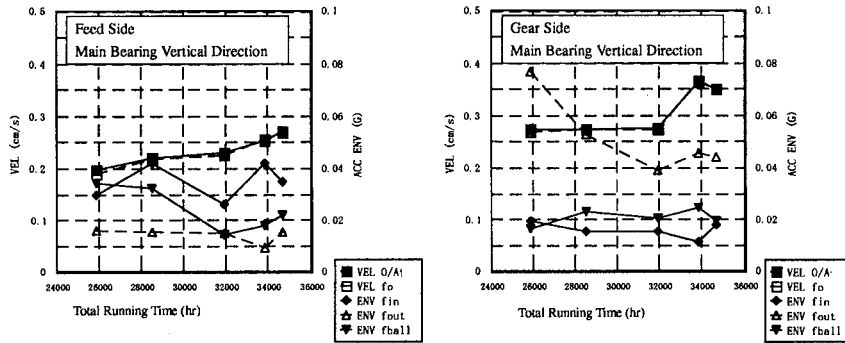


Fig.5 Change of long-term vibration Values

4.4 オーバーホール前後の比較

オーバーホール（チップ、ベアリング等の交換、バランス調整等）の前後における特定周波数を比較し、オーバーホールの効果及び時期の延長が可能であるかを調査した。

調査結果を Table.3 に示す。表より、運転時間の最も多い Type D（遠心脱水機）においてオーバーホールの実施により特定周波数が小さくなったものが多く現れているのが確認できる。これは、オーバーホールによりアンバランス、ベアリングの劣化が改善されたものと言える。また、その他の機種においても少なからずこのような傾向が確認できるため、Type D と同様にアンバランス、ベアリングの劣化が改善されていると言える。

しかし、調査した全ての機種において、オーバーホール前に測定した特定周波数は非常に小さく、運転に支障をきたすほどの値ではなかった。

従って、オーバーホールの効果はあったもののその時期についてはさらなる延長が可能であると推測される。

5 異常判定方法及び判定基準

5.1 異常判定

1) 判定方法

これまでの研究結果から、特定周波数のある基準値を設定し判定を行う「絶対値判定法」は機器毎にバラツキがあるため適切でなく、また、同一機種を

同一条件で測定し比較判定を行う「相互判定法」も適切でない事がわかっている。このため、本システムにおける判定方法は、正常時の値を初期値とし、その値から何倍になったかによって判定を行う「相対判定法」が適切である^{10, 11)}。

2) 警報出力

警報の出力は、運転が可能であるが注意を要する状態の「注意レベル」及び運転が不可能な状態の「危険レベル」の2段階で出力するものとする。注意レベルの基準値は初期値の n 倍、危険レベルの基準値は初期値の m 倍として表し、研究で得られたデータ等によりそれぞれの n 値、m 値を設定する^{10, 11)}。

3) 初期値の設定

本システムにおける判定方法は、相対判定法としたが、この判定法を行うには初期値が必要となる。

初期値は、設置工事終了後の稼働初期もしくはオーバーホール後の水負荷運転によるデータとするのが理想的である。また、遠心分離機では振動値がバラつくことが研究により確認されているため、初期値を設定する場合には、複数回の測定から平均を求め設定するのが適切である^{10, 11)}。

