

製鉄設備における回転機械の設備診断事例

1. はじめに

現在、わが国ではプラントの高経年化が進んでおり、故障によるライン停止を防ぎ、経済的なプラント操業を行うための設備の診断・管理がますます重要になっている。当社は以前からこのような流れを見越し、各事業所に対して回転機械の診断・整備に関する教育や測定機器の導入を行ってきた。現在、設備診断の重要性が高まっているとともにお客様からの依頼件数も増え、これらの施策が実を結びつつある。

本稿では、ある製鉄設備における設備診断チームの診断および整備業務事例を紹介する。

2. 業務内容

2.1 体制

設備診断チームは4名（内1名がリーダー）で構成し、本社技術部と連携を取りながら業務を行っている。

2.2 業務内容

業務内容は年間契約として①②を実施し、別途お客様からの依頼により③を対応する。

- ① 回転機械の定期振動測定と状態管理
- ② 修正が必要と判定された機器のバランス修正
- ③ お客様からの依頼による精密診断

2.2.1 定期振動測定と状態管理

定期振動測定と状態管理では、指定された回転機械の振動を定期的に測定し、簡易診断を行い、報告書にまとめ提出する。

報告書の内容は、絶対判定による状態判定結果（良好・要注意・危険）一覧および個別の簡易診断結果となっており、判定基準値はお客様の社内基準に基づいて設定している。異常（要注意・危険）と判定した機器については、簡易診断による推定原因および推奨対策を記載する。また、振動測定結果に基づいた傾向管理も併せて実施し、異常時にはお客様へ報告する。

お客様への報告は原則として報告書で行うが、緊急を要すると判断した場合は、報告書の作成を待たずに迅速にお客様へ連絡する。

本業務の作業量は月1回測定を行う対象機器が約290台、3か月周期で測定を行う対象機器が約30台で、最大約320台/月であった。

2.2.2 バランス修正

バランス修正には、その場で修正するフィールドバランシングと専用のバランシングマシンによるバランス修正の2つの方法がある。

(1) フィールドバランシング（以下 FB）

FBは修正対象機器があった場合に機器の設置現場で対応するもので、基本的に機器の検査・整備時間内（試運転を含む）の作業となるため、作業時間が指定され、夜間の対応も多い。

重要度が高く、定修のたびに修正対象となる機器については過去の修正実績を活用することで、一次修正時の作業精度の向上と作業時間の短縮につながっている。さらに一部の機器では、お客様と共同で溶接不要の修正ウェイトを製作し使用している。この修正ウェイトと過去の修正実績を組み合わせて活用することにより、高い確率で仮ウェイトの取り付け工程が省略でき、大幅な時間短縮を実現している。

通常の単発工事ではこのように過去の実績を活用することはできない。継続業務ゆえのメリットであるといえる。

作業量は時期により多少偏りはあるが、平均すると約5台/月であった。

(2) バランシングマシンによるバランス修正（以下 BMB）

BMBは、修正対象機器があった場合に工場内のバランシングマシンを備えた場所に対応する。バランシングマシンと呼ばれる専用機器を使用し、運搬してきたランナー（羽根車単独または軸付き）のバランス修正を行う。停止中の機器や予備機に対しての作業となるため、FBと比べると多少作業時間を長く取れるケースが多い。作業量は、約10台/月であった。

表1、表2にそれぞれのメリット・デメリットを記載する。

2.2.3 精密診断

精密診断は2013年度に以下の4件を実施した。精密診断を実施した経緯を以下に述べる。振動測定には、日鉄住金テックスエンジ(株)製のELES MARTを用いた。

事例1は、クレーンEPブロワーの高速運転時のMd・Hiモード値が高かったため、お客様から依頼を受け、精密診断を実施した。

図1に機器概略図、図2に測定点⑤（減速機従動軸モータ側軸受）軸方向の振動波形を示す。

事例2は、プレナムチャンバーブロワーにBMBを実施

し、試運転を行った際は問題なかったが、実運転開始後に振動過大となり、アンバランス以外に原因があると推測し、精密診断を実施した。診断の結果、基礎ボルトの損傷を発見し、長年にわたり高いレベルにあった振動を大幅に低減することができた。

