

定修工事の回転機診断の診断事例

1. はじめに

当社は、長年某工場の定修工事に取り組んでおり、中でも回転機においてはプラント内の100台程度(工場全体では停止中を含めて200台程度)の振動診断を毎年実施し、継続的に傾向管理を行っている。今回、当定修工事におけるポンプのアンバランス、ブロワの軸受け損傷の振動診断事例を報告する。

なお、現在は定修工事における振動診断により異常傾向を察知しているが、当社が開発した回転機の異常検知に有効なクラウド型電流情報量診断システム(TM-CLOUD)では、モータと回転機械を一度に診断でき、遠隔での日常の状態監視、継続的な傾向管理や異常検知も可能である。

の傾向管理グラフを、図4に②ポンプ駆動側の水平方向の速度Loの傾向管理グラフを示す。定修後には注意値であるが、大幅に改善している。

表1 簡易診断シート (No.1ポンプ)

001-P1 a No.1ポンプ		測定日(2020/4/15)			
◆機器概略図・測定箇所		モータ情報			
		モータ出力(kW)	30	回転数(rpm)	3581
		基準値			
変位Disp	速度Lo	加速度Md	加速度Hi		
P-P[μm]	rms[mm/s]	rms[m/s ²]	rms[m/s ²]		
注意 40	注意 2.8	注意 -	注意 14		
危険 80	危険 7.1	危険 -	危険 52		
測定箇所	軸受型式	振動方向			
		P-P[μm]	速度Lo	加速度Md	加速度Hi
		rms[μm]	rms[mm/s]	rms[m/s ²]	rms[m/s ²]
①ポンプ反駆動側	6309	垂直方向	49.4	6.0	31.8
		水平方向	85.2	11.6	25.2
		軸方向	39.6	4.8	30.2
②ポンプ駆動側	7310DB	垂直方向	33.3	3.4	36.8
		水平方向	94.2	12.4	40.2
		軸方向	46.4	5.7	31.1
③モータ駆動側	6312C3	垂直方向	5.2	0.7	10.1
		水平方向	16.1	2.1	9.6
		軸方向	8.7	0.9	28.1

2. 振動診断事例

2.1 事例1：ポンプのアンバランス

2.1.1 振動診断による傾向管理

振動診断による傾向管理について、簡易診断シート(No.1ポンプ)を表1に示す。内容は機器名称、機器概略図、測定箇所、測定日、モータ情報、各パラメータ(変位Disp, 速度Lo, 加速度Hi)の基準値、各測定箇所及び方向の測定値を記載したシートである。基準値の変位Dispと加速度Hiの判定基準については、当社の基準を採用し、速度Loの判定基準については、ISO10816シリーズに記載された一般回転機械の振動判定基準を採用した。注意値以上を黄色、危険値以上を赤色で示す。簡易診断結果、①ポンプ反駆動側と②ポンプ駆動側の水平方向の変位Dispが85.2μmと94.2μmで、速度Loが11.6mm/sと12.4mm/sで危険値となっている。図1に①ポンプ反駆動側の水平方向の速度Loの傾向管理グラフを、図2に②ポンプ駆動側の水平方向の速度Loの傾向管理グラフを示す。2020年度の定修前に共に急上昇して危険値となっている。

2.1.2 簡易診断

振動方向により異常状態が異なる為、振動方向と損傷モードとパラメータの関係を表2に示す。損傷モードからアンバランスか基礎不良の可能性が想定される。振動診断により異常傾向と判断された為、2020年度の定修にて補修工事を実施した。図3に①ポンプ反駆動側の水平方向の速度Lo

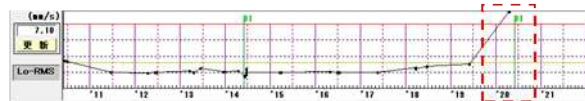


図1 ①ポンプ反駆動側 水平方向 速度Lo 傾向管理

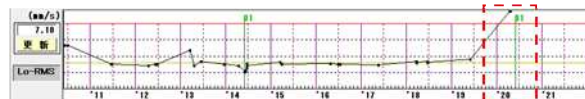


図2 ②ポンプ駆動側 水平方向 速度Lo 傾向管理

表2 測定方向と損傷モードとパラメータ

振動方向	損傷モード	パラメータ
垂直方向	ガタ	速度Lo
水平方向	アンバランス, 剛性不良	
軸方向	ミスアライメント	加速度Hi
垂直or水平or軸方向	軸受損傷	

