

トンネル換気設備（ジェットファン）状態監視ガイドライン
（案）

平成30年4月

国土交通省

総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室

目 次

1.	目的	1
2.	適用範囲	1
3.	傾向管理項目	4
4.	測定機器及び使用方法	7
5.	測定箇所の設定	10
6.	測定条件	12
7.	管理基準値の設定	13
8.	評価シート（案）	14

参考資料

参考資料 1	状態監視項目と測定方法	28
参考資料 2	振動測定の参考資料	29
参考資料 3	管理基準値の参考資料	33
参考資料 4	振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)	36

トンネル換気設備（ジェットファン）状態監視ガイドライン（案）

1. 目的

トンネル換気設備（ジェットファン）状態監視ガイドライン（案）（以下「ガイドライン」という）は、道路トンネル換気設備として設置されるトンネル換気設備（ジェットファン）（以下「ジェットファン設備」という。）の効率的・効果的な保全を行うための傾向管理について標準的な測定方法等を定め、適切な状態監視保全に資することを目的とする。

ジェットファン設備は、トンネルの利用者に対して通行の安全や快適な環境を確保するものであり、道路管理施設として信頼性を確保し、その機能を十分に発揮する必要がある。

そのためには、的確な点検・整備業務を経済的、効果的かつ安全に実施することが重要であり、「トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領（案）」（平成 28 年 3 月）や「道路関係設備（機械設備）点検・整備・更新マニュアル（案）」（平成 28 年 3 月）が策定され、点検・整備に適用されている。

また、信頼性と経済性を考慮した維持管理を推進するため、傾向管理を含む状態監視保全の導入が図られてきているが、傾向管理を行うためには、設備の状態を示す情報やデータを収集するための測定が重要である。

本手法はジェットファン設備（ジェットファン本体、支持装置（吊り金具類）、手元開閉器箱）の状態監視保全の一環として実施する傾向管理における測定方法等を明確化することにより、「トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領（案）」の内容を補完し、適切な状態監視保全の実現に資することを目的としている。

2. 適用範囲

本ガイドラインは、ジェットファン設備の傾向管理による機器等の状態判定に適用する。

(1) 状態監視保全と傾向管理

「状態監視」は「JIS Z 8115-2000 ディペンタビリティ（信頼性）用語」において以下のとおり定義されている。

- 状態監視：アイテムの使用及び使用中の動作状態の確認、劣化傾向の検出、故障及び欠点の確認、故障に至る経過の記録及び追跡などの目的で、ある時点での動作値及びその傾向を監視する行為。監視は、連続的、間接的又は定期的に点検・試験・計測・警報などの手段又は装置によって行う。

状態監視保全は、状態監視に基づく予防保全であり、傾向管理が含まれる。

本手法は、ジェットファン設備の傾向管理に適用する。

傾向管理は、機器等の動作値を測定し、測定データ等から初期値及び管理基準値（相対値評価基準値としての注意値、予防保全値）を設定し、傾向管理グラフ（トレンドグラフ）を作成して機器等の状態判定を行うものである。表 2.1 に点検結果による健全度の判定内容を示す。

表 2.1 点検結果による健全度の判定内容

健全度の評価	状態	健全度の評価指標
× (措置段階)	点検の結果、設備・装置・機器・部品の機能及び取付け状態に支障が生じており、緊急に措置（取替・更新・修繕）が必要な状態	・設備・装置・機器・部品の機能が低下あるいは停止もしくは運用不可能である場合
△H	点検、精密診断、総合診断等の結果、設備・装置・機器・部品の機能及び取付け状態に支障が生じていないが、数年以内に措置（取替・更新・修繕）を行うことが望ましい状態	・点検の結果、計測値が注意値を超過している場合 ・精密診断、総合診断により、数年以内に措置を行うことが望ましいと評価した場合
△L	点検の結果、設備・装置・機器・部品の機能及び取付け状態に支障が生じていないが状態の経過観察が必要な状態	・点検の結果、計測値が異常傾向を示しているが注意値以下の場合
○ (健全)	点検の結果、設備・機器・部品の機能及び取付け状態に支障が生じていない状態	・点検の結果、計測値が正常値である

(出典：道路関係設備（機械設備）点検・整備・更新マニュアル（案）（平成 28 年 3 月）)

(2) 傾向管理の実施フロー

傾向管理の実施フローを図 2.1 に示す。

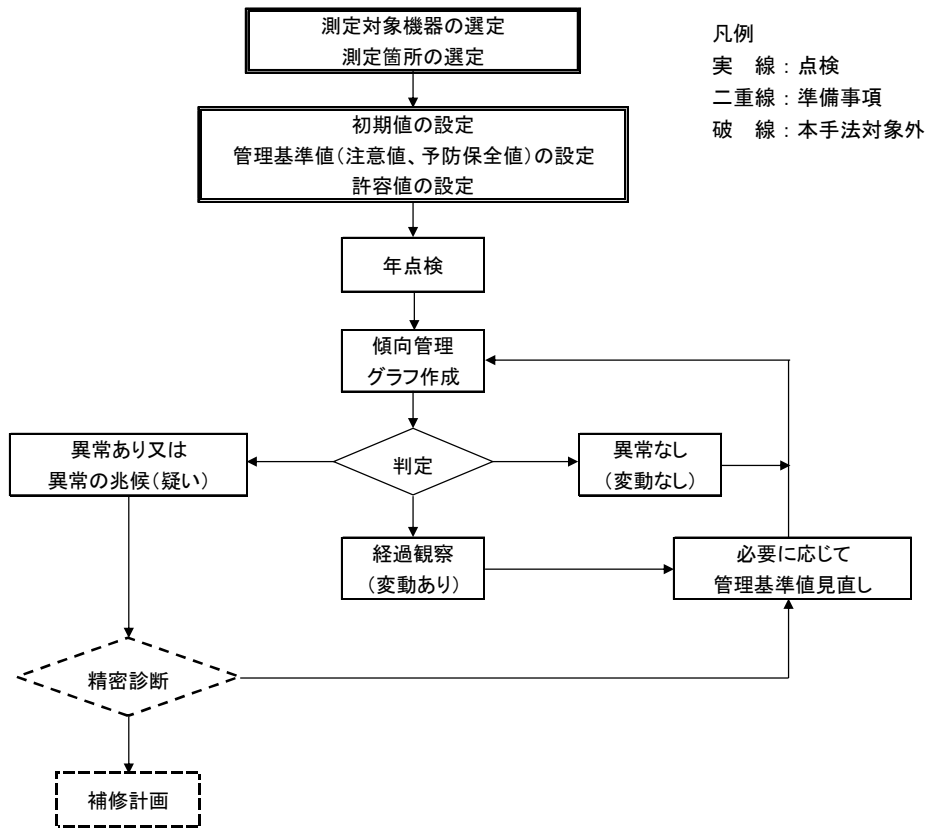


図 2.1 傾向管理の実施フロー

図 2.1 において、傾向管理による判定は精密診断と対比して簡易診断と呼ばれることもあり、年点検や月点検・管理運転点検における測定作業及び得られる情報に基づき設備の劣化状況や異常又は異常の兆候（疑い）を早期に発見する作業である。

精密診断は本手法の対象でないが、判定の結果、異常又は異常の兆候（疑い）ありとされた場合に機器の状態の詳細把握あるいは原因の特定等を目的に必要なに応じて実施する。

精密診断は通常点検とは別に測定データ解析や分解等の内容を定めて実施するもので、当該設備・機器等に関して十分な知識経験を有する専門技術者により行われる。

(3) 適用上の留意事項

状態監視における傾向管理では、同一箇所において同一手法により継続して測定を行うことによって設備の劣化の兆候を把握することが重要である。

したがって、従来の測定方法によるデータで既に劣化兆候が見られる場合には、本手法の測定方法と異なっても（振動変位と振動速度など）従来の測定方法も継続するなど、弾力的な運用を図る。

3. 傾向管理項目

傾向管理項目は、劣化傾向が測定値に現れるもので、かつ管理基準値としての相対値評価基準値を設定できるものとする。

傾向管理項目設定の参考として、機器等の保全方式の選択フローを図3.1に示す。

ジェットファン設備の傾向管理項目は、参考資料1を参照すること。

また、故障の起こり方（劣化モード）の分類分けを表3.1に示す。

ジェットファンの傾向管理項目を表3.2に示す。

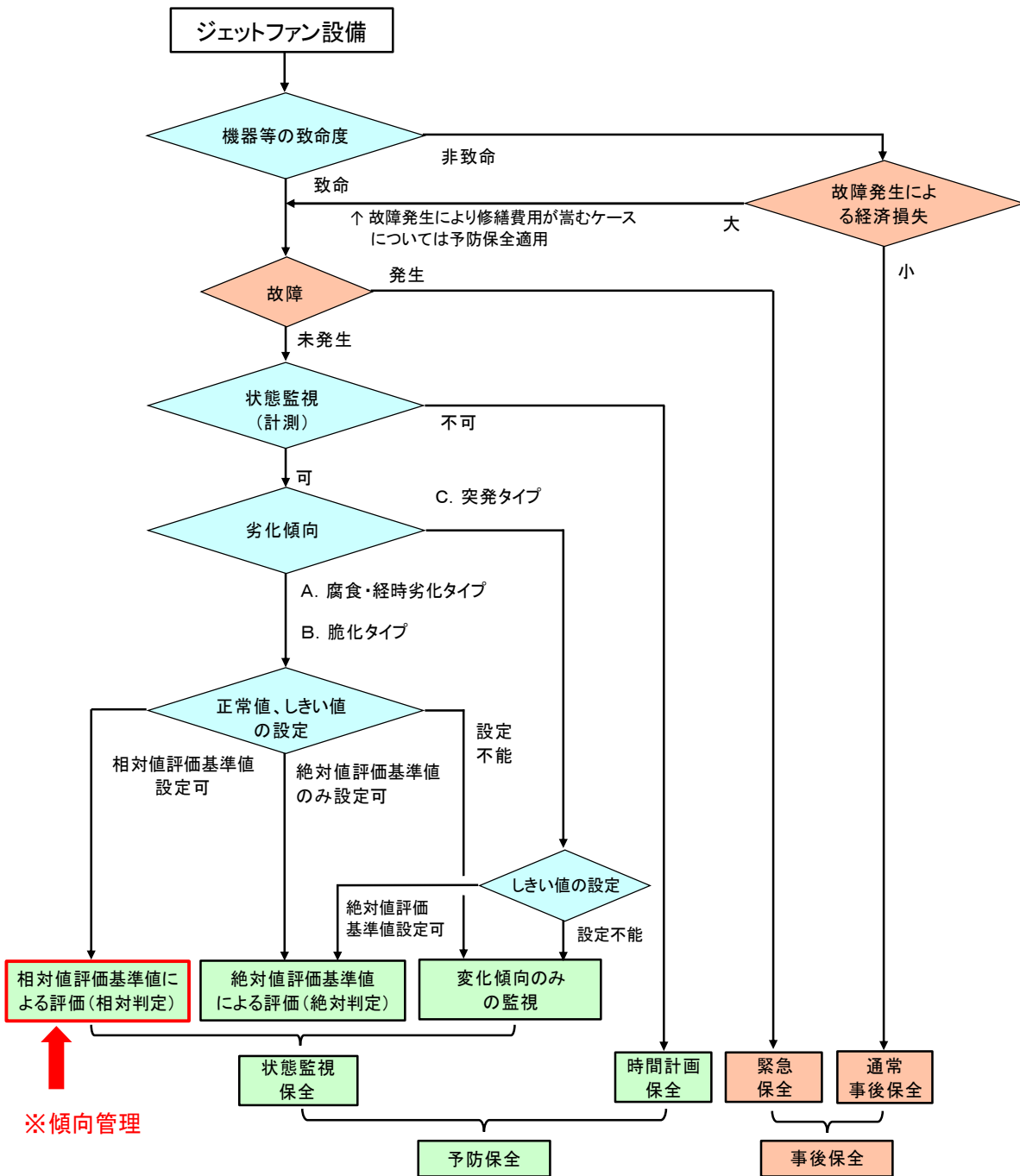
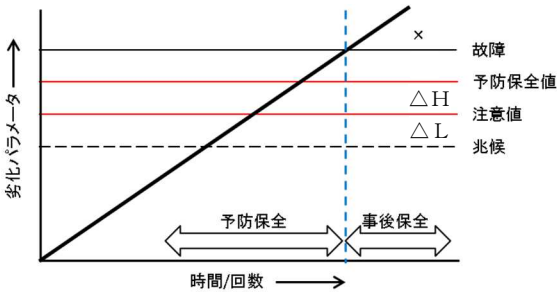
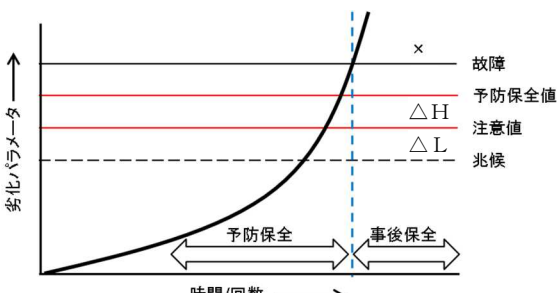
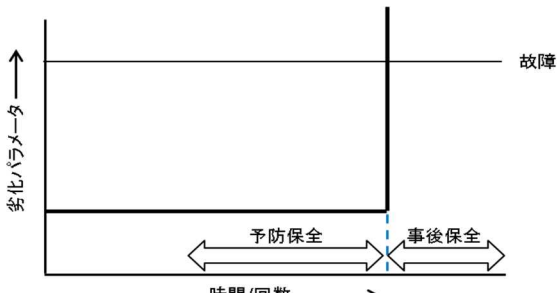


図 3.1 保全方式選択のフロー

表 3.1 故障の起こり方（劣化モード）と整備・更新内容

劣化モード	故障予知傾向管理	保全における取扱い
<p>A. 腐食・経時劣化タイプ</p>  <p>劣化の進行が、時間・使用頻度に比例する場合</p>	<p>○:可能</p>	<p>●状態監視保全 定期点検・運転時点検等により、劣化の兆候及び進行状況を把握することができる。よって基本的に状態監視保全を適用する。</p>
<p>B. 脆化タイプ</p>  <p>潜伏期間中は、徐々に劣化が進み、ある時点を過ぎると急激に進行する場合</p>	<p>○:可能</p>	<p>●状態監視保全 定期点検・運転時点検等により、劣化の兆候及び進行状況を把握することができる。よって基本的に状態監視保全を適用する。ただし、劣化の兆候が現れてからの進行が急激に進むことが考えられることから注意が必要である。</p>
<p>C. 突発タイプ</p>  <p>故障率が、時間／使用回数に対してほぼ一定の場合。故障が突発的に発生する。</p>	<p>×:不可</p>	<p>故障が突発的に発生することから、事前に不具合の兆候を発見・把握することができない。</p> <p>●時間計画保全 当該機器が致命的機器の場合は、経時保全（定期的な更新）を適用し、事前に交換・更新することにより故障の発生を未然に防ぐ。</p> <p>●通常事後保全 当該機器が非致命的機器の場合は、事後保全にて対応する。</p>

(出典：河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル（案）（平成 27 年 3 月）を準用)

表 3.2 ジェットファンの傾向管理項目

傾向管理項目	対象機器・部品	検知しようとする劣化 (故障)	出典
振動速度	ケーシング	・回転体のアンバランス	・トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領(案)
軸振動	羽根車	・回転体のアンバランス ・軸受の異常	・振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)
荷重	吊り金具 (ターンバックル)	・吊り金具の異常	・トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領(案)

4. 測定機器及び使用方法

測定機器は、年点検等の定期点検で一般的に用いられているものを標準とし、適切な方法で使用
する。

なお、軸振動測定用の振動センサ及び荷重測定用のロードセルセンサは常設センサであり、新設
時又は更新時に設置することが望ましい。

傾向管理項目の測定に使用する測定機器は、毎年度、同じメーカー及び型式とすることが望ましい。

本ガイドライン（案）はあくまで指標であり、点検方法等を定めるものではなく、既に傾向管理が行われて
いる計測方法があれば、継続して傾向管理を行うことが望ましい。

(1) ジェットファン設備の計測項目と測定機器

ジェットファン設備の計測項目は、試行例も含めて振動、荷重、電流、電圧、絶縁抵抗であり、ここで、
電流、電圧、絶縁抵抗等の電気測定は、ごく一般的に用いられている電気測定器や盤面に設けられた計器を
用いているので、電気測定以外に用いる一般的な測定機器及び測定精度を表 4.1 に示す。

表 4.1 ジェットファンの傾向管理項目の測定機器

傾向管理項目	測定機器	測定単位
振動速度	ポータブル振動計	mm/s（実効値）
	常設振動センサ	
荷重	ロードセル	kN

※実効値とは、二乗平均値の平方根（root mean square）を指す。

(2) ポータブル振動計

通常、点検時の振動測定はポータブル振動計が用いられる。

ポータブル振動計に使用されるセンサは、接触式の圧電式加速度センサが一般的である。

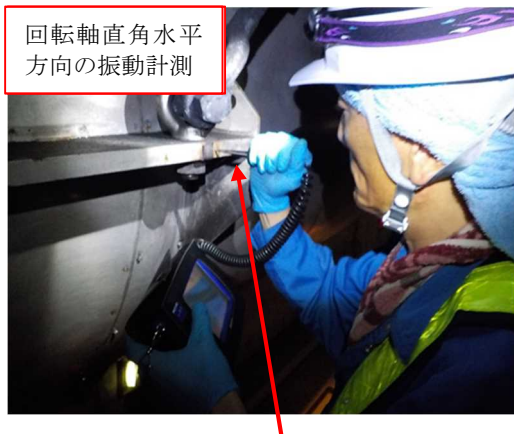


マグネット式振動センサ



ポータブル振動計

写真 4.1 振動測定状況（マグネット式振動センサ）



ニードル式振動センサ



ポータブル振動計

写真 4.2 振動測定状況（ニードル式振動センサ）

ポータブル振動計の主要要目の参考例を表 4.2 に、回転速度による測定区分を評 4.3 に示す。各センサの特徴等については、参考資料 2 の「振動測定の参考資料」を参照すること。

表 4.2 ポータブル振動計 主要要目例

項目	仕様	備考
使用センサ	圧電式振動加速度計	
センサ取付方法	マグネット式	ジェットファンの材質が非磁性金属である場合にはニードル式のアタッチメントを使用する

接触式のセンサを使用する場合は、測定者による押しつけ力による違い、測定時の車両通行による振動及びジェットファン運転時に発生する気流の影響等により測定誤差が発生する可能性があることから、マグネット式を使用することを標準とする。ただし、ジェットファンの材質が非磁性金属である場合にはニードル式のアタッチメントを使用する。なお、ニードル式のアタッチメントを使用する場合、測定面に対してできる限り垂直に当て、なおかつ押し付け力を一定に保つように心がけるものとする。一般的に押し付け力は 9.8 ～19.6N が適切である。

(3) 常設振動センサによる測定

ジェットファンの軸受付近に取り付けた振動センサからの信号を、手元開閉器箱により測定するものである。そのため、年点検以外の道路巡視時においても監視を行うことが望ましい。