図3に事例2, 3, 4の機器概略図を示す。図4に基礎ボルト破損時、図5に基礎ボルト補修後の測定点④（ランナー軸反駆動側軸受）水平方向の振動波形を示す。

事例3は、パーナーフアンにFBを実施したが、振動が下がらなかったため、アンバランス以外に原因があると推測し、精密診断を実施した。

図6に初回のFB後、図7に2回目のFB後の測定点④（ランナー軸反駆動側軸受）水平方向の振動波形を示す。

事例4は、熱ガスブロワーの振動値が高かったため、お客様から依頼を受け、精密診断を実施した。図8に測定点③（ランナー軸駆動側軸受）水平方向の振動波形を示す。

実施した4件の精密診断の結果、対策および最終確認結果を表3に示す。

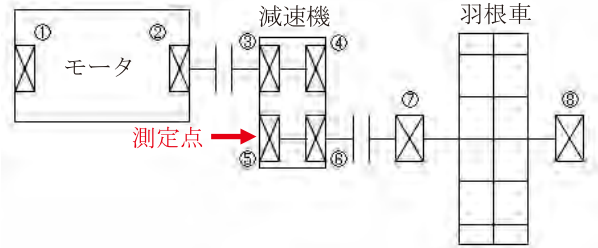


図1 事例1の機器概略図

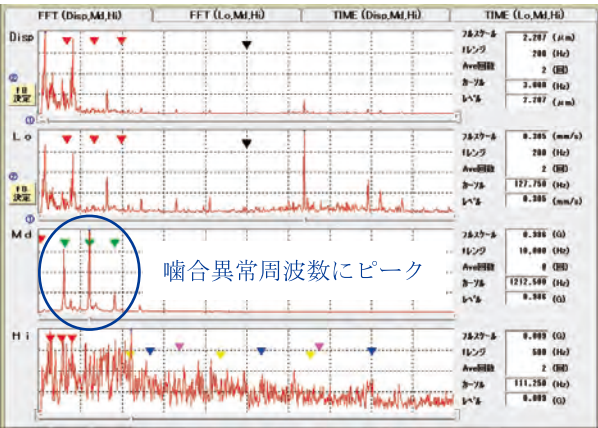


図2 事例1の減速機噛合異常(軽度)時⑤軸方向振動波形

表1 FBのメリット・デメリット	
メリット	- 実際の運転条件と同じであるため、修正後に問題が起こる可能性が低い。 - 振動測定を併せて実施することにより、アンバランス以外の異常も発見可能。
デメリット	- 機器が試運転可能な状態でなければならない。 - 機器の運転・停止にお客様の協力が必要。 (時間的制約が厳しくなりやすい) 作業環境が悪条件となる可能性がある。 (悪天候やケーシング内の作業体勢や明るさなどの悪環境) - 外乱(組み込み不良・軸曲り・基礎強度不足・流体異常など)も加わるため、修正が難しくなる。 ランナー単独のバランスが悪くなる可能性がある。 - お客様の負担が大きい。 (運転調整に加え、パルプ操作や試運転・札かけ・ガス検知時の立会が必要)

表2 BMBのメリット・デメリット	
メリット	- ランナー単独(または軸付き)のバランスを精度良く出すことができる。 - 作業環境が良好。
デメリット	- 組み込みや軸曲り等の要因により修正後(機器組み込み後)に問題が発生する可能性がある。 - ランナーを取り外し、修正用機器まで運ぶ必要がある。特に大型は対応困難。 - ランナーの取り外し・運送・組み込みに手間と時間がかかる。