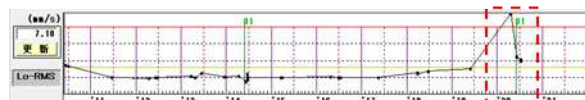


図3 ①ポンプ反駆動側 水平方向 速度Lo 傾向管理

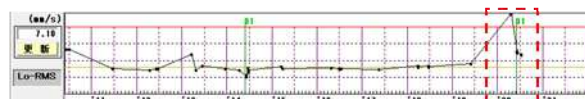
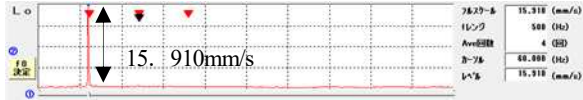


図4 ②ポンプ駆動側 水平方向 速度Lo 傾向管理

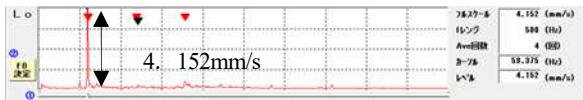
表3 特徴周波数と損傷モードと損傷箇所

特徴周波数	損傷モード	損傷箇所
fr	アンバランス,剛性不良	ローター,基礎
fr,2fr,3fr	ミスアライメント	カップリング
損傷特徴周波数	軸受損傷	軸受

fr:回転周波数, 損傷特徴周波数:外輪,内輪,転動体等

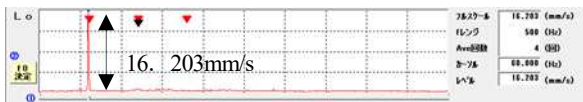


(a) ポンプ補修前(2020年4月15日)

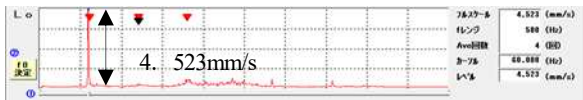


(b) ポンプ補修後(2020年7月10日)

図5 ①ポンプ反駆動側 水平方向 速度Lo FFT波形



(a) ポンプ補修前(2020年4月15日)



(b) ポンプ補修後(2020年7月10日)

図6 ②ポンプ駆動側 水平方向 速度Lo FFT波形

2.1.3 精密診断

周波数解析による特徴周波数と損傷モードと損傷箇所の関係を表3に示す。図5に①ポンプ反駆動側の水平方向の速度LoのFFT波形(a)ポンプ補修前と(b)ポンプ補修後を、図6に②ポンプ駆動側の水平方向の速度LoのFFT波形(a)ポンプ補修前と(b)ポンプ補修後を示す。縦軸は振動速度のスペクトル、横軸は周波数で最大500Hzまで表示している。図5と図6中の▼は回転周波数の1倍と2倍と3倍、▲は電源周波数120Hzを示す。この場合は回転周波数の60Hz付近でピークがあり、アンバランスの傾向にある。この両者を比較すると速度レベルが図5では15.910mm/sから4.152mm/sに低下、図6では16.203mm/sから4.523mm/sに低下しており、危険レベルから注意レベルとなったことが分かる。

2.1.4 対策提案

今回の補修後もアンバランスの傾向が残っている。更なる速度レベルの改善については、回転体である軸とインペラの経年劣化が想定される為、次回定修時に軸とインペラ一式の取替を提案した。

2.2 事例2:ブロウの軸受転動体異常

2.2.1 振動診断による傾向管理

表4 簡易診断シート(No.1ブロウ)

003-F1a No.1ブロウ		測定日(2020/4/16)			
機器概略図 測定箇所		モータ情報			
		モータ出力[kW]	回転数[rpm]	1755 (2250)	
		3.7	(777回転数)		
基準値					
変位Disp	速度Lo	加速度Md	加速度Hi		
P-P[μm]	rms[mm/s]	rms[m/s²]	rms[m/s²]		
注意 30	注意 1.8	注意 -	注意 4		
危険 50	危険 4.5	危険 -	危険 11		
測定箇所	軸受型式	振動方向	変位Disp	速度Lo	加速度Md
			P-P[μm]	rms[mm/s]	rms[m/s²]
①ブロウ反駆動側	6308	垂直方向	7.1	0.3	2.6
		水平方向	2.9	0.2	0.9
		傾方向	2.0	0.2	2.5
②ブロウ駆動側	6308	垂直方向	4.6	0.3	2.7
		水平方向	2.5	0.2	2.1
		傾方向	3.1	0.1	1.7
③モータ側	6207ZZ	垂直方向	6.6	0.5	5.2
		水平方向	2.7	0.3	1.4
		傾方向	2.3	0.4	2.1