振動センサは、新設時又はオーバーホール時に工場に取り付ける。

振動センサの取付け方法については、参考資料 4 「振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)」(平成 16 年 3 月 中国地方整備局) 抜粋を参照すること。



計測端子箱



写真 4.3 振動測定状況

(4) ロードセルによる測定

吊り金具に設置したロードセルにより荷重を測定し、ジェットファン吊り金具の異常を検知する技術である。

検知項目は、吊り金具のゆるみ、異常振動、車両衝突等が挙げられている。

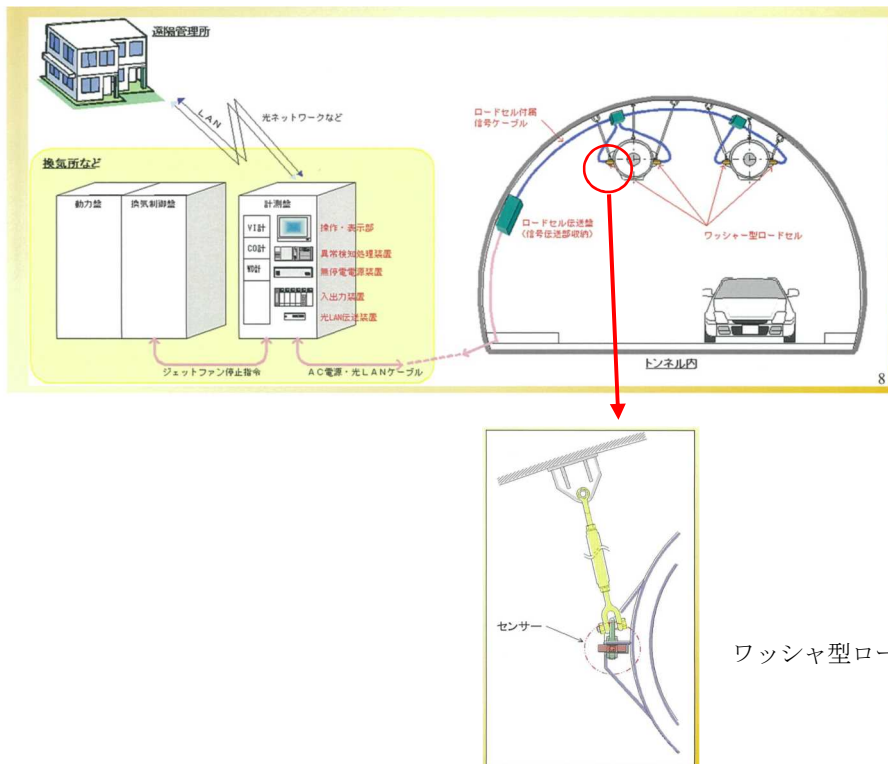


図 4.1 ロードセルを用いたジェットファンの異常検知

ロードセルによる荷重測定は、あらかじめ吊り金具4本に設置したロードセルセンサーによって行うので、すでにロードセルセンサーを設置しているジェットファン設備が対象となる。

5. 測定箇所の設定

測定箇所は、検知しようとする劣化状況が測定値に現れやすく、点検時に測定しやすい位置とする。

(1) 振動の測定箇所

① ポータブル振動計による測定箇所

ポータブル振動計による測定は、ケーシング外側での測定となるがケーシング自体は薄板が用いられているので、測定箇所によっては振動の吸収、増幅が影響するおそれがある。

振動測定マグネットセンサの取付位置は、回転体を支持する部品がケーシングに固定されている箇所など、振動発生源（羽根車軸受、電動機）から近く、振動が直接伝わる位置とする。なお、ジェットファンの材質が非磁性の場合には、ニードル式を使用する。

振動の測定箇所を写真 5.1 に示す。

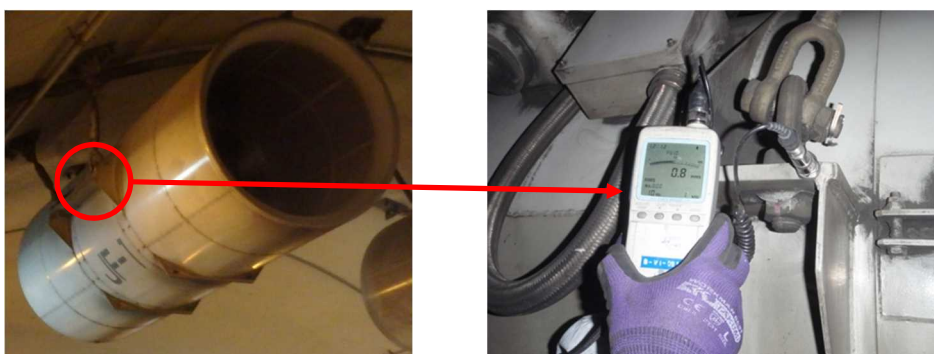


写真 5.1 振動の測定箇所

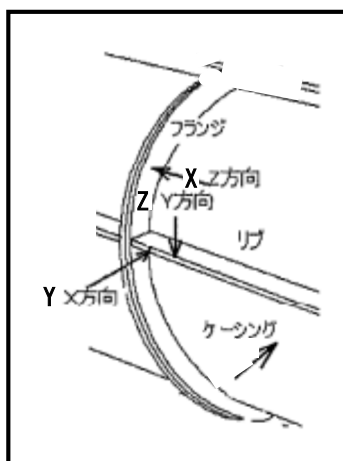


図 5.1 振動加速度センサによる測定箇所（ケーシング）

② 常設振動センサによる測定箇所

参考資料 4 「振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)」(平成 16 年 3 月 中国地方整備局)に示されている振動加速度センサの取付箇所を図 5.1 に示す。

振動加速度センサは、電動機軸受の 2 ヶ所、電動機軸受ハウジングの半径方向の振動を測定する。

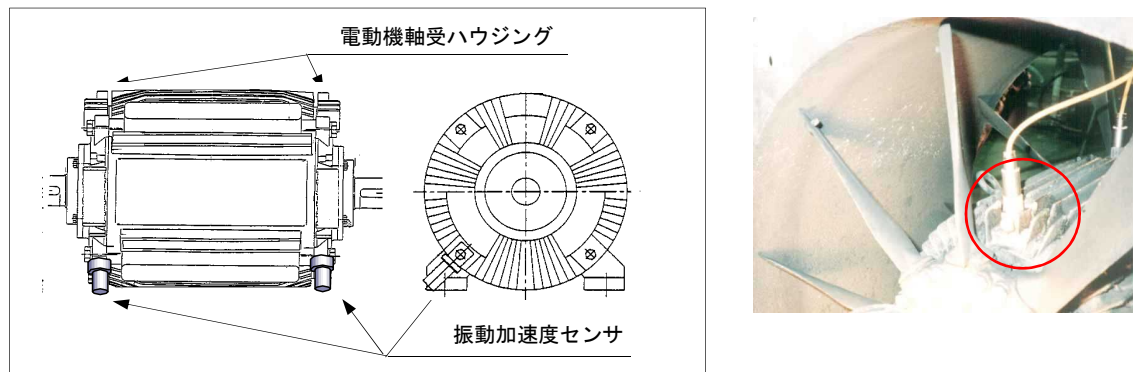


図 5.2 振動加速度センサによる測定箇所(電動機)

③ ロードセルによる測定箇所

測定用ロードセルの取付状況を写真 5.2 に示す。

ロードセルによる測定箇所はジェットファン本体吊り金具(ターンバックル)取付ボルトのワッシャ位置となっている。

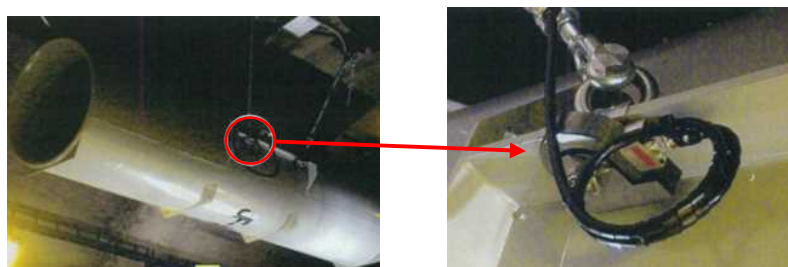


写真 5.2 ロードセルによる測定箇所

(2) 振動の測定方向

振動の測定方向は、X、Y、Z 方向があり、各方向の振動値に影響する要素を表 5.1 に示す。振動測定においては、この 3 方向について正転、逆転でそれぞれ測定を行い、傾向管理を行っていくことが重要である。

- 1) 測定値が、前回測定値の 0.5~2 倍の範囲にあるときは、その測定値を採用し、範囲外にあるときは、再測定する。
- 2) 再測定は 2 回までとし、最終値を測定値とする。ただし、最終値が明らかに特異な場合は、再測定する。

振動の方向	機器との位置関係	振動への主な影響要素	備考
X	回転軸と平行の水平方向	ミスアライメント	
Y	回転軸と直角の水平方向	アンバランス	
Z	鉛直方向	吊り金物のゆるみ	

表 5.1 振動の測定方向と影響要素

(3) 傾向管理項目以外の計測項目の測定箇所

傾向管理項目以外の計測項目についても、状態監視保全の実施のためには測定方法が重要であり、測定結果によっては傾向管理を併用する場合も考えられる。

ジェットファン設備の計測項目は、電動機の電流、電圧、電気系統の絶縁抵抗であり、操作制御盤、動力盤、手元開閉器箱で取付計器又は測定器により測定する。



写真 5.3 絶縁抵抗測定

6. 測定条件（運転条件・留意事項等）

傾向管理をより正確に行うため、測定時の運転条件（負荷等）、測定点、使用する測定機器等の条件が一定となるよう留意する。

(1) 測定データの収集

測定は定期点検時に行うことを基本とし、傾向管理のデータとして扱えるよう測定時の運転条件等を整理しておく。

(2) 測定時の運転条件

運転条件は、運転実態を考慮し、施設管理者が設定する。設定した内容は評価シートに記録する。

傾向管理を行うにあたっては、できる限り常に運転条件を統一することが望ましく、例えば振動測定では回転速度、負荷条件が安定した状態において測定する。

また、車両の通行止めを行うことができない場合には、振動測定時に大型車両が通行しないことを確認し、測定誤差が発生しないように留意する。

(3) 測定点と測定機器

① 測定点

ケーシングの測定点にはペイントマーカ―やマーカ―シール等を利用してマーキングを付けておき、常に同一箇所―で測定できるようにしておく。

②測定機器

振動測定では、同一設備においては毎年度使用するポ―タブル振動計のメ―カ―及び型式を統一することが望ましい。

測定機器は、点検・校正を行ったものを使用する。

7. 管理基準値の設定

傾向管理による機器等の状態判定のための管理基準値として、相対値管理基準値を設定する。

(1) 傾向管理における管理基準値の選択

管理基準値には絶対値評価基準値（機器別に過去のデータなどから決めた数値）と相対値管理基準値（測定データなどからの正常値をもとにして決めた数値）がある。

「トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領（案）」（平成 28 年 3 月）や「道路関係設備（機械設備）点検・整備・更新マニュアル（案）」（平成 28 年 3 月）では、管理基準値に関して記載がなされていないが、「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」（平成 27 年 3 月）では、傾向管理の管理基準値は相対値評価基準値としている。

(2) 相対値評価基準値の設定方法

「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」（平成 27 年 3 月）では、傾向管理の管理基準値は相対値評価基準値としており、その設定方法は、計測項目により以下のとおり使い分ける。

① 振動

管理基準値は、正常値の 2.5 倍を注意値、6.3 倍を予防保全値とする。（IS020816-1:2016 の考え方を準用）

② 荷重

測定値の正常値 a に対し標準偏差 σ を用いて、傾向管理の上限及び下限の基準値を次のように設定する。（統計的品質管理の考え方 JIS Z 9021:1998）

$$\text{注意値} = a \pm 2\sigma \quad \text{予防保全値} = a \pm 3\sigma$$

相対値評価基準値設定のための正常値は、測定データの蓄積状況により以下①又は②の値を採用するが、正常値及び正常範囲の設定は、測定対象機器の知見を有する専門技術者が実施する。

なお、専門技術者とはジェットファン設備の保全を行うにあたって、必要にして十分な知識及び実施能力を有する技術者をいう。

① 設置時の測定データ又は稼働初期段階における測定データの平均値

② 正常と思われるある一定期間の測定データの平均値

新規設置（又は更新）時又は最新整備時のデータがなく、振動測定を開始する時点の測定値が著しく大きくない場合は最初の測定値を仮の初期値とする。

なお、測定データの蓄積に従って当初設定した正常値が適切かどうかを確認し、必要な場合は見直しを行う。

(3) 絶対値評価基準値の併用

測定の結果、初期値の値が大きく、注意値や予防保全値が不適切に大きくなる場合は、新規製作時の試験成績書等により設置当初の状況を確認の上、予防保全値としてメーカーの基準値や従前の絶対値管理基準値による管理を併用する。

絶対値評価基準値の参考値は、参考資料3「管理基準値の参考資料」を参照する。

8. 傾向管理評価シート（案）

本ガイドライン（案）に基づき測定したデータを適切に利活用するため、次ページ以降に傾向管理評価シート（案）を定めた。傾向管理評価シート（案）は、測定条件や初期値設定、評価結果等を整理することで、同一の計測条件による測定を確実にを行い、初期値設定や評価結果の根拠を明確にすることを目的としている。

このため、本ガイドラインを適用する設備においては、必ず傾向管理評価シート（案）を作成することとする。また、評価結果の整理のため、必要に応じて一覧表を作成することとする。なお、参考として作成例を示す。

トンネル換気設備(ジェットファン)
傾向管理評価シート

施設名：〇〇トンネル

作成日： 2016年6月8日

整備履歴 (施設毎)	整備実施日	整備箇所	整備内容
	2014年10月1日	No.1ジェットファン	分解整備(電動機交換)

施設名: ○○トンネル
 装置名: ジェットファン

号機番号: No.1

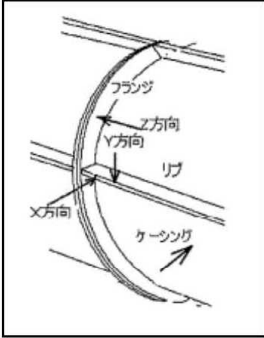

評価日: 2016年6月8日
 測定項目: 振動速度

評価シート					
部品名称(測定部位を記入)		ケーシング		健全度: ○	
基準値	正転	初期値(a)	X方向 新規設置時 正常値: 0.78 mm/s	Y方向 新規設置時 正常値: 0.82 mm/s	Z方向 新規設置時 正常値: 0.76 mm/s
		管理基準値	X方向	Y方向	Z方向
		注意値(2.5a)	1.95 mm/s	2.05 mm/s	1.90 mm/s
	予防保全値(6.3a)	4.91 mm/s	5.17 mm/s	4.79 mm/s	
	逆転	初期値(a)	X方向 新規設置時 正常値: 0.73 μm	Y方向 新規設置時 正常値: 0.77 mm/s	Z方向 新規設置時 正常値: 0.66 mm/s
		管理基準値	X方向	Y方向	Z方向
		注意値(2.5a)	1.83 mm/s	1.93 mm/s	1.65 mm/s
	予防保全値(6.3a)	4.60 mm/s	4.85 mm/s	4.16 mm/s	
	絶対値管理基準値				
	評価フロー				
	評価方法		<p>振動の評価法には、大きくわけて絶対値判定基準法と相対判定基準法があるが、相対判定を標準とする。</p> <p>1. 初期値設定 初期値(正常値)の設定方法は、以下によるものとする。 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値 ②正常と思われる一定期間の計測データの平均値</p> <p>なお、新規設置(又は更新)時又は最新整備時のデータがなく、振動測定を開始する時点の測定値が著しく大きくない場合は最初の測定値を仮の初期値とするか、現地試行結果による暫定値を用いる。</p> <p>※初期値の値が大きく、注意値や予防保全値が不適切に大きくなる(新設時の許容値やメーカーの基準値等を超える)場合は、予防保全値を許容値と設定する等、適切に設定する。</p> <p>・今回の初期値設定(初期値設定の根拠)</p> <p>初期値 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値</p> <p>2. 管理基準値設定 注意値を初期値の2.5倍、予防保全値を初期値の6.3倍と設定する。 機器が正常であれば、計測データは注意値以下に収まる。</p>		

施設名: ○○トンネル
 装置名: ジェットファン

号機番号: No.1

評価日: 2016年6月8日
 測定項目: 振動速度

測定箇所	 			
測定条件				
測定時間	測定日	2016年6月8日		
	測定時間	10時30分 ~ 11時00分		
	その他			
その他の留意事項	測定機器 マグネット式 ○○社製 △△-□□ 校正日H28.1.20			
正転測定結果	測定日	X方向	Y方向	Z方向
	2006年5月6日	0.90 mm/s	1.00 mm/s	1.00 mm/s
	2007年6月3日	1.20 mm/s	1.20 mm/s	1.50 mm/s
	2008年4月7日	1.30 mm/s	1.30 mm/s	1.90 mm/s
	2009年5月15日	1.50 mm/s	1.20 mm/s	2.30 mm/s
	2010年6月3日	1.60 mm/s	2.00 mm/s	3.50 mm/s
	2011年8月4日	1.20 mm/s	2.30 mm/s	5.50 mm/s
	2012年6月10日	1.50 mm/s	2.50 mm/s	7.00 mm/s
	2013年5月8日	1.80 mm/s	2.60 mm/s	8.00 mm/s
	2014年5月6日	1.20 mm/s	1.20 mm/s	1.30 mm/s
	2015年8月4日	1.40 mm/s	1.30 mm/s	1.60 mm/s
	2016年6月8日	1.30 mm/s	1.30 mm/s	1.30 mm/s
		mm/s	mm/s	mm/s
		mm/s	mm/s	mm/s
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	