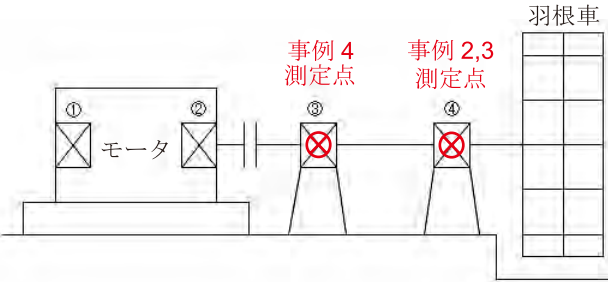


図3 事例2, 3, 4の機器概略図

表3 精密診断の結果・対策・最終確認結果			
	診断結果	お客様の対応	最終確認結果
事例1	軽度の歯車の噛み合い異常 (運転には支障なし)	メンテナンス時確認	出力軸のスラスト量過大であることを確認(運転には支障なし)
事例2	熱膨張による軽度のアンバランス + 基礎強度不足	基礎ボルトの損傷を発見 ⇒ ボルト補修	振動値が大幅に低下
事例3	基礎強度不足 ミスアライメント 金属的接触 流体異常	(未対応) 軸心にて 1mm のずれ ⇒ 修正 (未対応) ケーシングに数か所穴 ⇒ 溶接補修	再度 FB ⇒ 振動値低下
事例4	測定点③軸受異常	軸受交換	振動値低下