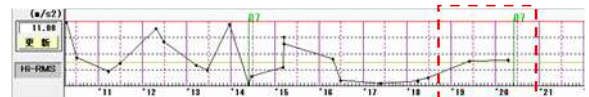


図7 ①ブロウ反駆動側 垂直方向 加速度Hi 傾向管理

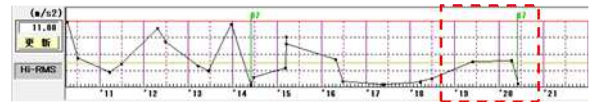
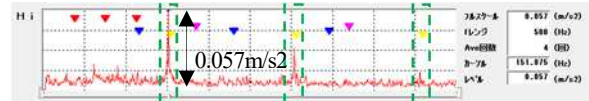
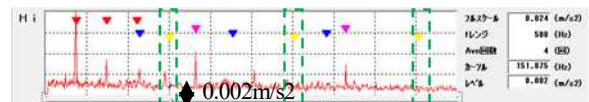


図8 ①ブロウ反駆動側 垂直方向 加速度Hi 傾向管理



(a) ブロウ補修前(2020年4月16日)



(b) ブロウ補修後(2020年6月5日)

図9 ①ブロウ反駆動側 垂直方向 加速度Hi FFT波形

振動診断による傾向管理について、簡易診断シート(No.1ブロウ)を表4に示す。簡易診断結果、①ブロウ反駆動側の垂直方向の加速度Hiが4.4m/s²で注意値となっている。図7に①ブロウ反駆動側の垂直方向の加速度Hiの傾向管理グラフを示す。2019年度から注意値となっている。

2.2.2 簡易診断

表2の損傷モードから軸受損傷の可能性が想定される。2019年度の振動診断により異常傾向と判断された為、2020年度の定修にて補修工事を実施した。図8に①ブロウ反駆動側の垂直方向の加速度Hiの傾向管理グラフを示す。定修後には大幅に改善している。

2.2.3 精密診断

表3の損傷モードから軸受損傷の場合は各損傷特徴周波数が振動加速度のスペクトルに顕著なピークが現れる。図9に①ブロウ反駆動側の垂直方向の加速度HiのFFT波形(a)

ブロワ補修前と(b)ブロワ補修後を示す。縦軸は振動加速度のスペクトル、横軸は周波数で最大500Hzまで表示している。図9中の▼は回転周波数の1倍と2倍と3倍、▼は外輪異常周波数の1倍と2倍と3倍、▼は転動体異常周波数の1倍と2倍と3倍、▼は内輪異常周波数の1倍と2倍を示す。この場合は(a)ブロワ補修前は軸受の▼転動体異常周波数151.875Hzの1倍と2倍と3倍に顕著なピークがあり、軸受の転動体異常の傾向にある。(b)ブロワ補修後は軸受の▼転動体異常周波数のピークが消えている。両者を比較すると加速度レベルが転動体異常周波数151.875Hzで 0.057m/s^2 から 0.002m/s^2 に低下している。

2.2.4 対策提案

今回の補修後は正常状態で運転している。このブロワは定修周期が6年毎となっており、前回2014年度の定修後からトータルの運転時間は50,000時間を超えている。定期的な振動診断による傾向管理が実践できており、定修周期も最適化されている。今後も継続して傾向管理を行い、異常傾向が見られる時には状況に応じた対応を行う。

3. おわりに

当社は某工場の定修工事を通して、回転機械の異常傾向を判断し補修工事を提案している。今後も定修工事前後の振動診断を継続的に実施することにより、回転機械の整備状態を把握し、お客様に対して定修周期の延長、補修工事及び設備更新の可否などの提案を行っていきたい。

また、遠隔での回転機械の日常の状態監視に、当社が開発したクラウド型電流情報量診断システム(TM-CLOUD)を活用していただけるように推進していく。

猪熊 康弘 (技術本部 診断サービス技術部)