施設名： ○○トンネル

評価日： 2016年6月8日

装置名： ジェットファン

号機番号： No.1

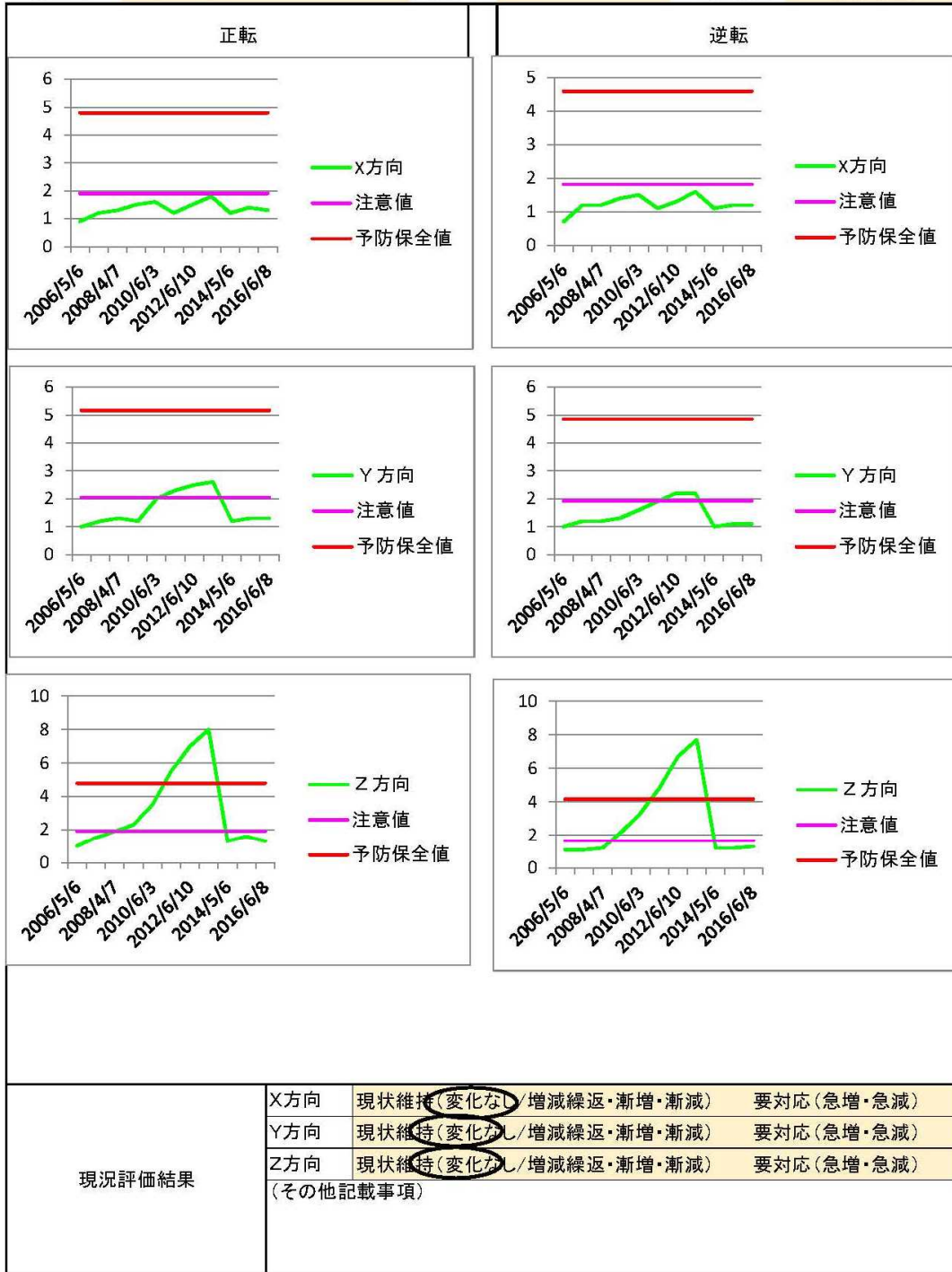
測定項目： 振動速度

逆転測定結果	測定日	X方向	Y方向	Z方向
	2006年5月6日	0.70 mm/s	1.00 mm/s	1.10 mm/s
	2007年6月3日	1.20 mm/s	1.20 mm/s	1.10 mm/s
	2008年4月7日	1.20 mm/s	1.20 mm/s	1.20 mm/s
	2009年5月15日	1.40 mm/s	1.30 mm/s	2.20 mm/s
	2010年6月3日	1.50 mm/s	1.60 mm/s	3.30 mm/s
	2011年8月4日	1.10 mm/s	1.90 mm/s	4.80 mm/s
	2012年6月10日	1.30 mm/s	2.20 mm/s	6.70 mm/s
	2013年5月8日	1.60 mm/s	2.20 mm/s	7.70 mm/s
	2014年5月6日	1.10 mm/s	1.00 mm/s	1.20 mm/s
	2015年8月4日	1.20 mm/s	1.10 mm/s	1.20 mm/s
	2016年6月8日	1.20 mm/s	1.10 mm/s	1.30 mm/s
		mm/s	mm/s	mm/s
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	
	mm/s	mm/s	mm/s	

施設名: ○○トンネル
 装置名: ジェットファン

号機番号: No.1

評価日: 2016年6月8日
 測定項目: 振動速度



施設名: ○○トンネル
 装置名: ジェットファン

号機番号: No.1

評価日: 2016年6月8日
 測定項目: 振動変位

評価シート				
部品名称(測定部位を記入)		ケーシング		健全度: ○
基準値	正転	初期値(a)	起点側	終点側
			新規設置時	新規設置時
			正常値: 12 μm	正常値: 14 μm
		管理基準値	起点側	終点側
		注意値(2.5a)	30.00 μm	35.00 μm
		予防保全値(6.3a)	75.60 μm	88.20 μm
	逆転	初期値(a)	新規設置時	新規設置時
			正常値: 14 μm	正常値: 15 μm
		管理基準値	X方向	Y方向
			注意値(2.5a)	35.00 μm
		予防保全値(6.3a)	88.20 μm	94.50 μm
		絶対値管理基準値		
評価フロー				
評価方法		<p>振動の評価法には、大きくわけて絶対値判定基準法と相対判定基準法があるが、相対判定を標準とする。</p> <p>1. 初期値設定 初期値(正常値)の設定方法は、以下によるものとする。 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値 ②正常と思われる一定期間の計測データの平均値</p> <p>なお、新規設置(又は更新)時又は最新整備時のデータがなく、振動測定を開始する時点の測定値が著しく大きくない場合は最初の測定値を仮の初期値とするか、現地試行結果による暫定値を用いる。</p> <p>※初期値の値が大きく、注意値や予防保全値が不適切に大きくなる(新設時の許容値やメーカーの基準値等を超える)場合は、予防保全値を許容値と設定する等、適切に設定する。</p> <p>・今回の初期値設定(初期値設定の根拠)</p> <p>初期値 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値</p> <p>2. 管理基準値設定 注意値を初期値の2.5倍、予防保全値を初期値の6.3倍と設定する。 機器が正常であれば、計測データは注意値以下に収まる。</p>		


施設名: ○○トンネル

評価日: 2016年6月8日

装置名: ジェットファン

号機番号: No.1

測定項目: 振動変位

測定箇所				
測定条件				
測定時間	測定日	2016年6月8日		
	測定時間	10時30分	~	11時00分
	その他			
その他の留意事項	測定機器 マグネット式 ○○社製 △△-□□ 校正日H28.1.20			
正転測定結果	測定日	起点側	終点側	
	2006年5月6日	13.00 μm	16.00 μm	
	2007年6月3日	14.00 μm	16.00 μm	
	2008年4月7日	14.00 μm	17.00 μm	
	2009年5月15日	17.00 μm	18.00 μm	
	2010年6月3日	22.00 μm	24.00 μm	
	2011年8月4日	30.00 μm	30.00 μm	
	2012年6月10日	35.00 μm	37.00 μm	
	2013年5月8日	38.00 μm	41.00 μm	
	2014年5月6日	12.00 μm	14.00 μm	
	2015年8月4日	12.00 μm	15.00 μm	
	2016年6月8日	13.00 μm	15.00 μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
	μm	μm		
	μm	μm		
	μm	μm		
	μm	μm		

施設名： ○○トンネル 評価日： 2016年6月8日
 装置名： ジェットファン 号機番号： No.1 測定項目： 振動変位

逆転測定結果	測定日	X方向	Y方向	
	2006年5月6日	15.00 μm	16.00 μm	
	2007年6月3日	16.00 μm	17.00 μm	
	2008年4月7日	16.00 μm	18.00 μm	
	2009年5月15日	16.00 μm	20.00 μm	
	2010年6月3日	20.00 μm	27.00 μm	
	2011年8月4日	26.00 μm	36.00 μm	
	2012年6月10日	33.00 μm	40.00 μm	
	2013年5月8日	45.00 μm	49.00 μm	
	2014年5月6日	15.00 μm	14.00 μm	
	2015年8月4日	15.00 μm	15.00 μm	
	2016年6月8日	15.00 μm	15.00 μm	
			μm	μm
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	
		μm	μm	

施設名: ○○トンネル
 装置名: ジェットファン

評価日: 2016年6月8日
 号機番号: No.1
 測定項目: 振動変位

正転		逆転	
現況評価結果	X方向	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	Y方向	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	Z方向	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	(その他記載事項)		

施設名: ○○トンネル

評価日: 2016年6月8日

装置名: ジェットファン

機器名: No.1

測定項目: 荷重

評価シート					
				健全度: ○	
吊り金具No	No.1吊り金具	No.2吊り金具	No.3吊り金具	No.4吊り金具	
基準値	初期値(a)	新規設置時 正常値: 10 kN	新規設置時 正常値: 10.1 kN	新規設置時 正常値: 10.1 kN	新規設置時 正常値: 10.5 kN
	管理基準値	標準偏差(σ) = 0.263	標準偏差(σ) = 0.235	標準偏差(σ) = 0.218	標準偏差(σ) = 0.271
	注意値(2σ)	9.474 ~ 10.53 kN	9.629 ~ 10.57 kN	9.664 ~ 10.54 kN	9.959 ~ 11.04 kN
	予防保全値(3σ)	9.211 ~ 10.79 kN	9.394 ~ 10.81 kN	9.447 ~ 10.75 kN	9.688 ~ 11.31 kN
	規格値	8 ~ 12 kN	8 ~ 12 kN	8 ~ 12 kN	8 ~ 12 kN
評価フロー					
評価方法	<p>1. 初期値設定 初期値(正常値)の設定方法は、以下によるものとする。 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値 ②正常と思われる一定期間の計測データの平均値</p> <p>なお、新規設置(又は更新)時又は最新整備時のデータがなく、振動測定を開始する時点の測定値が著しく大きくない場合は最初の測定値を仮の初期値とするか、現地試行結果による暫定値を用いる。</p> <p>※標準偏差の値が大きく、注意値や予防保全値が規格値を超過する場合には、規格値を許容値と設定する等、適切に設定する。 【標準偏差が大きい: 初期値 - 3σ < 8kN → 予防保全値 = 規格値】</p> <p>・今回の初期値設定(初期値設定の根拠)</p> <p>初期値 ①新規設置時または稼働初期段階における計測データの平均値</p> <p>2. 管理基準値設定 注意値を初期値の$\pm 2\sigma$、予防保全値を初期値の$\pm 3\sigma$と設定する。 機器が正常であれば、計測データは注意値以下に収まる。</p>				

施設名: ○○トンネル

評価日: 2016年6月8日

装置名: ジェットファン

機器名: No.1

測定項目: 荷重

測定箇所					
測定条件					
測定時間	測定日	2016年6月8日			
	測定時間	10時30分	~	11時00分	
	その他				
その他の留意事項					
測定結果	測定日	No.1吊り金具	No.2吊り金具	No.3吊り金具	No.4吊り金具
	2006年5月6日	10 kN	10 kN	10 kN	10.5 kN
	2007年6月3日	9.8 kN	10.1 kN	10.1 kN	10.6 kN
	2008年4月7日	9.9 kN	10.3 kN	10.2 kN	10.9 kN
	2009年5月15日	9.5 kN	10.2 kN	10.4 kN	10.8 kN
	2010年6月3日	9.8 kN	10.5 kN	10.5 kN	11 kN
	2011年8月4日	10.2 kN	10.6 kN	10.5 kN	11 kN
	2012年6月10日	10.3 kN	10.6 kN	10.5 kN	11.1 kN
	2013年5月8日	10.5 kN	10.8 kN	10.6 kN	11 kN
	2014年5月6日	10 kN	10.3 kN	10.1 kN	10.5 kN
	2015年8月4日	10.1 kN	10.5 kN	10.1 kN	10.3 kN
	2016年6月8日	10.2 kN	10.6 kN	10 kN	10.4 kN
		kN	kN	kN	kN
		kN	kN	kN	kN
		kN	kN	kN	kN
	kN	kN	kN	kN	
	kN	kN	kN	kN	
	kN	kN	kN	kN	

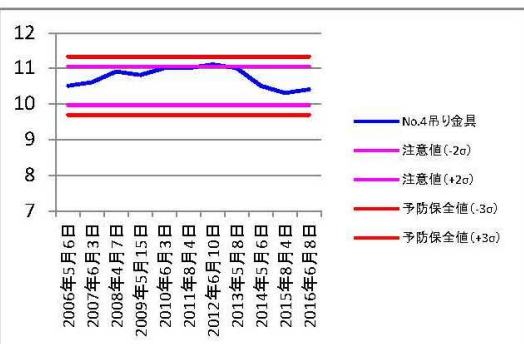
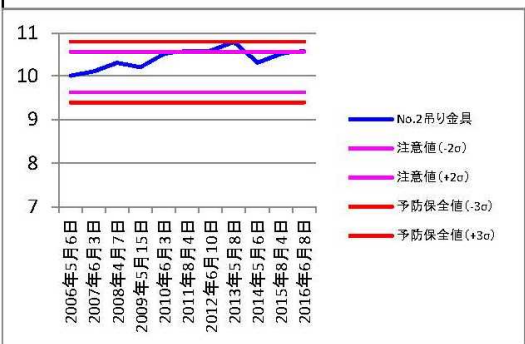
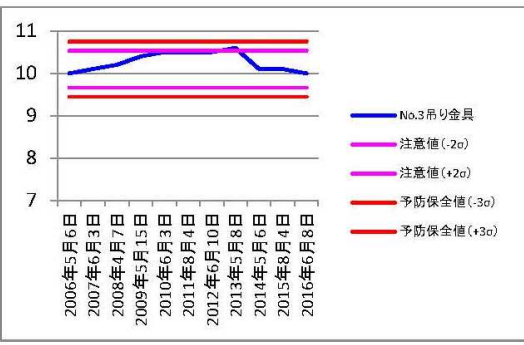
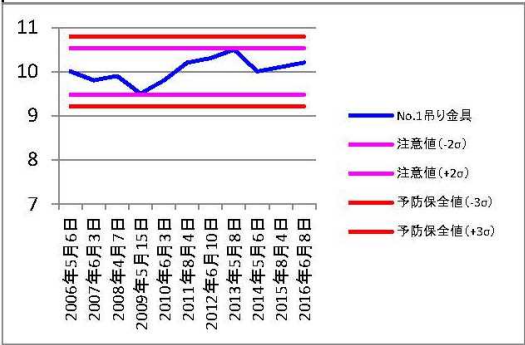
施設名: ○○トンネル

評価日: 2016年6月8日

装置名: ジェットファン

機器名: No.1

測定項目: 荷重



--	--	--

現況評価結果	No.1	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	No.2	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	No.3	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	No.4	現状維持(変化なし)/増減繰返・漸増・漸減	要対応(急増・急減)
	(その他記載事項)		

参考資料 1

状態監視項目と測定方法

この資料は、ジェットファン設備の点検・整備時の測定項目について、測定機器、測定箇所、測定条件の参考資料としてとりまとめたものである。

傾向管理項目は、標準的なものを記載したが点検結果により劣化の傾向が見られる場合等、点検対象設備の状況に応じて追加する。

軸振動、荷重測定については、センサが取り付けられていて測定可能な場合の傾向管理項目である。

なお、電流及び絶縁抵抗は「トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領（案）」（平成 28 年 3 月）において傾向管理項目とされているが、これらの項目は『3. 傾向管理項目』の表 3.1 に示す劣化モードが「C. 突発タイプ」の絶対値管理基準値のみが設定可能な項目であり、傾向管理項目に適さないと判断し、本状態監視ガイドラインでは対象外としている。

参考表 1.1 ジェットファン設備の測定項目と測定方法

□ : 傾向管理項目 □ : 傾向管理項目以外

事象	計測項目	対象機器・部品	検知しようとする劣化(故障)	測定方法		
				測定器	測定箇所	測定条件(運転条件等)
振動	振動	ケーシング	・回転体のアンバランス	振動計	・ケーシング外側の動力部からの振動が伝わりやすい箇所	・運転時 ・ケーシングに振動ピックアップを接触して振動速度を測定する。
	軸振動(振動速度又は振動加速度)	羽根車	・回転体のアンバランス ・軸受の異常	振動計	・羽根車(電動機)軸受	・軸受部に取り付けられた振動センサからの信号により振動速度を測定する。
	荷重	吊り金具(ターンバックル)	・吊り金具の異常	荷重検出器	・吊り金具	・運転時又は停止時 ・吊り金具取付け部の荷重検出器からの信号により荷重を測定する。
電流等	電流	電動機	・電動機の異常 ・過負荷	電流計	・操作盤の電流計	・運転時
	電圧			電圧計	・操作盤の電圧計	・電流の測定条件と同じ。
	絶縁抵抗	電動機操作盤	・電動機回路異常	絶縁抵抗計	・機器別の操作盤等の電源回路	・停止時(電源遮断(非充電)状態)
動作状況	騒音	羽根車	・回転体のアンバランス ・軸受の異常	騒音計	・ケーシング周辺	・運転時

参考資料 2

振動測定の参考資料

1. 振動の物理量と振動測定

(1) 振動の物理量

- ・ 振動を測定する場合の物理量としては、「加速度」「速度」「変位」がある。
- ・ 機械設備の診断を目的として測定する物理量は、加速度では m/s^2 、速度では mm/s 、変位では μm あるいは mm を使用するが多い。

(2) 振動数と測定する物理量

- ・ 振動とはこれらの物理量が時間とともに変化する事象であり、振動を示す単位は、一般的に1秒間の振動数を示す「Hz」が用いられる。一方、水門設備に用いられる電動機や油圧ポンプでは1分間の回転数を示す「rpm」（「 min^{-1} 」も同意）を用いており、これらには以下の関係がある。

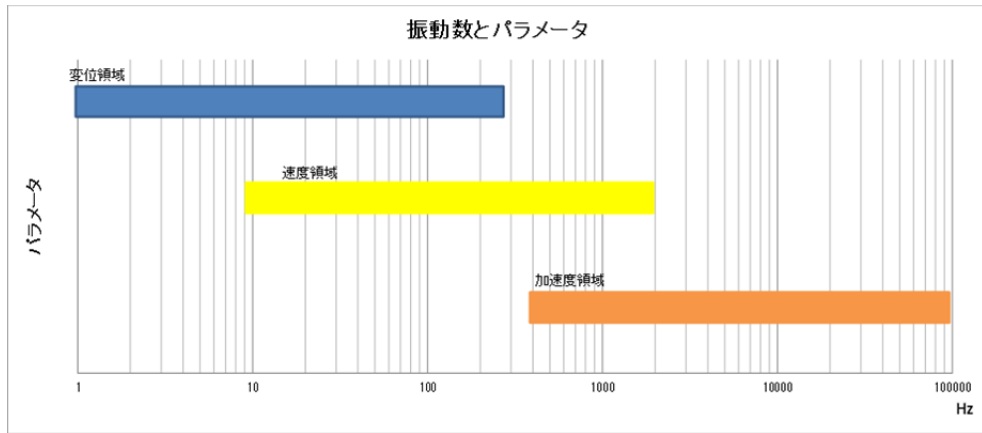
$$60rpm = 1 Hz \text{ (同期速度 } 1500rpm \text{ の電動機の振動数は } 25Hz \text{)}$$