5.2 アンバランスの判定基準（特定周波数 f_0 ）

アンバランスの判定基準は相対判定法が適切とされたため、正常時の振動値を基に異常状態（アンバランス）における振動の結果を用いて定める。

遠心濃縮機ではアンバランス発生側（おもりを取

Tab.3 Comparison of Before and After

Meaning Target	Measuring Position	Type A (about 25,000hr)			Type B (about 24,000hr)			Type C (about 10,400hr)			Type D (about 28,000hr)			Type D (about 15,000hr)				
		V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A		
Main Bearing (Vel)	Gear Side	fo	△	△	○	x	x	x	x	x	x	△	○	○	○	○	x	
		fin	△	△	△	○	△	○	x	x	x	△	○	△	○	○	○	x
		fout	x	x	x	x	x	x	△	△	x	△	○	△	○	○	△	△
	Feed Side	fball	x	x	x	○	○	x	x	x	△	○	x	○	○	○	○	○
		fo	○	○	○	x	x	△	○	○	x	△	x	○	○	△	△	△
		fin	◎	△	○	○	x	△	△	△	x	△	○	△	○	○	◎	◎
		fout	x	x	x	△	△	x	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○
		fball	○	x	○	◎	○	○	○	△	x	○	△	◎	○	○	○	○
		fo	x	—	x	x	x	x	x	x	△	△	△	△	△	△	○	x
Conveyor Bearing (ENV)	Gear Side	fout	x	—	x	x	x	x	△	x	△	x	x	x	○	x	△	△
		fball	x	—	x	x	x	△	x	△	x	△	△	x	○	x	x	x
		fo	x	—	○	x	x	x	△	△	△	△	△	x	○	○	○	○
	Feed Side	fout	x	—	x	x	x	x	△	△	○	△	△	x	○	x	○	○
		fball	x	—	○	x	x	x	△	△	△	△	x	○	○	x	○	○
		fo	x	—	○	x	○	△	△	x	x	○	○	○	○	x	△	△
Trust Bearing (ENV)	Feed Side	fout	x	—	○	x	x	△	△	x	x	△	○	○	△	○	△	△
		fball	x	—	○	x	△	△	x	△	x	○	○	○	△	○	△	△
		fo	x	—	○	x	△	△	x	△	x	○	○	○	△	x	○	○

Judgement Basis: "Judgement Values"=(After vibration volumes)/(Before vibration volumes)
 "Judgement Values" < 1 → x
 1 ≦ " " < 2 → △
 2 ≦ " " < 10 → ○
 10 ≦ " " → ◎

り付けた側)の特定周波数 f_0 変化率は、おおよそ2倍前後となっている。また、振動値の測定は行っていないが、これ以上のおもり量とした場合、振動値は極端に高くなることが確認されている。このことから、遠心濃縮機におけるアンバランス判定の注意レベル n 値は2とする。

また、危険レベルについては、診断機メーカーが個々に定めている判定基準等で注意レベルの2~3倍としているので、安全サイドの考えから注意レベル n 値の2倍とする。従って、危険レベルの m 値は、 n 値の2倍となる4とする。

遠心脱水機の場合、注意レベル n 値は遠心濃縮機と同様に2とするのが妥当であるが、遠心脱水機の振動値は遠心濃縮機に比べ1~3倍程度のバラツキがあるため、遠心脱水機の注意レベル n 値(2倍)の1.5倍程度、すなわち3として設定する。また、危険レベルの m 値については、 n 値の2倍とするため6とする^{10, 11)}。

5.3 ベアリング損傷の判断基準(特定周波数 f_{in} 、 f_{out} 、 f_{ball})

ベアリング損傷の判定基準は、正常時の振動値を基に異常状態(ベアリングの損傷)における振動の

結果を比較して定める。

Table.2より、ENVにおける特定周波数 f_{in} 値は、約33~430倍と大きくばらついている。また、検出方向についても傷の大小により異なる結果となっている。従って、安全サイドの考えから、最も変化率の小さい内輪傷小のA方向を危険レベルとするのが適当と考えられる。従って、ベアリング損傷の危険レベル m 値は30とする。

注意レベルについては、診断機メーカーが個々に定めている判定基準等で、危険レベルは注意レベルの2~3倍としているのを基に、安全サイドの考えから危険レベル m 値の1/3とする。従って、注意レベルの n 値は m 値の1/3倍となる10とする^{10, 11)}。

5.4 判定基準

アンバランス及びベアリング損傷の判定基準を含め、遠心分離機における判定基準をTable.4にまとめる。なお、本判定基準は今回の研究により得られた結果とともに、目安として定めたものであり、今後さらなるデータの蓄積により精度の向上を図る必要がある^{10, 11)}。