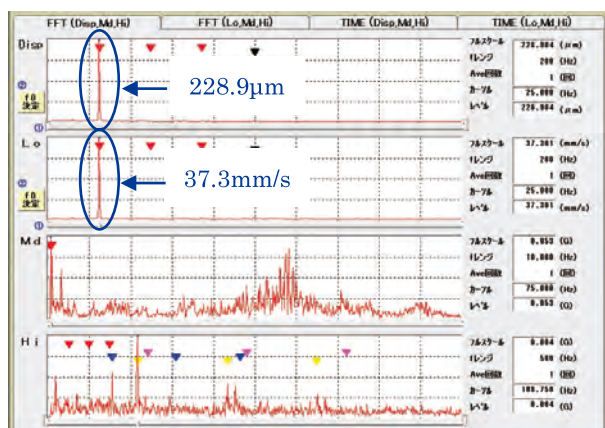


図4 事例2の基礎ボルト破損時④水平方向振動波形

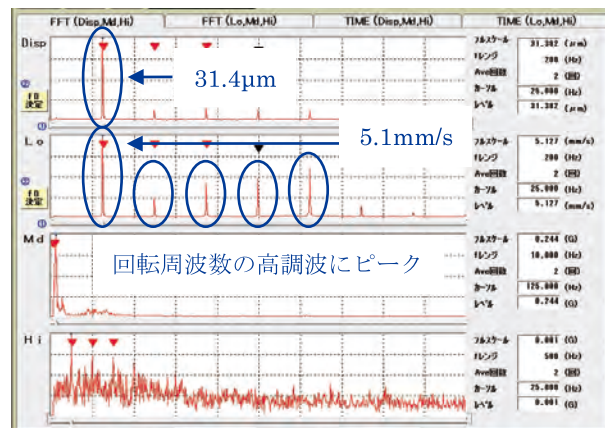


図6 事例3のバランス修正(初回)後④水平方向振動波形

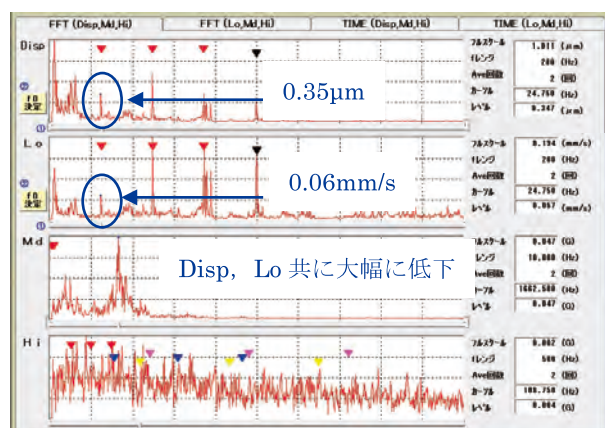


図5 事例2の基礎ボルト補修後④水平方向振動波形

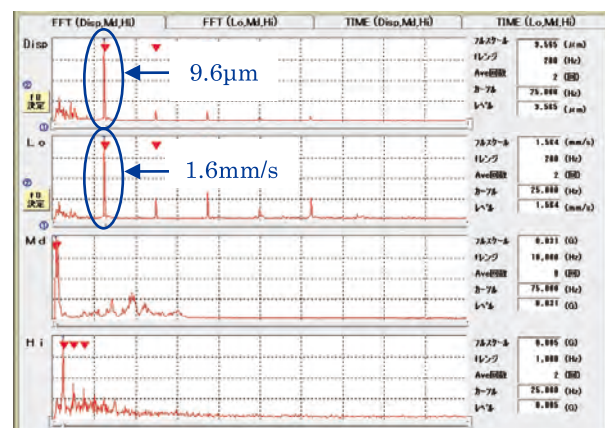


図7 事例3のバランス修正(2回目)後④水平方向振動波形

3. FB実施時のトラブル事例紹介

2013年度に対応した事例の中から、現場経験を通して特に印象に残ったトラブル事例を2件紹介する。

3.1 光電管の不具合

屋外作業時におけるトラブルである雨天・荒天時の光電管不具合の事例を紹介する。

作業当日は、雨が降っており、測定機器各部および接続部に十分な雨養生を施したうえで作業を開始した。1回目の振動測定の際には何の異常もなかったが、仮ウェイト取り付け後の振動測定の際に位相が表示されなくなった。機器を停止し原因を調べたところ、軸が濡れたことにより測定光が乱反射し正常な位相測定ができなくなっていた。

軸に対しても養生を施し、水滴を拭きとって動作確認したところ、問題なく動作したため、作業を再開し無事に業務を完了した。

この事例以外にも、雨天時には位相のばらつきが発生し、作業精度が低下することがたびたび起こっており、それらも同様の理由であろうと推測される。

そのため屋外作業時は可能な限り雨天・荒天を避けることが好ましい。もし雨天時に作業を行う場合は、測定機器

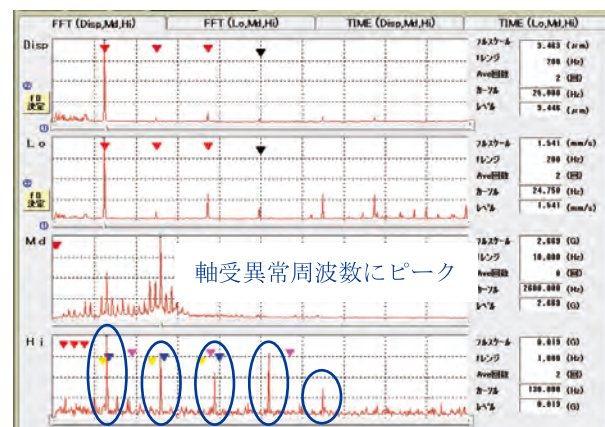


図8 事例4の軸受異常時③水平方向振動波形

や接合部はもちろんのこと、軸(位相測定部)も濡れないように注意を払う必要がある。

3.2 流体異常

FBにおける外乱の一つである流体異常によるトラブル事例を紹介する。

作業当日は風が強く、測定の際に振動の位相および大きさが変動していた。そのため精度の良いバランス修正の計算が行えず、振動値がなかなか下がらなかった。最終的には許容値以下まで下げることができたものの普段よりも

多くの時間を要した。

その時点では、測定値がばらつく理由を確定できずにいたが、後日状況を整理し分析したところ、流体異常による影響の可能性が出てきた。

流体異常とは、流体がスムーズに流れない状態を指し、キャビテーションやサージング、旋回失速なども流体異常の一形態である。今回の場合は、強風が吐出し側開口部から機器内部に吹き込み、管内流体の流動抵抗が増加した。その結果、流体の一部が吐出されずにケーシング内に滞留し、ランナーに外力として作用した。流体状況により外力の大きさおよび方向が変化するため、アンバランスとの合力作用で振動測定値の大きさと位相にも影響を与えていたと考えられる。

対策としては、配管系を改造し流体異常を抑えるのが理

想的であるが、現実的には現場での即時対応は難しい。そのため、流体異常の影響を考慮したうえで、測定値と影響係数の選定をしなければならない。その他の対策としては、インバータ制御やバルブ操作などにより機器の運転条件を変更させる方法がある。

4. おわりに

設備診断チームとして、お客様の工場内で継続して行っている業務であり、請負契約業務(定期振動測定と状態管理およびバランス修正)の対応は問題なく進めることができ、お客様とのやり取りもスムーズに進んでいる。

今後も要請が想定される精密診断に、的確に対応できるように本社専門部と連携を図り取り組んでいく。

中村 孝博（技術本部 技術部）