- ・ 振動数範囲と測定に適する物理量には、概ね参考図 2.1 及び参考図 2.2 のような関係がある。

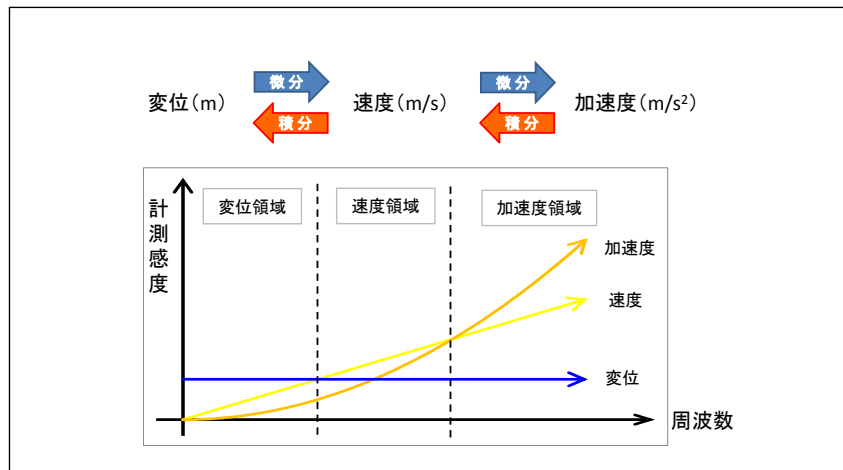
電動機や電動機に直結する減速機、油圧ポンプ等のように10Hz以上の機器では「速度」を測定することが望ましい。ISO 10816-1「機械振動 非回転部分の振動測定による機械振動の評価 一般的要求事項」における評価指標も「速度」で表されているように、一般的な産業機械では速度領域で稼働するものが多い。

(3) 振動計の選定

- ・ 設備の点検作業などでは、汎用性や作業性から加速度を測定するポータブル振動計を用いることが多い。
- ・ 加速度を測定するポータブル振動計では、加速度だけでなく速度や変位を選択して測定できるものがある。これは、内部で加速度を積分して算出しているためである。実際の加速度計では、参考図 2.1 の加速度領域を超えて10Hz以下まで測定範囲とする機種もあるが、感度は低下することに留意する必要がある。「2. 振動センサの概要」を参照する。



参考図 2.1 振動数と測定に適するパラメータ（物理量）



参考図 2.2 振動測定に用いる物理量と測定感度の関係

参考表 2.1 回転速度による測定区分

	回転速度	測定項目	
測定区分	60000min ⁻¹ 以上 (1000 Hz 以上)	加速度 (m/s ²)	測定は、「peak値」をとる
	600～60000 min ⁻¹ (10～1000Hz)	速度 (mm/s)	測定は、「実効値」をとる
	600 min ⁻¹ 以下 (10Hz 以下)	変位 (μm)	測定は、「p-p値」をとる

※ 「peak値」とは測定値の最大値を指す

「実効値」とは測定値の二乗平均値の平方根 (root mean square) を指す

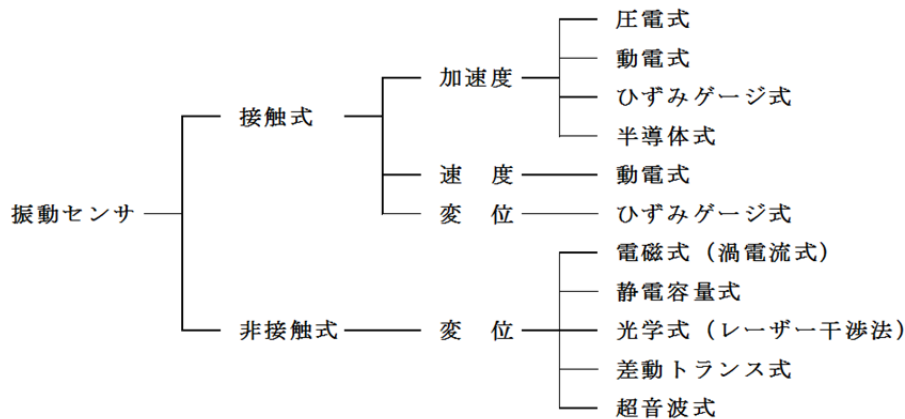
「p-p値」とは測定値の振幅 (正弦波の最大値と最小値との差) を指す

なお、ジェットファン設備の振動測定では、回転速度を鑑み、速度実効値を選択して計測することを原則とする。

2. 振動センサの概要

(1) 主な振動センサの種類

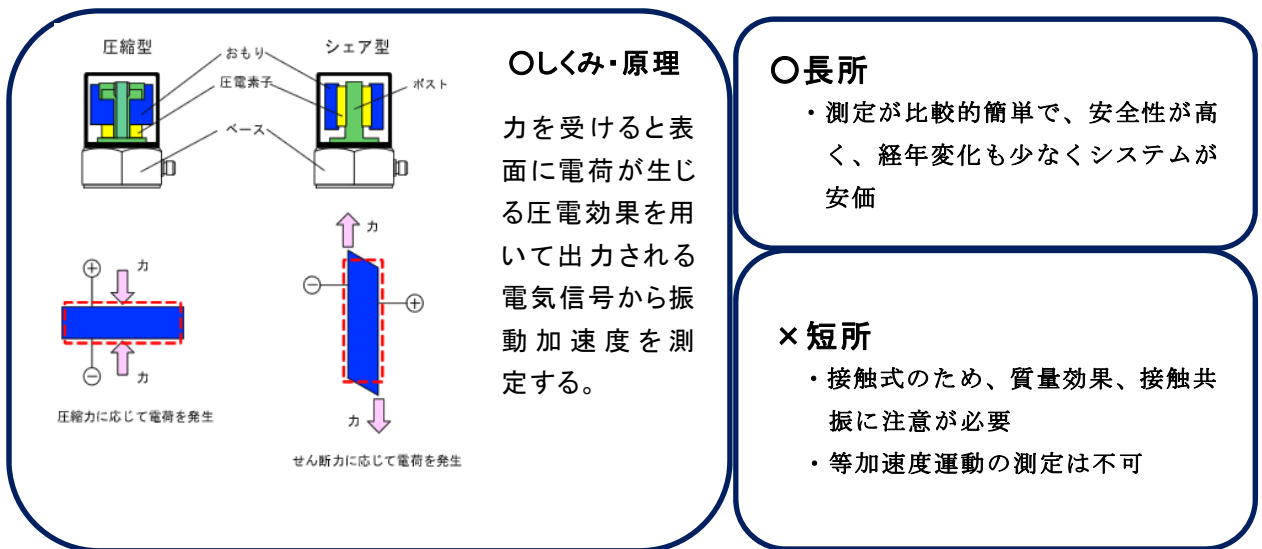
- 振動センサには、測定する物理量により変位センサ、速度センサ、加速度センサがあり、接触式と非接触式がある。また、接触式には磁石などを用いるポータブルタイプ（可搬式）とネジなどで固定する常設タイプがある。
- 振動センサは、振動事象を電気信号に変換するものであり、使用方法や電気信号に変換する機構によって参考図 2.3 に示すとおり分類できる。
- 大きくはセンサ部分を測定対象に直接取り付ける接触型と離して使用する非接触型があり、主に接触型は加速度・速度を測定するものが多く、非接触式は変位を測定するものが多い。
- 産業用機械の簡易診断（通常の点検）では、10Hz～10k Hz程度の周波数範囲を測定し、大雑把に振動の実効値やピーク値（「P-P」と示す）を測定して設備の状態を把握する。参考図 2.1 に示すとおりこの周波数範囲は速度領域であるが、現場では実用的なポータブル加速度計を用いて速度を測定しているのが実態である。



参考図 2.3 振動センサの種類

(2) 圧電式加速度センサ

- 一般的に点検で使用されているポータブル振動計の振動センサは圧電式加速度センサであり、そのしくみ及び原理を参考図 2.4 に示す。
- 機器の接触可能箇所であれば、容易に測定することができる。
- 主に軸受、歯車の異常検出に用いられ、ポータブルタイプの振動計ではそのためのチェック機能を備えたものがある。
- 加速度計で速度を出力するためには、測定した加速度波形から速度で測定すべき周波数帯を選択（フィルタにかける）し、測定器のなかで積分して速度に変換している。



参考図 2.4 圧電式加速度センサ

参考資料 3

管理基準値の参考資料

この資料はジェットファン設備の状態監視保全における測定値の評価のため、関係する要領や規格から参考値を抽出、整理したものである。

1. 機械工事施工管理基準

機械工事施工管理基準（案）（H22.4 国土交通省）の管理基準値（規格値）を測定データの管理基準値（絶対値評価基準値）の参考とする。

参考表 3.1 機器等の絶対値評価基準値

事象	計測項目	対象機器・部品	絶対値評価基準値	備考
振動	振動値	羽根車 電動機	JIS B 8330 の良以上	注参照
電流等	電流値	電動機	・定格値以下	
	電圧値	電動機 PLC 電源ユニット	・定格値の±10%以下	
	絶縁抵抗	電動機 油タンク付属品 操作盤ほか	・電動機 1MΩ以上	
	接地抵抗	操作盤	・A種設置工事適用の場合 10Ω	

注 1: JIS B 8330 の基準値を適用できるかメーカーに確認を要する。

注 2: JIS B 8330 の良と可の境界値は 6mm/s(優と良の境界値は 2.5mm/s)

全振幅 a (μm) と振動速度 v (mm/s) との関係は

$$v = a \pi n / (6 \times 10^4) \quad \text{ここに } n: \text{回転速度 } \text{min}^{-1}$$

$$(\text{例}) \quad v = 6 \text{ mm/s} \quad n = 1,200 \text{ min}^{-1} \quad \text{のとき} \quad a = 95.5 \mu\text{m}$$

2. ISO 10816 による判定基準（振動値）

ISO 10816「機械振動—非回転部の測定による機械振動の評価—」シリーズに、振動による判定基準（変位（振幅）及び速度）が示されている。この規格に相当する JIS B 0906-1998 があるが、ISO の改定に未対応のため、ここでは ISO 規格の内容を示す。

なお、出力が 15kW 超の電動機には ISO 10816-3 を、それ以外の電動機には ISO 10816-1 を適用する。

○ 規格名

ISO 20816-1:2016

「機械振動—非回転部の測定による機械振動の評価—第3部 一般的指針」

○ 適用機械（例）

ISO 10816 の特定の部が作成されておらず、かつそのために利用可能な過去の満足な経験がない機械（例：出力 15kW 未満の電動機等）

○ 判定基準値

機器の判定基準を表 3.2 に示す。ここに、各評価ゾーンは概略以下の区分である。

ゾーンA：新しく運転を開始した機械

ゾーンB：無制限の長時間運転が認められたものとみなされる

ゾーンC：長期間の連続運転に適さず、修復処置までの限定期間だけ運転できる

ゾーンD：機械の損傷の原因となりうる

参考表 3.2 ゾーン A/B、B/C 及び C/D 境界に対する典型的な値の範囲

	典型的なゾーン境界値の範囲			
	r.m.s振動速度 mm/s			
0.28	ゾーン境界A/B 0.71~4.5	ゾーン境界B/C 1.8~9.3	ゾーン境界C/D 4.5~14.7	0.28
0.45				0.45
0.71				0.71
1.12				1.12
1.8				1.8
2.8				2.8
4.5				4.5
7.1				7.1
9.3				9.3
11.2				11.2
14.7				14.7
18				18
28				28
45	45			
備考1 この表は、ISO10816の特定の部が作成されておらず、かつそのために利用可能な過去の満足な経験がない機械だけに適用する。				
備考2 合否基準は、機械の供給者と機械の購入者との間の合意に従うことが望ましい。				
備考3 選択された値は、測定位置及び支持柔軟性／回復力を考慮に入れることが望ましい。				
備考4 小さな機械（例えば、最大出力15kWの電動機）では、範囲の下限近くに位置する傾向があり、かつ大きな機械（例えば、測定方向の縮み支柱を備えた原動機）では、範囲の上限近くに位置する傾向がある。				

○ 規格名

ISO 10816-3:2009

「機械振動—非回転部の測定による機械振動の評価—第3部 現場測定で 15kW超の公称動力 120 r /min～15000 r /minの公称速度をもつ工業用機械」

○ 適用機械（例）

回転圧縮機、動力が3MW以下の工業用ガスタービン、発電機、全てのタイプの電動機、ブロワ又はファン

除外：以下の設備機器は対象外である。

- ・水力発電所及びポンプ場における機械装置 (ISO 10816-5)
- ・往復動機械に接続された機械 (ISO 10816-6)
- ・電動機と一体化されたターボポンプ (ISO 10816-7)
- ・水中電動ポンプ

○ 判定基準値

機器の大きさ別 (グループ 1、グループ 2) の判定基準を参考表 3.3 及び参考表 3.4 に示す。ここに、各評価ゾーンは概略以下の区分である。

ゾーン A：新しく運転を開始した機械

ゾーン B：無制限の長時間運転が認められたものとみなされる

ゾーン C：長期間の連続運転に適さず、修復処置までの限定期間だけ運転できる

ゾーン D：機械の損傷の原因となりうる

参考表 3.3 グループ 1 の機械に対する振動の厳しさの分類 (ISO 10816-3)

グループ 1：定格動力が 300kW 超、50MW 以下の大形機械；軸の高さが $H=315\text{mm}$ の電気機械

支持体のクラス	ゾーン境界	r. m. s. 変位 μm	r. m. s. 速度 mm/s
剛性	A/B	29	2.3
	B/C	57	4.5
	C/D	90	7.1
弾性	A/B	45	3.53
	B/C	90	7.1
	C/D	140	11.0

参考表 3.4 グループ 2 の機械に対する振動の厳しさの分類 (ISO 10816-3)

グループ 2：定格動力が 15kW 超、300kW 以下の中形機械；軸の高さが $160\text{mm} \leq H < 315\text{mm}$ の電気機械

支持体のクラス	ゾーン境界	r. m. s. 変位 μm	r. m. s. 速度 mm/s
剛性	A/B	22	1.4
	B/C	45	2.8
	C/D	71	4.5
弾性	A/B	37	2.3
	B/C	71	4.5
	C/D	113	7.1

参考資料 4

振動法によるジェットファン管理マニュアル（案）

参考資料 4 は、平成 15 年度に中国地方整備局管内で設立された「ジェットファン管理マニュアル（案）検討委員会」において検討された成果をとりまとめた、「振動法によるジェットファン管理マニュアル（案）」（以下「本マニュアル（案）」という）である。本マニュアル（案）を次項より示す。

なお、本マニュアル（案）は、本ガイドライン 4. 測定機器及び使用方法において、ジェットファンの新設又は更新時に常設センサ（軸振動部測定用振動センサ）をとりつける場合の参考資料とする。

参考に本ガイドラインと本マニュアル（案）における相違点について表 4.1 に示す。

表 4.1 状態監視ガイドラインと参考資料 4 の相違点

番号	項目	状態監視ガイドライン	参考資料 4	備考
1	翼や電動機本体の振動測定単位	振動速度の実効値	振動速度の平均値	
2	軸受内部の異常検知	常の点検作業において軸受内部の異常検知を行うことは合理的でないため、測定しない	振動加速度の高周波帯域加速度処理値（平均値）検知による軸受異常について判定	

振動法による ジェットファン管理マニュアル(案)



国土交通省 中国地方整備局

振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)

初版 平成16年3月

はじめに

ジェットファンは、トンネル延長が長く、また交通量が多いトンネルに視野の確保、CO値の上昇防止、火災発生時の排煙等を目的として設置されています。

ジェットファンは、トンネル上部壁面に吊下げられているため、歩道部からの目視点検では十分な情報が得られず、設備の信頼性を確保するために、従来、一定の運転時間に基づいて補修や更新の時期を決定していますが、こうしたことは維持管理コストの面で課題を残しています。また、ジェットファンの故障時期は、運転環境の違い、外的要因等によって左右され、このような要因が引き起こす偶発故障の防止策はあり得ず、設備の信頼性の面からも課題を残していると言えます。

こうした課題の解決策として、回転機械の定量管理手法の1つである「振動法」をジェットファンに適用することにより、適切な時期における補修・更新計画の策定、或いは偶発故障の未然防止等の効果が得られ、高度な信頼性の確保と維持管理コストの縮減が可能になります。

回転機械の振動測定は、つりあいや据付の良否判断などに古くから利用されている方法ですが、測定器や振動評価指標の種類は多岐にわたっており、これらの中からジェットファンの振動管理に最適な測定器を選定し、適正な測定及び管理を行うことは必ずしも容易なことではありません。

こうした背景を踏まえて、中国地方整備局においては、平成12年度から「トンネル換気設備信頼性向上に関する調査」を行い、振動法によるジェットファンの診断技術の有効性を検証・確認し、平成15年度に「ジェットファン管理マニュアル(案)検討委員会」を設立しました。

本委員会においては、振動法によるジェットファンの円滑かつ適正な管理を図るための課題等を検討し、この度、その成果を「振動法によるジェットファン管理マニュアル(案)」としてとりまとめました。

本マニュアル(案)が、ジェットファンにおいて、高度な信頼性の確保と維持管理コスト縮減の一助となることを期待するとともに、本マニュアル(案)を利用していただいた皆様のご意見を参考にさせていただきまして、逐次改訂を図っていきたいと考えております。

平成16年3月

ジェットファン管理マニュアル(案)検討委員会
委員長(広島大学 大学院工学研究科 教授)

中川 紀壽

ジェットファン管理マニュアル（案）検討委員会

委員長	広島大学 大学院工学研究科	教授	中川 紀壽
委員	中電技術コンサルタント(株) 調査本部 管理技術部	部長	藤岡 康博
	松下エコシステムズ(株) 環境システム事業部 技術チーム	課長	山口 英告
	川崎重工業(株)神戸工場 空力機械部 プラント設計グループ	主事	藤本 博司
	(株)大和エンジニアリング 技術部 電気課	課長	後東 輝伸
	中国地方整備局道路部道路管理課	課長	飛田 敏行
	中国地方整備局道路部機械課	課長	小笠原 保
	中国地方整備局中国技術事務所	所長	長棟 良紀

目 次

本 編

第1章 総 則	
1-1. 目 的	1
1-2. 適用範囲	2
1-3. 振動法	3
第2章 設 計	
2-1. 機器の構成	7
2-2. 機器の仕様	8
2-3. 配線・機器取付	9
第3章 点 検	
3-1. 点検周期	14
3-2. 測定機器	14
3-3. 測定要領	15
3-4. 設備劣化評価基準	16
3-5. 基準値の設定	17
第4章 管 理	
4-1. 点検管理表	19
4-2. 測定記録表	19
4-3. 測定値管理表	19
第5章 補修計画	
5-1. 補修時期	20
5-2. 補修内容	20
第6章 フィールドバリランシング	
6-1. フィールドバリランシングの概要	21
6-2. 機器の構成	24
6-3. 機器の仕様	25
6-4. 配線・機器取付	26
6-5. 作業口の設計	29
6-6. フィールドバリランシング要領	31