Tab.4 Judgement Basis

Measuring Position	Items			Judgement Basics		
				Caution Level	Danger Level	
				Value "n"	Value "m"	
Main Bearing Box (Feed and Gear Side)	Bearing Box	VEL	O/A	2(3)	5	
		ACC	O/A	2(3)	6	
	Rotor	Unbalance	VEL	fo	2(3)	4(6)
		Curve of shaft / Misalignment	VEL	2fo, 3fo	2(3)	4(6)
		Back Lash or Looseness	VEL	1/2fo, 1/3fo	2(3)	4(6)
		Injured	ENV	fin, fout, fball	10	30
	Main Bearing	Injured	ENV	fin, fout, fball	5	15
	Conveyor Bearing	Injured	ENV	fin, fout, fball	5	15
Thrust Bearing	Injured	ENV	fin, fout, fball	5	15	
Main Transition Bearing Box (non-drive and)	Bearing Box	VEL	O/A	2(3)	5	
		ACC	O/A	2(3)	6	
	Main Transition Bearing	Unbalance	VEL	fo	2(3)	4(6)
		Curve of shaft / Misalignment	VEL	2fo, 3fo	2(3)	4(6)
		Back Lash or Looseness	VEL	1/2fo, 1/3fo	2(3)	4(6)
Main Transition Bearing Box	Injured	ENV	fin, fout, fball	10	30	
Gear Unit Transition Bearing Box (N-D and D Side)	Bearing Box	VEL	O/A	2(3)	5	
		ACC	O/A	2(3)	6	
	Gear Unit Transition Bearing Box	Unbalance	VEL	fo	2(3)	4(6)
		Curve of shaft / Misalignment	VEL	2fo, 3fo	2(3)	4(6)
		Back Lash or Looseness	VEL	1/2fo, 1/3fo	2(3)	4(6)
	Injured	ENV	fin, fout, fball	10	30	
Difference Speed Motor Transition Bearing Box (N-D and D Side)	Bearing Box	VEL	O/A	2(3)	5	
		ACC	O/A	2(3)	6	
	Difference Speed Motor Transition Bearing Box	Unbalance	VEL	fo	2(3)	4(6)
		Curve of shaft / Misalignment	VEL	2fo, 3fo	2(3)	4(6)
		Back Lash or Looseness	VEL	1/2fo, 1/3fo	2(3)	4(6)
	Injured	ENV	fin, fout, fball	10	30	

Values are common magnification for concentration machine and de-watering machine. But values of parenthesis indicate for de-watering machine. Values are non-parenthesis indicate for concentration machine.

6 実機への適用

平成 10~11 年にかけて、本研究によるオフライン式診断システムを東京都区部の遠心分離機 36 台に設置し、定期的に振動解析を行った。その代表例を Fig.6 に示す。Fig.6 の上段は遠心濃縮機 (公称能力 100m³/h) であり、下段は遠心脱水機 (公称能力 80m³/h) の測定結果である。

Fig.6 より、遠心脱水機の方が遠心濃縮機に比べ、振動値が全体に高く、バラツキを持っているが、振動の絶対値としてはどちらも低いレベルであった。また、特に経時変化による上昇傾向等は見られず、今回測定期間中に関しては特にアンバランスやベアリングの劣化等は発生していないといえる。

36 台の全体としても、Fig.6 と同様に特に経時変化による上昇傾向は見られていない。これは、測定期間が 1~2 年と比較的短期間であるため、明確な変化が表れなかったと考えられる。今後も継続して解析を行うことで、劣化の傾向が捉えられるものと思われる。

7 まとめ

遠心分離機故障診断システムの開発は、遠心分離機の故障の早期発見、劣化診断を主課題として行った。過去の重大故障を原因別に整理するとアンバランス及びベアリングの損傷によるものがほとんどであるため、この 2 項目を監視項目とし振動値の周波数解析方法によりシステムの開発を行った。本研究により得られた成果を以下にまとめる。

- ① 遠心分離機が発する振動値を周波数解析することにより、アンバランスの大きさ及びベアリングの損傷の有無を検出することができた。
- ② 周波数解析により、アンバランスの発生及びベアリングの損傷を特定することができた。
- ③ 長期運転による劣化傾向は、本システムを用いて監視を継続することにより、劣化の傾向を捉えることが可能であることが分かった。
- ④ 判定基準を注意及び危険の 2 段階として定め、これをオーバーホール時期を決める上での目安とした。