資 料 編

資料 - 1: 参考資料	35
資料 - 2: 特記仕様の機器仕様記載例	51
資料 - 3: 用語解説	54
資料 - 4: 測定機器型式例	57

第1章 総則

1-1. 目的

本マニュアル(案)は、振動法をジェットファンに適用することにより、円滑かつ適正な管理を行い、信頼性向上と維持管理コストの縮減を図ることを目的とする。

ジェットファンの故障は、図1-1に示すように摩耗劣化型と偶発型がある。これら2つの故障形態に対する維持管理方法の現状は表1-1のとおりで、摩耗劣化型は寿命のばらつきに応じた管理方法がなく定期的に補修しており、補修時期は3～6年又は15,000～30,000時間に1回^[1]としている。また、偶発型故障の予知は現在の点検方法では不可能である。

摩耗劣化型の補修時期は、軸受の故障率が低い運転時間の範囲を設計寿命^[2]として推定しているものであるが、安全係数(寿命補正係数)を見込んでいる^[3]ことから、平均故障寿命の1/3程度で補修している。そのため、振動法をジェットファンに適用し、個々の劣化状態に応じた補修をすることにより、高度な信頼性の確保と維持管理コストの縮減を図るものである。

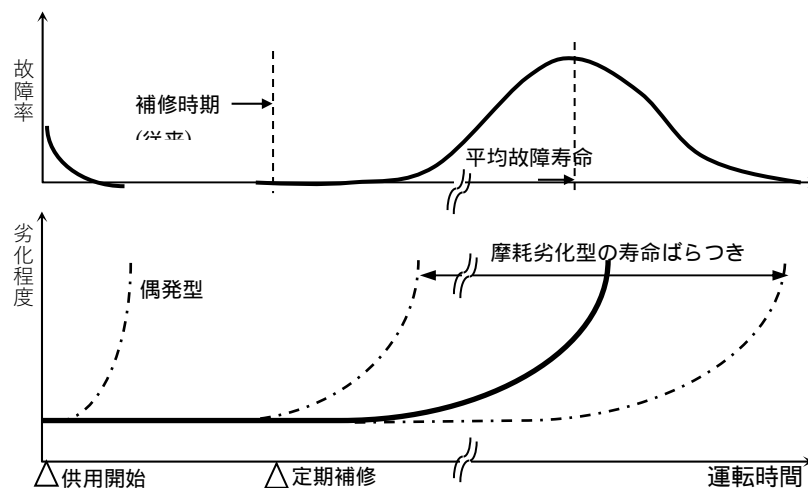


図1-1. ジェットファンの故障形態

表1-1. 現状の維持管理の方法

故障形態	補修要否の判断方法	問題点
摩耗劣化型	3～6年又は運転時間 15,000～30,000時間	軸受平均寿命の1/3程度で補修
偶発型	歩道からの目視と聴覚点検	回転機械主要部の目視は不可 異音発見時は運転不可の場合もある

参考文献 [1] 「トンネル換気設備・非常用施設点検整備標準要領(案)；建設省建設経済局建設機械課
[2] 「Ball and Roller Bearings」；NTN Co. Ltd
[3] 「信頼性・保全性の考え方と進め方」；塩見 弘 著（技術評論社、1979年）

1-2. 適用範囲

本マニュアル(案)は、トンネル上部壁面に吊下げられているジェットファン及びブースターファンの点検に適用する。

点検の対象部位は、図1-2に示す太線で囲まれた範囲とする。

外筒、ターンバックル、吊金具等の点検については、トンネル換気設備・非常用施設点検整備標準要領(案)によるものとする。

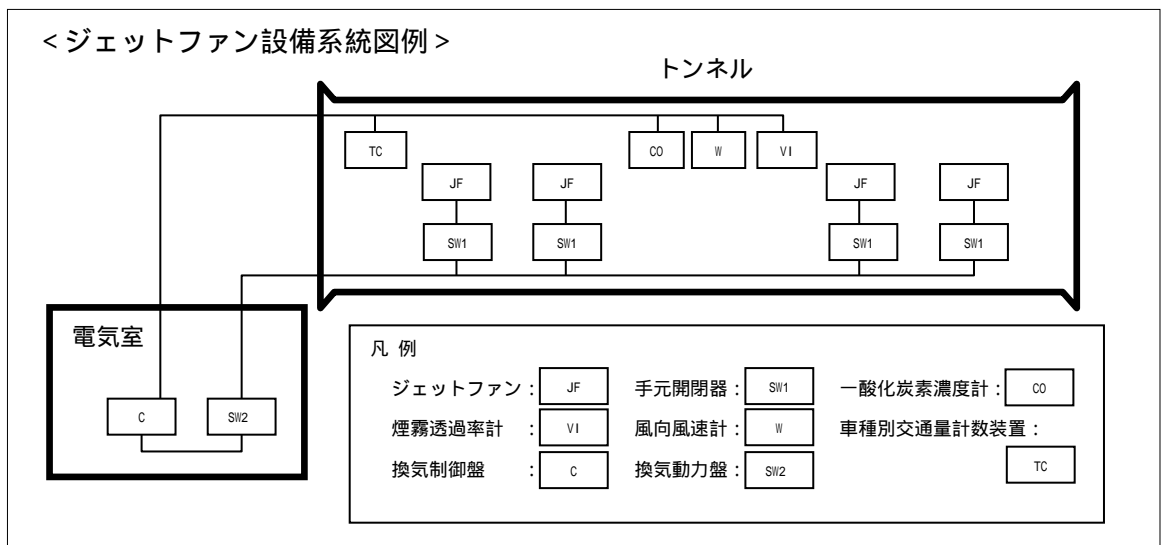
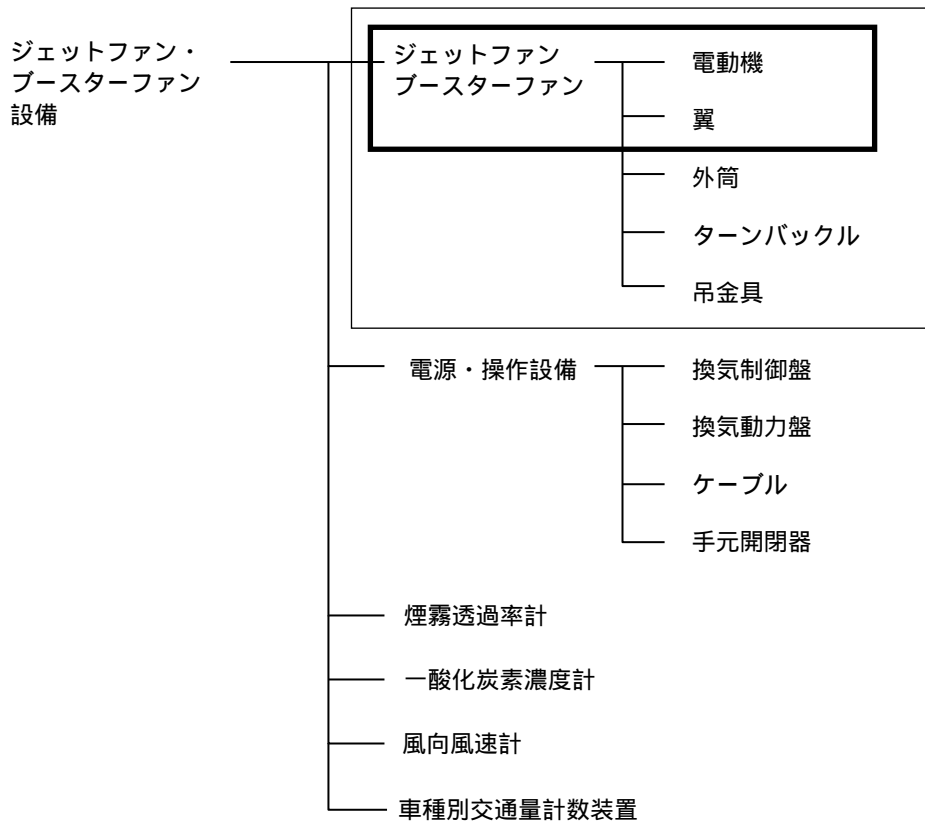


図1-2. ジェットファン・ブースターファン設備の構成

1-3. 振動法

ジェットファンにおける振動法とは、異常の種類に応じた軸受部の振動値^{注)}を管理することにより、回転部の劣化程度と寿命を推測することをいう。

異常の種類とは、軸受・翼等の部品単位の不具合である。

回転機械の振動は、機械の構造や回転数、組込み状態の僅かな違いによって異なる。そのため、振動法によるジェットファンの良否判定は、個別に基準値(3-5項参照)を設定する必要がある。

振動値が、設定したある基準値に到達する時期を推測することにより、補修計画の立案が可能となる。

注) 振動値(測定値)：ここでは、振動速度(平均値)、振動加速度(平均値)、高周波帯域加速度処理値(平均値及びピーク値)のことである。

1-3-1. 異常検出部位

振動法では、図1-3に示すように翼、電動機本体、軸受の異常の検出が可能である。

振動法で検出可能な異常項目を表1-2に、該当する部品図の例を図1-4に示す。

また、軸受転送面の局所傷の例を図1-5に示す。局所傷が発生し、運転を継続した場合、翼の破損や電動機回転子の溶損などの故障の拡大に繋がり、破損部品が車道へ落下する危険性がある。

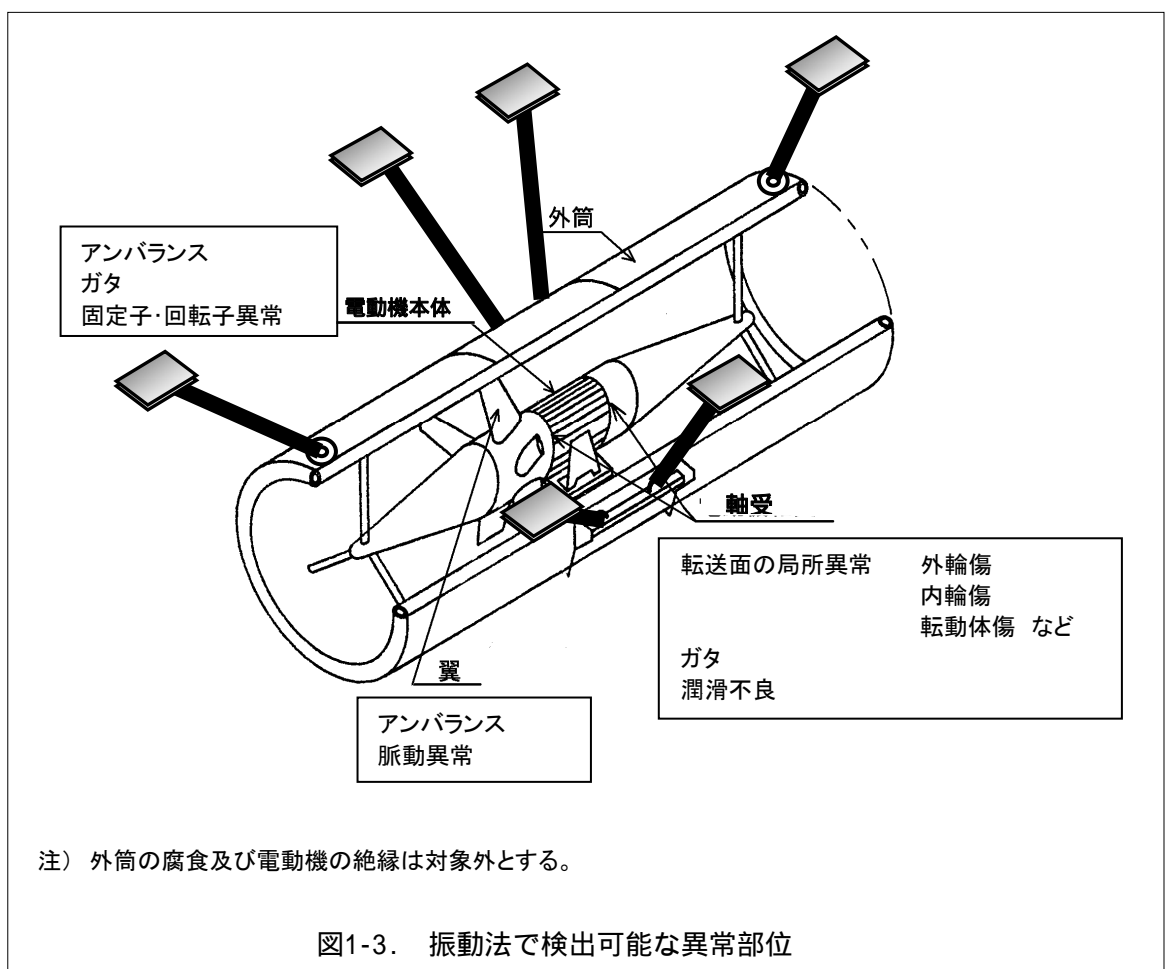
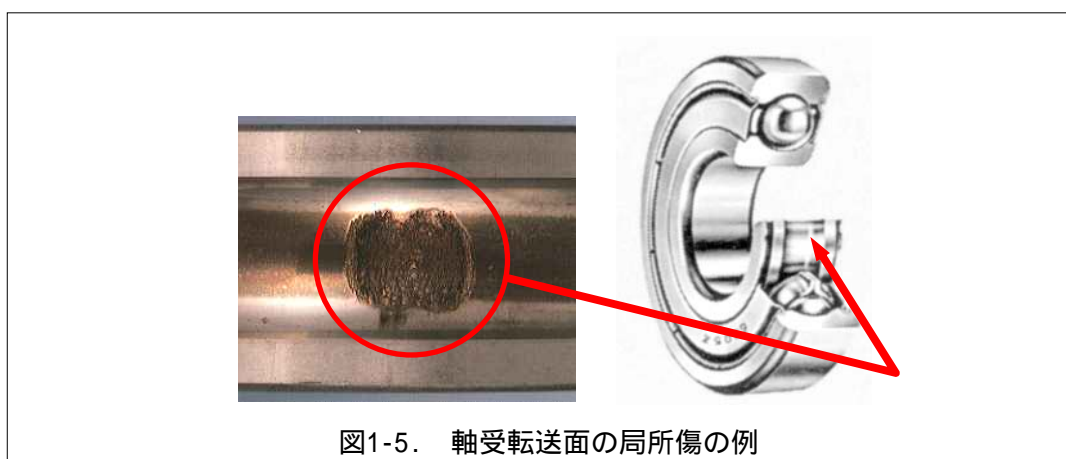
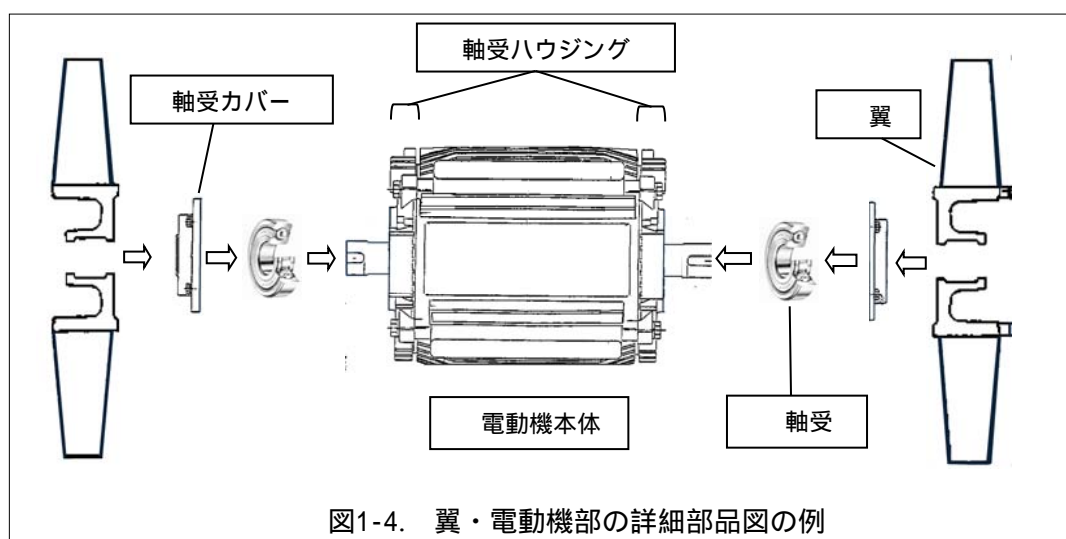


表1-2. 振動法で検出可能な異常項目

対象部位	点検結果（異常）	測定項目
翼	アンバランス	振動速度（平均値）
	脈動異常	
電動機本体	アンバランス	
	ガタ	
	固定子・回転子異常	
軸受	転送面の局所異常	高周波帯域加速度処理値（平均値）
	ガタ	
	潤滑不良	

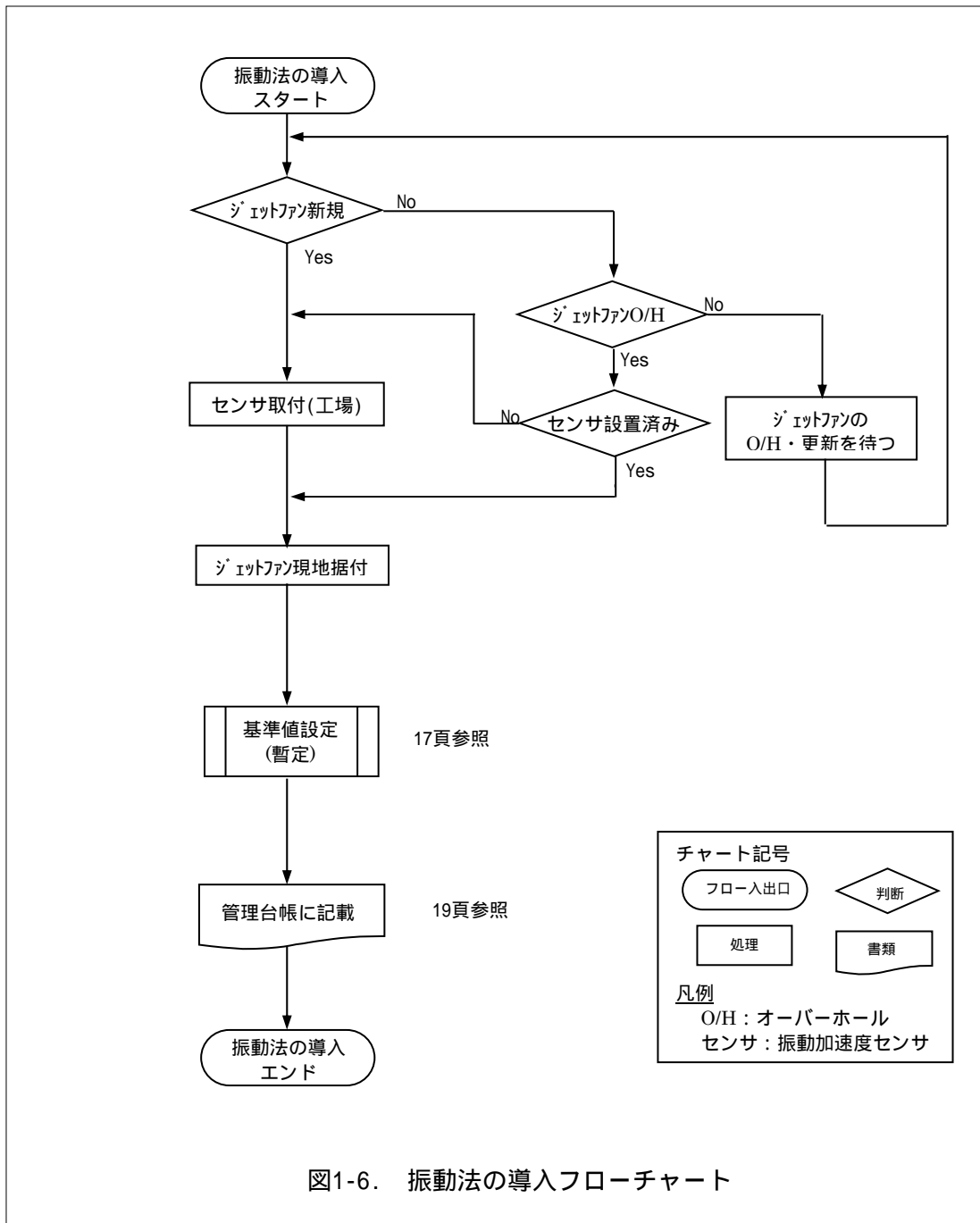


1-3-2. 導入フローチャート

導入フローチャートを図1-6に示す。

振動を検知する振動加速度センサは、現地での取付が困難なため、新設時またはオーバーホール時に工場にて取付ける。振動加速度センサの動作確認は、工場と現地で実施し、確認結果は参表1～4（37～40頁）の記録表に記入する。

導入後6ヶ月間の基準値は暫定とし、6ヶ月後に見直しを実施する。



1-3-3. 点検周期フローチャート

正常時の点検周期は、据付後6ヶ月間は1回/月、6ヶ月以降は1回/4ヶ月とし、点検周期の変更は図1-7のフローチャートによる。

なお、補修計画の策定は、点検周期の変更後、振動値の増加傾向及び寿命予測を判断するに十分な回数の測定を実施した後とし、詳細については第5章による。

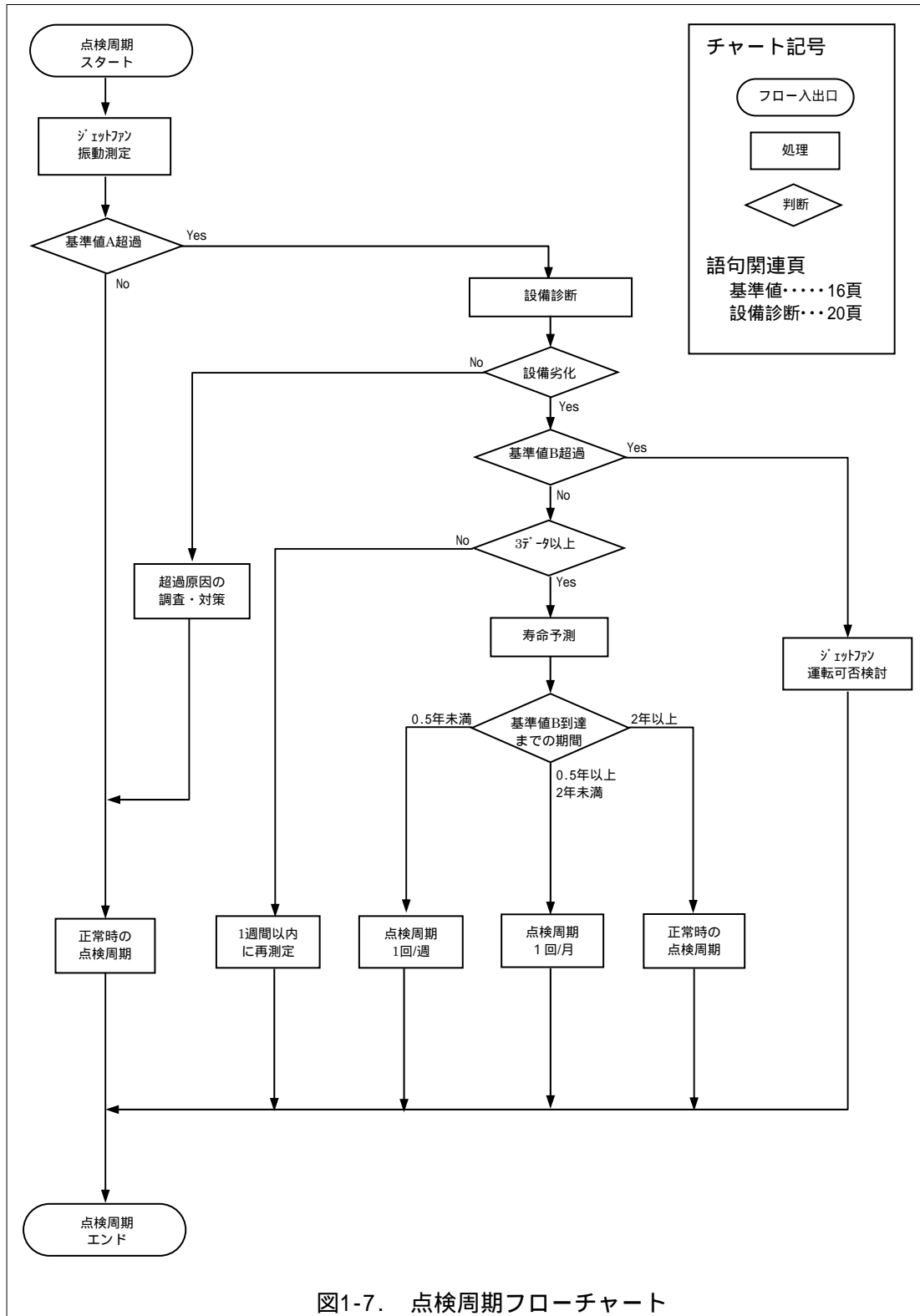


図1-7. 点検周期フローチャート

第2章 設計

機器の選定にあたっては、本マニュアル(案)で指定する仕様を満足するものとする。
また、振動加速度センサの取付は、新設時またはオーバーホール時に工場にて行うものとする。

2-1. 機器の構成

機器の構成と用途を図 2-1、表 2-1 に示す。

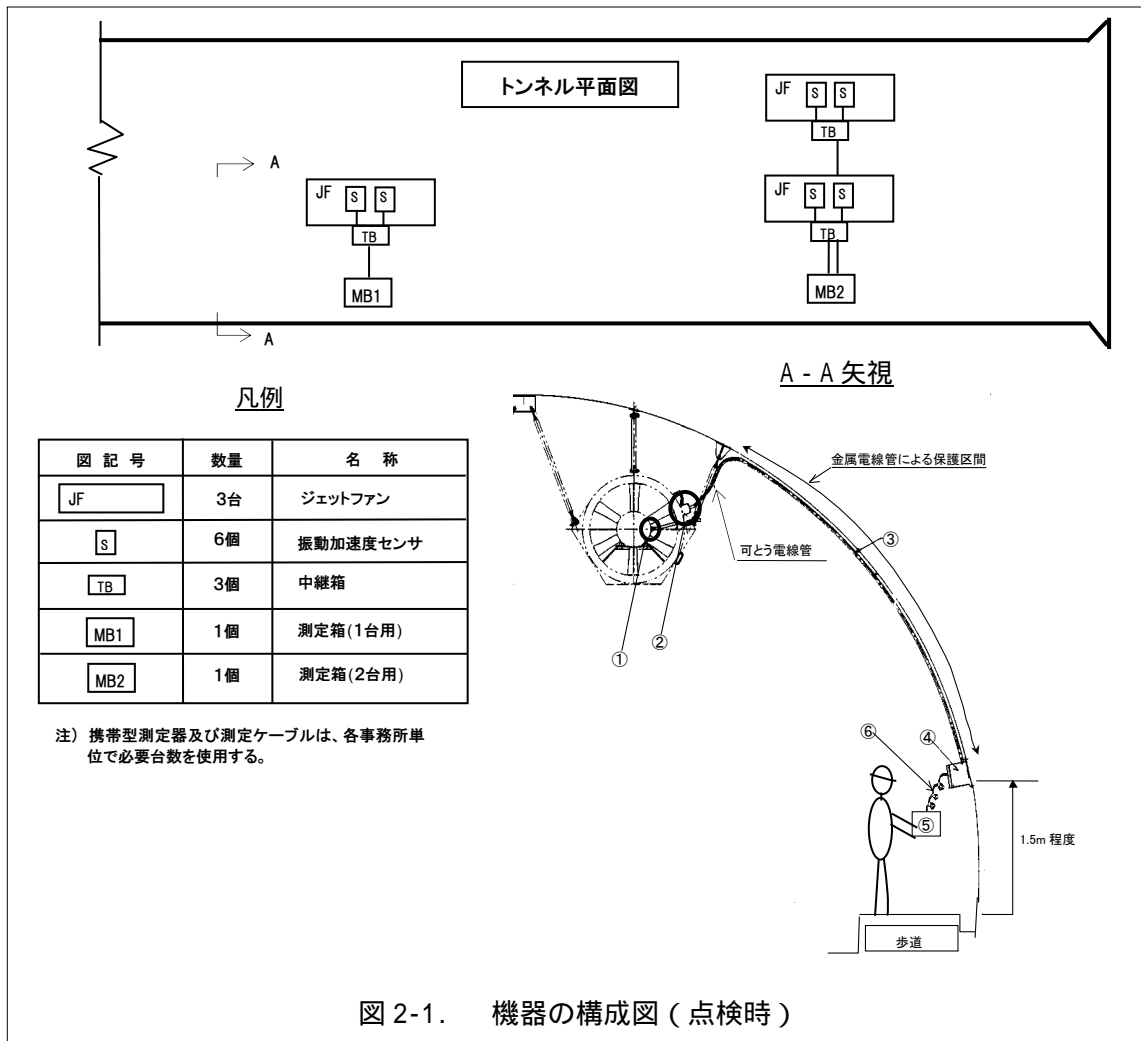


図 2-1. 機器の構成図 (点検時)

表 2-1. 機器の用途

機器名	用途
振動加速度センサ	電動機軸受部の振動検出
中継箱	ケーブル接続用端子の収納
中継接続ケーブル	中継箱から測定箱までの延長用
測定箱	測定用端子の収納
携帯型測定器	振動値の測定
測定ケーブル	測定器入力端子と測定箱端子間の接続

2-2. 機器の仕様

本マニュアル(案)で適用する機器の仕様を表 2-2 に示す。

表 2-2. 機器の仕様

機器名	仕様		摘要
振動加速度センサ	方式) 圧電型アンプ内蔵	原則、アンプ内蔵式を採用
) 圧電型アンプ非内蔵	同一管轄内のトナリにて設置済みの場合、点検ミ防止のためアンプ非内蔵を採用
	感度	振動機器メーカーと協議	携帯型測定器の入力感度に適合
	周波数範囲	3 ~ 10kHz (± 3dB 以内)	ジェットファンの振動速度・振動加速度の物理量把握に必要な平坦特性の範囲
	共振周波数	10kHz ~ 40kHz の間	センサ共振を利用して、微弱な軸受振動を増幅・検知する
	リードケーブル接続部	防水・耐油	
	端末処理	BNC コネクタ プラグ	ジェットファン脱着時のケーブル切離しと測定器の直接接続を考慮
	本体構造	ケース絶縁	ノイズ防止
中継箱	材質	ファンメーカーと協議	
	構造	防滴, 耐蝕	
	外形寸法	ファンメーカーと協議	
中継接続ケーブル	種類	同軸ケーブル	ノイズ防止
	端末処理	BNC コネクタ プラグ-ジャック	ジャック : センサ側、プラグ : 測定箱側 測定箱側にてセンサ及び中継ケーブル確認時、測定器接続が容易
	長さ	トンネル断面調査の上、決定	
測定箱	材質	ファンメーカーと協議	
	構造	防滴, 耐蝕	
		鍵付ハンドル扉開閉	
	測定端子	BNC コネクタ ジャック-ジャック (キャップ付き)	測定ケーブルのコネクタ(プラグ)及び中継ケーブルのコネクタ(プラグ)に対応
外形寸法	ファンメーカーと協議		
携帯型測定器	入力部	圧電型アンプ内蔵振動加速度センサ	-)の振動加速度センサに対応
		圧電型アンプ非内蔵振動加速度センサ	-)の振動加速度センサに対応
	入力感度	振動機器メーカーと協議	振動加速度センサの感度に適合
	測定モード	振動速度 (平均値)	
		振動加速度 (平均値)	
		高周波帯域加速度処理値 (平均値)	
		高周波帯域加速度処理値 (ピーク値)	
	処理周波数	加速度高周波 : 10kHz ~ 40kHz	軸受劣化・軸受潤滑不良の検出帯域
データメモリ	振動値 100 測定点以上		
外形	200 × 150 × 100 [mm] 以下		
重量	約 1kg 以下		
測定ケーブル	材質	ローノイズケーブルのカルコードタイプ	測定時のケーブル断線防止とノイズ対策
	端末処理	BNC コネクタ プラグ-プラグ	測定箱側コネクタ (ジャック) 及び測定器側コネクタ (ジャック) に対応

2-3. 配線・機器取付

配線、配管および機器の取付は、以下の各適用基準等によるものとする。

適用基準・規格

機械工事共通仕様書(案)

機械工事施工管理基準(案)

電気通信施設工事共通仕様書

土木工事共通仕様書

道路トンネル技術基準(換気編)・同解説

日本工業規格(JIS)

日本電機工業会規格(JEM)

電気設備技術基準

2-3-1. 振動加速度センサ

(1) 取付位置

図 2-2 に示す電動機軸受ハウジングの半径方向に取付ける。

なお、振動加速度センサの取付箇所数は、電動機軸受の 2ヶ所とする。

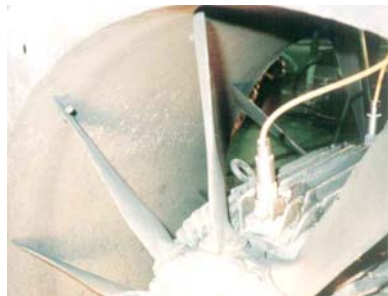
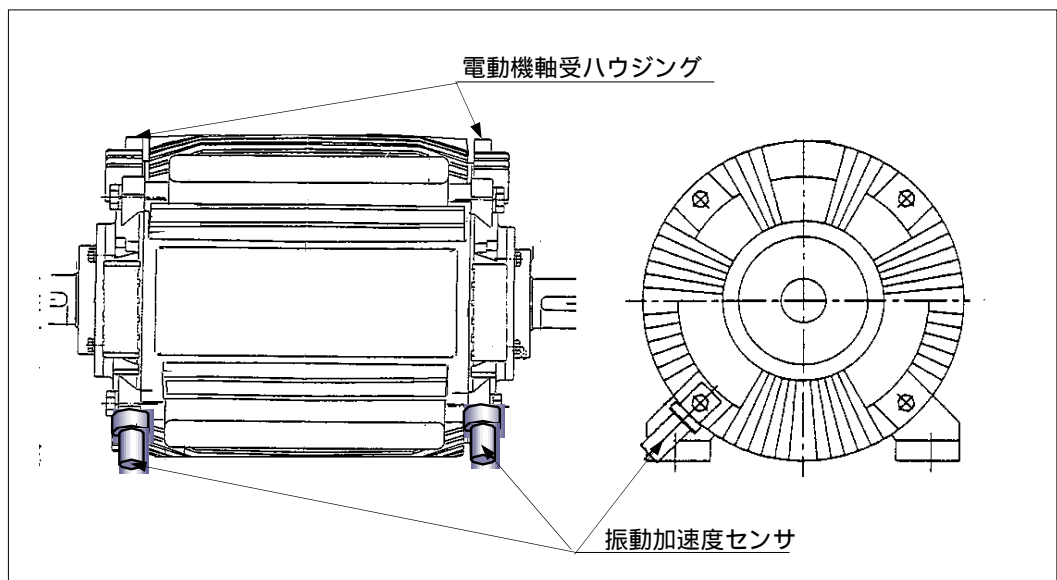


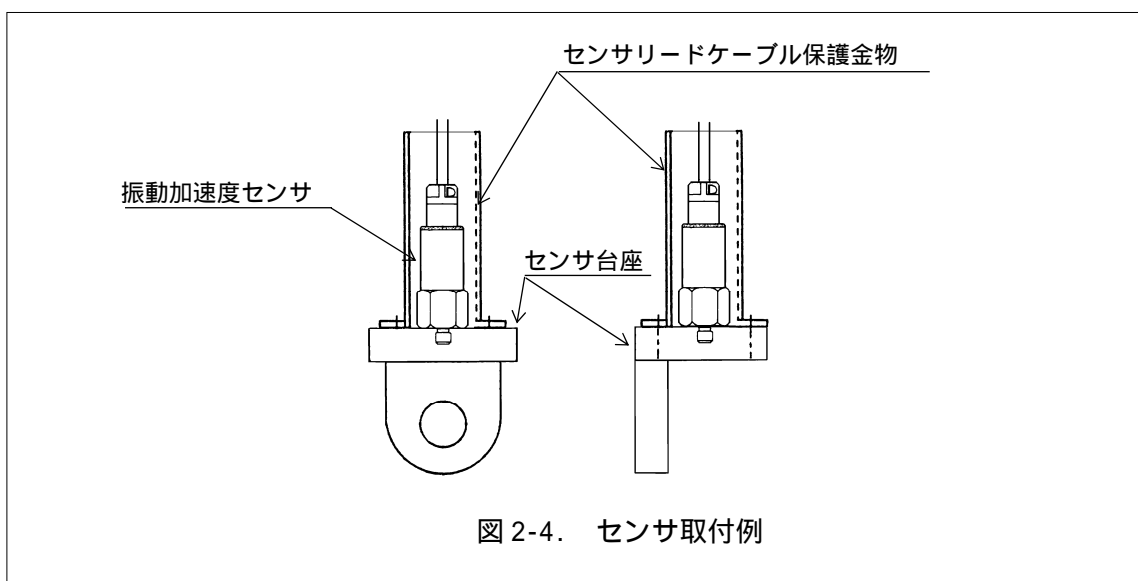
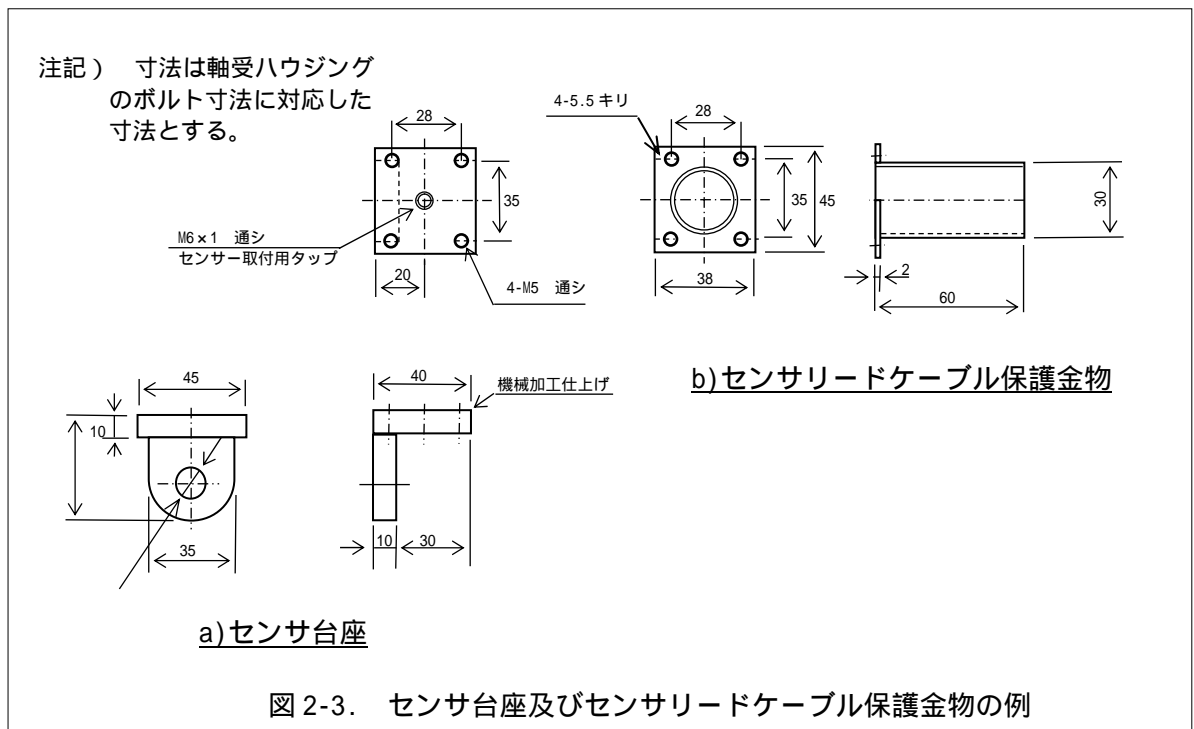
図 2-2. 振動加速度センサの取付施工例