本研究により、下水道設備等で使用される複雑な構造の遠心分離機においても、従来、ポンプやプロ

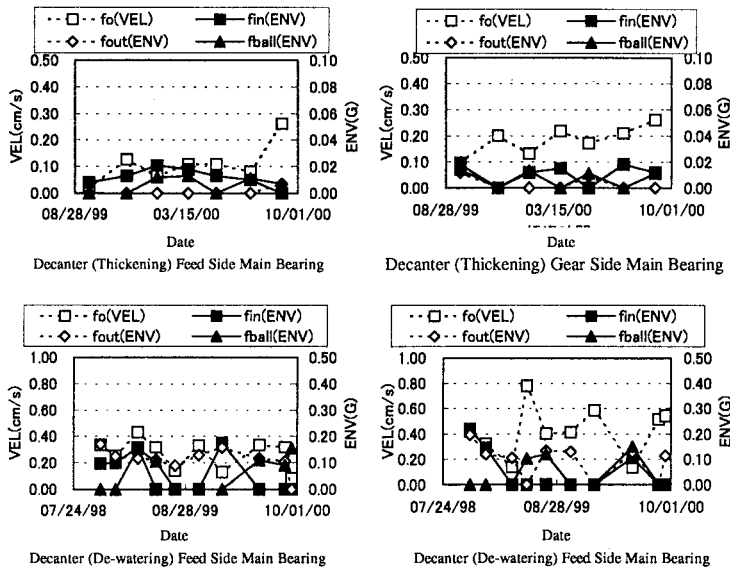


Fig.6 Vibration volumes of commercial machines

アー等の簡単な構造の機械で維持管理に使用されている振動の周波数解析を適用し、判定方法を新たに設定することで遠心分離機専用の診断システムを開発することができた。

これにより、これまで電流値・振動値のみの測定や経験に頼っていた遠心分離機の状態監視を数値的データによる適切な維持管理とすることが可能となった。今後、本システムの導入を図ることで維持管理コストの縮減が期待される。

参考文献

- 1) 桂井 徹, 池澤 克也, 福原 聡, 景 虹, 小山 弘: 設備診断システム, 横河技報, 41(1) pp3-6(1997)
- 2) 鈴木 程久, 丸 三郎, 佐竹 貞光: 下水道プラント設備の診断技術と更新, 日立評論, 73(12) pp57-62(1991)
- 3) 荻島 美住, 市川 清, 中山 明夫: ポンプ総合診断システム: 下水道協会誌, 31(372), pp19-24(1994)
- 4) 牧 修市: 振動法による設備診断の実際: 日本プラントメンテナンス協会, pp13-24(1983)
- 5) 原 徹編: 改訂増補・遠心分離: 株式会社化学工業社, pp64-71(1974)
- 6) 日本鉄鋼協会編: 設備診断技術ハンドブック: 丸善, pp89-92(1986)
- 7) 秋月 景雄: 設備診断技術入門: 日本プラントメンテナンス協会, pp64-69(1994)
- 8) Osborne R L, King I J 他: On-line diagnostics and monitors the 1990s: ASME PWR, 13, pp29-36(1991)
- 9) Walter M B: Mechanical diagnostics-Past, present and future: IEEE AUTOTESTCON, pp517-521(1990)
- 10) 小林 耕一郎, 村澤 崇: 遠心分離機診断システムの開発: 第 36 回下水道研究発表会: (社) 下水道協会, pp719-721
- 11) 小林 耕一郎, 森岡 和男, 菰淵 勲: 遠心分離機故障診断システムの開発: 平成 10 年度東京都下水道技術調査年報: 東京都下水道局, pp147-159(1999)
- 12) 中村 栄一: 下水道施設の経済的耐用年数を考える: 月刊下水道, 14(2) pp6-9

(受付 2000. 11. 7)

(受理 2000. 12. 4)