(2) 取付方法

取付方法は、センサ台座を介してねじ止めとする。図 2-3、図 2-4 にセンサ台座及びセンサリードケーブル保護金物の例及びセンサ取付例を示す。センサ台座は、軸受ハウジングのボルトを利用して固定する。

なお、センサリードケーブル保護金物の寸法及び固定方法については、ファンメーカーとの協議により決定する。

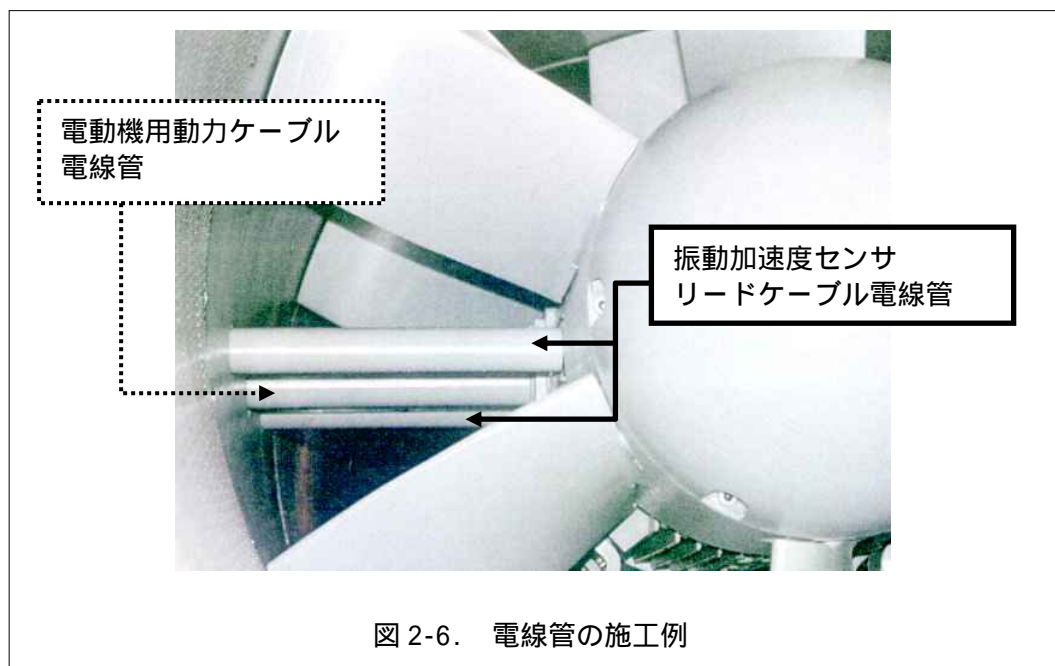
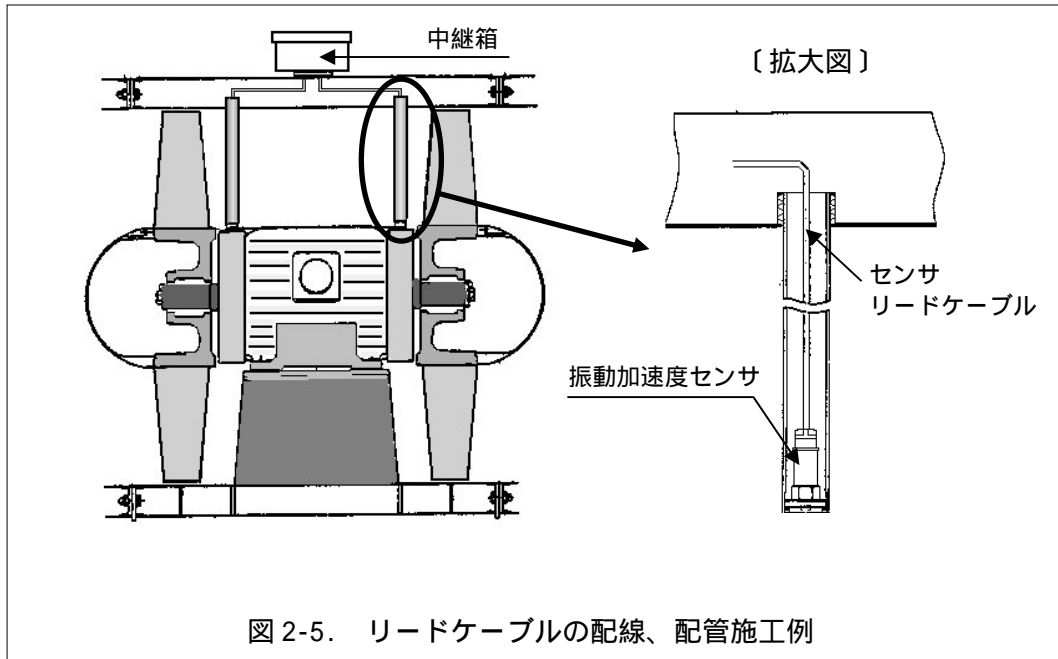
注) センサ台座取付面の塗装は、軸受異常の検出に悪影響があるため、完全に除去するとともに、機械加工により平坦に仕上げる。センサのねじ部には、ねじまわり止め材を塗布しセンサメーカー指定のトルクで締める。



(3) リードケーブルの配線、配管

リードケーブルは断線防止のため、図 2-5、図 2-6 に示すように金属製の電線管に配線する。

電線管の管径及び固定方法については、ファンメーカーとの協議により決定する。



2-3-2. 中継箱

中継箱は、図 2-5 に示すように、ジェットファン本体に取付ける。取付位置については、ファンメーカーとの協議により決定する。

注) 配管取付部及び箱固定用ネジ部は、防滴・防塵のためのシール材を充填する。また、振動信号へのノイズ対策として、センサリードケーブルと中継接続ケーブルのコネクタ接続部はゴムチューブやビニルテープ等の絶縁材で養生し、コネクタと中継箱を絶縁する。

2-3-3. 中継接続ケーブル

中継接続ケーブルは、図 2-8 に示すように、動力ケーブルと併設する場合は単独で金属電線管に通し、誘導ノイズを防止する。

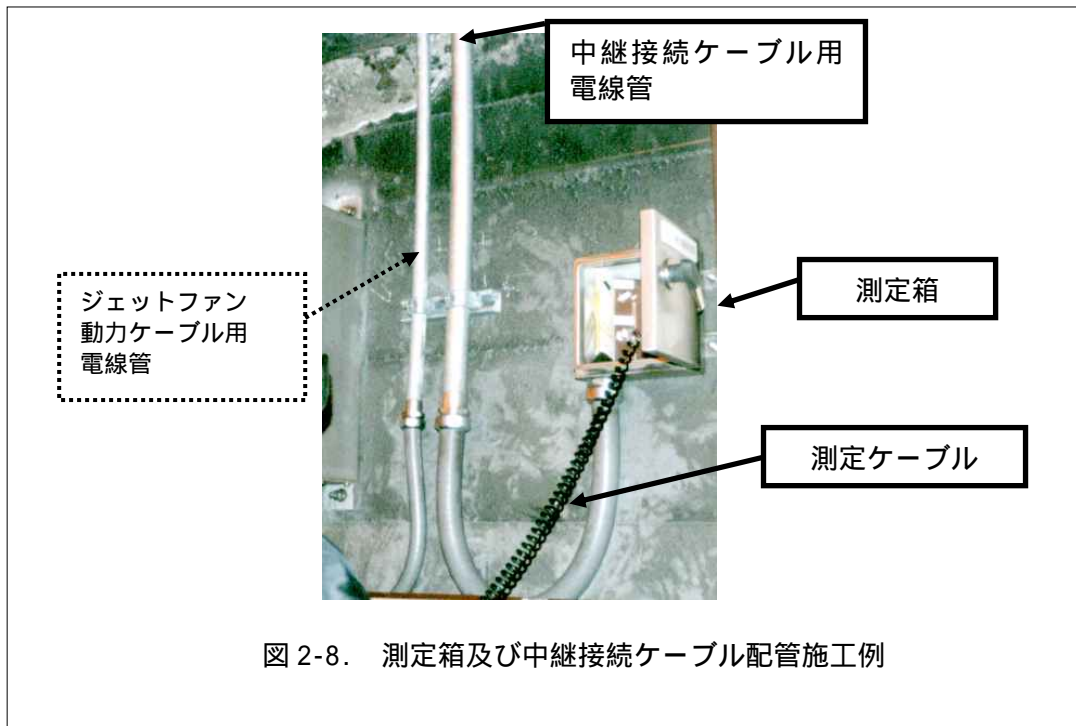
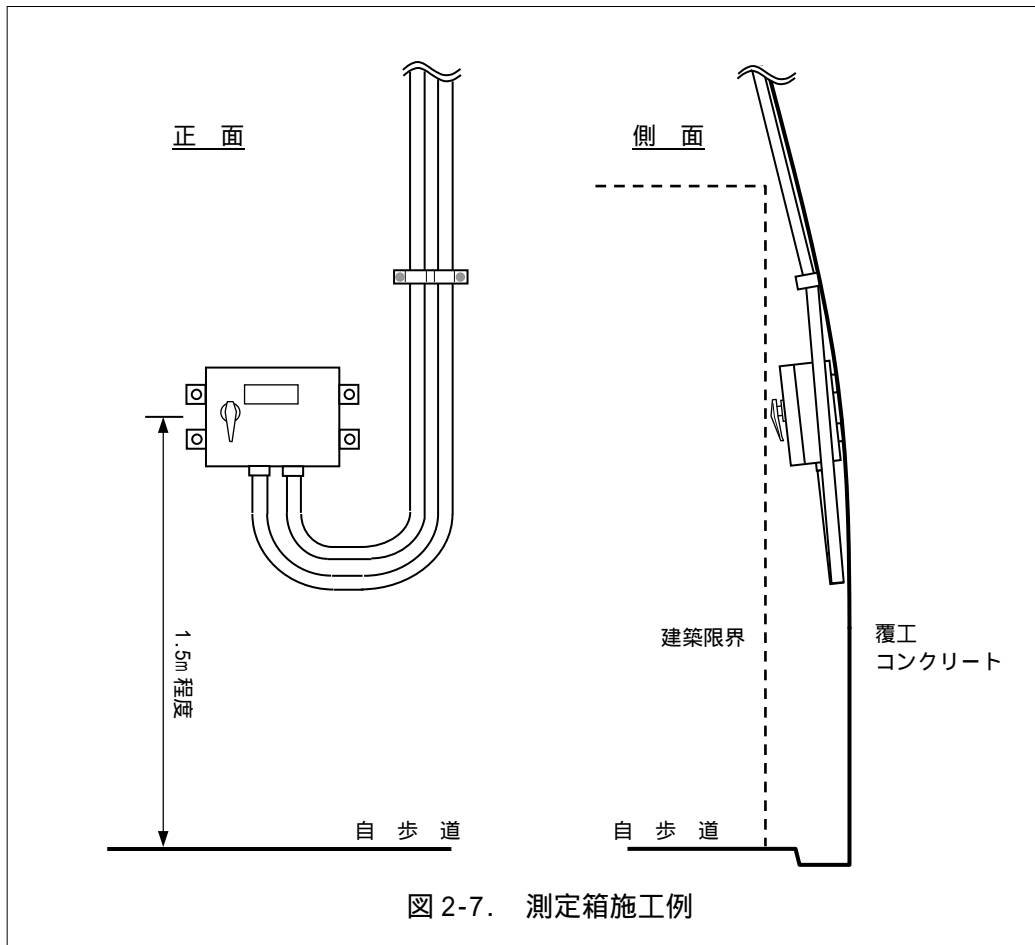
2-3-4. 測定箱

測定箱の設置については、建築限界を遵守する。

ジェットファンから測定箱までの距離は、中継接続ケーブルの距離制約上 350 m以下とする。

設置高さは、測定者の作業性を考慮し、地上から 1.5m 程度とする。

図 2-7、図 2-8 に施工例を示す。



第3章 点 検

点検は、本章に定める点検周期、測定要領及び設備劣化評価基準に基づき実施し、劣化の程度を判断する。

3-1. 点検周期

運転開始後6ヶ月までの点検周期は、1回/月とする。以降の点検周期は、1回/4ヶ月とする。ただし、測定値が基準値Aを超えた場合は、点検周期の見直しを図1-7のフローチャートにより実施する。

3-2. 測定機器

表2-2. の携帯型測定器を使用すること。

注) 携帯型測定器を変更する場合は、基準値を見直さなければならない。

3-3. 測定要領

測定は、表3-1の項目についてジェットファンの「正転」及び「逆転」の両方向で実施する。

測定にあたっては、以下のことに注意すること。

- 1) 測定値が、前回測定値の0.5～2倍の範囲にあるときは、その測定値を採用し、範囲外にあるときは、再測定する。
- 2) 再測定は2回までとし、最終値を測定値とする。ただし、最終値が明らかに特異な場合は、再測定する。

表3-1. 測定項目

測定項目	単位
振動速度（平均値）	mm/s
振動加速度（平均値）	G
高周波帯域加速度処理値（平均値）	〃
高周波帯域加速度処理値（ピーク値）	〃

なお、振動速度と高周波帯域加速度処理値(平均値)は、ジェットファンの劣化レベルを評価する場合に使用する。また、振動加速度と高周波帯域加速度処理値(ピーク値)は、ジェットファンの異常原因の調査解析を行なう場合に使用する。

振動データの変動範囲(バラツキ)は、実設備の振動調査の結果、平均値の約0.5～2倍の範囲である。

測定値がこの範囲を超える場合、以下のことが考えられる。

- 1) 設備の劣化・異常兆候があらわれている
- 2) 測定機器の故障
- 3) 大型車両通過時の風圧等を受けているタイミングで測定した

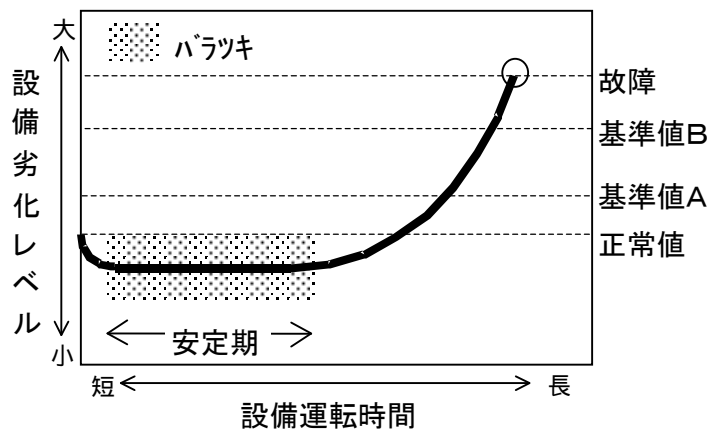
3)を防ぐために、前回測定値の0.5～2倍の範囲を超える場合は再測定する。2回まで再測定を繰り返しても同様な場合は、1)または2)の状態が考えられるため3回目を測定値とするが、3回目の測定値が3)に該当する恐れがある場合は再測定を行う。

3-4. 設備劣化評価基準

ジェットファンの劣化レベルを評価する基準値の定義を表3-2に定める。図3-1に設備の劣化レベルに対する各基準値の模式図を示す。

表3-2. 基準値の定義

基準値名	定義
正常値	安定期における測定値の上限レベル
基準値A	劣化が進行して安定期を逸脱し、明らかに劣化が認められるレベル
基準値B	故障に至る前の劣化レベル



注) バラツキとは、同一の設備状態（ここでは正常）において、振動値が変化する振動値分布の 3σ （99%信頼区間）の範囲を示す。

3σ とは、振動測定データのバラツキ上限であり、標準偏差(σ)の3倍とする。

図3-1. 設備の劣化レベルに対する各基準値の模式図

3-5. 基準値の設定

個々のジェットファンの正常値は、機械部品製造時の品質レベルやその組込み精度及び運転環境などの違いで異なる。

また、基準値A及びBについても、理論的に求めることは困難であり、ジェットファンの補修実績を踏まえた経験的ノウハウで決定する必要がある。

こうしたことから、一般回転機械の振動診断技術とJIS(ISO)の考え方を適用して、各基準値の設定方法を定める。

3-5-1. 正常値の設定

- 1) 正常値は、初期値 + 3 とする。
正常値とは、振動測定データのバラツキ範囲の上限値である。
- 2) 初期値は、表3-3に定める方法によるものとし、運転開始時に暫定値を設定し、運転開始後6ヶ月に再設定を行う。
- 3) 正常値は、表3-4に定める方法によるものとし、運転開始時に暫定値（調査データから算定した数値）を設定し、運転開始後6ヶ月に再設定を行う。運転開始後6ヶ月の設定では、6個以上の測定値があることを前提とする。

参考として、各基準値の設定例を参-資料2（43頁）に示す。

表3-3. 初期値の設定

設定時期	区 分	設定方法
運転開始時 (暫定)	ジェットファン1台の場合	運転開始時の測定値とする
	同一トナリ内のジェットファンが2台以上の場合	運転方向別・センサ別に、運転開始時の測定値の平均とする
運転開始後 6ヶ月	すべてのジェットファン	個別に運転方向別・センサ別の6ヶ月の測定値の平均とする

表3-4. 正常値の設定

設定時期	区 分	測定項目	3	単位
運転開始時 (暫定)	JF-600	振動速度（平均値）	1.5	mm/s
		高周波帯域加速度処理値（平均値）	0.5	G
	JF-1000	振動速度（平均値）	1.9	mm/s
		高周波帯域加速度処理値（平均値）	1.2	G
	その他の口径のJF (電動機容量；P _{kW})	振動速度（平均値）	$1.5 + 0.08 \times \sqrt{P - 9.5}$	mm/s
		高周波帯域加速度処理値（平均値）	$0.5 + 0.16 \times \sqrt{P - 9.5}$	G
運転開始後 6ヶ月	すべての口径のJF	振動速度（平均値）	初回から6回目までの測定値より求める。	mm/s
		高周波帯域加速度処理値（平均値）		G

3-5-2. 基準値A、Bの設定

- 1) 基準値A、Bの設定及び変更は、参-図1（36頁）のフローチャートに従い、実施する。
- 2) 基準値A、Bは、表3-5に定める方法によるものとし、運転開始時に暫定値を設定し、運転開始後6ヶ月に再設定を行う。
- 3) 基準値A、Bは、ジェットファンの運転方向別・センサ別に設定する。

表3-5. 基準値A、Bの設定

測定項目	基準値A	基準値B	単位
振動速度（平均値）	正常値×1.5	正常値×4.0	mm/s
高周波帯域加速度処理値（平均値）	正常値×1.5	正常値×4.0	G

参考として、表3-4、表3-5に記載している各数値の根拠を参-資料1（42頁）に示す。

第4章 管 理

ジェットファンの点検管理は、管理台帳により行うものとする。管理台帳は、点検に必要な情報をまとめた点検管理表、基準値・測定値・判定結果等を記録する測定記録表、全ての測定値を整理記録する測定値管理表で構成する。

4-1. 点検管理表

点検管理表は、トンネル内のジェットファン配置、運転方向、センサ取付部位(坑口方向の地域名で呼ぶ)、設備仕様等を整理し、ジェットファン別に作成する。記入例を参-表5(46頁)に示す。

また、ジェットファンの劣化レベルを評価する基準値管理表を作成する。記入例を参-表6(47頁)に示す。

4-2. 測定記録表

測定記録表は、点検終了後速やかに基準値、測定値、異常判定及び傾向管理グラフを整理し、ジェットファン別に作成する。記入例を参-表7(48頁)に示す。

傾向管理グラフは、劣化程度や劣化速度を視覚的に把握する手段であり、劣化開始時期を早期に判定するために必要である。傾向管理グラフの作成例を参-図2(41頁)に示す。横軸は測定日(実時間間隔の目盛)とし、縦軸は振動値とする。

4-3. 測定値管理表

測定値管理表は、点検終了後速やかに測定値を整理し、ジェットファン別に作成する。記入例を参-表8(49頁)に示す。

第5章 補修計画

補修時期及び補修内容については、振動法その他、絶縁抵抗、接地抵抗、腐食及びトンネル内壁支持部の劣化程度等を勘案し、総合的な判断の上で決定する。

5-1. 補修時期

補修時期の決定方法は、原則として表3-2に定める基準値Bの到達時期を傾向管理グラフから推定した結果とする。

なお、補修時期を推測するタイミングは、緊急性のある振動値の増加を除き、図1-7による点検周期の短縮後、振動値の傾向が十分に予測できる測定回数を経た時点とし、少なくとも3回以上の測定回数が必要である。

ただし、補修時期の決定にあたっては、振動法その他、絶縁抵抗、接地抵抗、腐食及びトンネル内壁支持部の劣化程度等を勘案した上で、総合的に判断しなければならない。

5-2. 補修内容

異常原因は、測定値が基準値Aを超えた時に、設備診断^(注)を実施した上で特定する。

補修内容の決定にあたっては、振動法により特定した異常原因の他、ジェットファンの劣化程度を勘案した上で、総合的に判断しなければならない。

振動法によるジェットファンの点検結果と対応策の例を表5-1に示す。

注) 設備診断：傾向管理グラフに基づいて、異常・劣化の有無ならびに劣化程度を判定することと、周波数分析データから劣化部位及び劣化内容を特定し、点検周期の見直しと保全ガイダンスを行うことをいう。例えば、軸受転送面に局所傷がある場合、劣化内容は、軸受仕様と回転数から発生する衝撃振動の周期を予め計算により求めることができるため、振動の周波数分析データとの照合によって特定できる。設備診断は、機械保全技能士(設備診断作業)、またはISO機械状態監視診断技術者(振動)カテゴリ ー 以上を有するものが実施することが望ましい。

表5-1. 振動法によるジェットファンの点検結果と対応策の例

部位	点検結果(異常)	劣化内容	対応策
翼	アンバランス	翼の破損	翼及び翼部品交換(工場)
		送風性能に影響ない損傷	バランス修正(現地)
	脈動異常	翼曲がり	矯正または交換(工場)
		翼の破損	翼及び翼部品交換(工場)
電動機本体	アンバランス	軸曲がり	矯正または交換(工場)
	ガタ	固定ボルトの緩み	増し締め(現地)
	固定子・回転子異常	回転子・固定子の劣化	コイル補修・絶縁補修(工場)
		電源不平衡	動ケーブル、電源盤内の補修(現地)
軸受	転送面の局所異常	外輪傷、内輪傷、転動体傷、リナ損傷	軸受交換(工場)
	ガタ	軸受ハウジングや軸との嵌合隙間の増加	軸受交換(工場)
	潤滑不良	シール劣化によるグリスの抜け・劣化	軸受交換(工場)

第6章 フィールドバリシング

6-1. フィールドバリシングの概要

フィールドバリシングとは、現地でバリシング修正を行うことである。フィールドバリシングを実施することにより、交通規制時間の短縮とコスト縮減を図る。

アンバリシングとは、重心のずれによる不つりあいのことである。

アンバリシング状態で長時間運転を行うと、軸及び軸受に作用する繰返し応力による疲労のために軸又は軸受が破壊し、翼や電動機部品に致命的な損傷を与えることがある。

図6-1にアンバリシングによる、ふれまわり振動の模式図を示す。

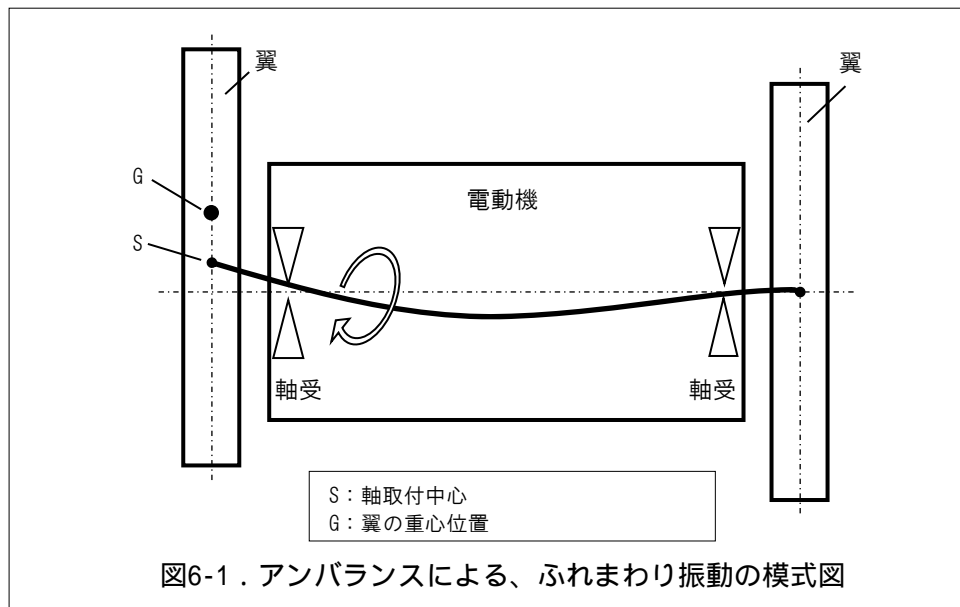
翼の重心が軸中心にあるときは、完全にバリシングがとれた状態である。一方、翼の重心が軸中心から離れた状態をアンバリシングといい、翼の重心の慣性力により軸中心が回転中心のまわりを回転し、ふれまわり振動が発生する。

アンバリシングの主な要因には、次のものがある。

- a) 翼の摩耗及び腐食(欠け)によるバリシング不良
- b) ロータ軸の曲り
- c) 製作精度や軸受偏芯による翼中心と回転中心のズレ

また、振動の特徴としては次のようなものがある。

-)回転周波数と一致する
-)振動方向は主として半径方向
-)位相は常にある一定の角度



フィールドバランシングは、つりあい試験機では再現できない実際の据付け状態・結合状態でのつりあわせを行うため、負荷などによる振動特性の変化などを考慮して総合的に不つりあい振動を減少させる利点がある。

一方、不つりあいを修正するために、狭いケーシング内への検出機器の取付けの工夫が必要などの欠点もある。

フィールドバランシングを行うには、偏重心を軸受振動で間接的に推定し、修正おもりの重量と取付位置を決定する必要がある。

不つりあい振動と回転信号の検出器取付の模式図を図6-2に示す。不つりあい振動は、不つりあいによる力を直接受ける軸受部に振動加速度センサを設置し検出する。回転信号は、電動機支持部品に固定する光電式検出器において、翼の1箇所に貼る反射テープが通過する際の受光量が変化することを利用して検出する。

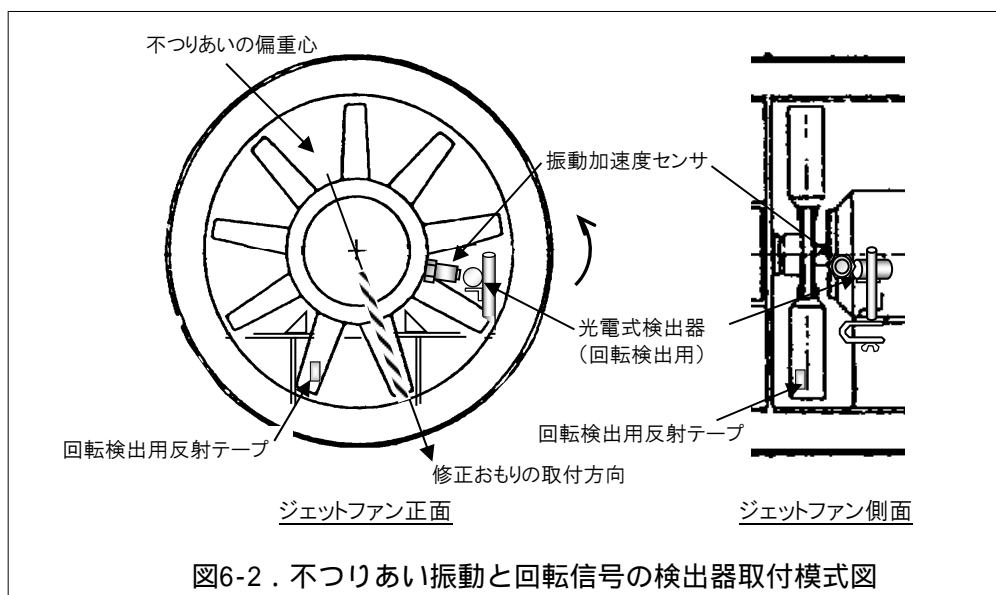


図6-2の光電式検出器及び振動加速度センサから得られる出力波形のイメージを図6-3に示す。

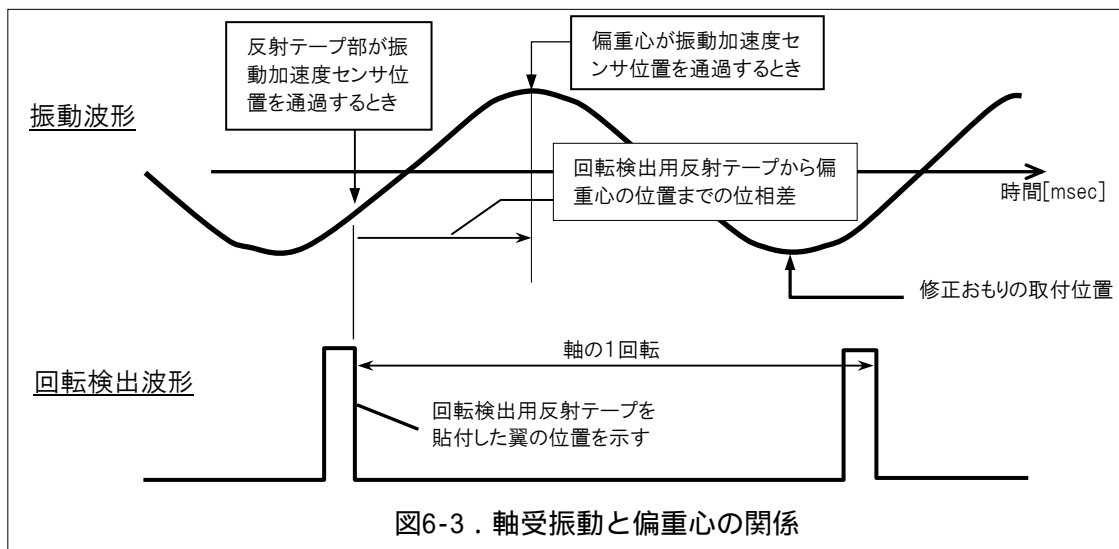


図6-3の波形から、軸受振動と偏重心の関係が読み取れる。振動波形の極大部(山)は、偏重心によって振動加速度センサが加振されることを示す。回転検出波形の凸部(山)は、光電式検出器の投受光部を反射テープが通過することを示す。図6-2の場合、光電式検出器において反射テープの通過を検出するタイミングと反射テープ部が振動加速度センサ位置を通過するタイミングが同じであるため、偏重心の位置は、反射テープ部を起点として図6-3の振動波形と回転検出波形の位相差に相当する。修正おもりの取付位置(反射テープからの角度)は、回転中心に対して偏重心の対角に取り付ければよい(図6-2参照)。

以上のことから修正おもりを取り付ける円周方向の取付位置は推定できるが、修正おもりの重量と半径方向の取付位置を決定するために試しおもりを付加した状態での振動測定を行う必要がある。

6-2. 機器の構成

機器の構成と用途を図6-4、表6-1に示す。

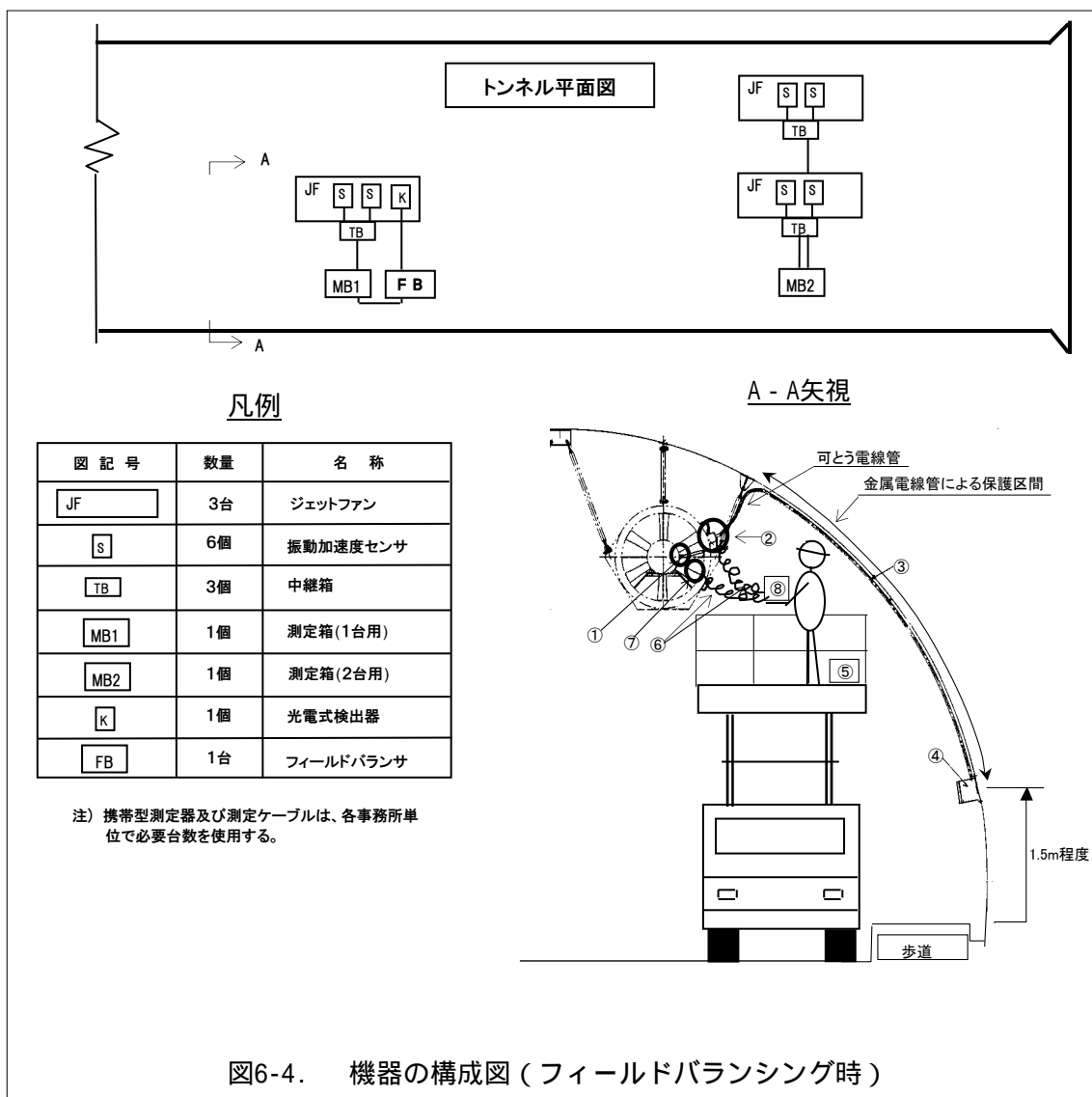


図6-4. 機器の構成図（フィールドバランス時）

表6-1. 機器の用途

機器名	用途
振動加速度センサ	電動機軸受部の振動検出
中継箱	ケーブル接続用端子の収納
中継接続ケーブル	中継箱から測定箱までの延長用
測定箱	測定用端子の収納
携帯型測定器	振動値の測定
測定ケーブル	測定器入力端子と測定箱端子間の接続
光電式検出器	不つりあいの位置と振動との位相差検出
フィールドバランス	振動波形と回転波形の測定、修正おもりの取付位置と重量の算出

6-3. 機器の仕様

機器の仕様を表6-2に示す。また、各機器の使用例を図6-5に示す。

表6-2. 機器の仕様

機器名	仕様		摘要
振動加速度センサ	-	表2-2による	
光電式検出器	方式	光電反射方式	
	検出距離	最大200mm	
	応答速度	20m/s以上	
フィールド バランス	入力	振動加速度センサ(アンプ内蔵・非内蔵) 回転信号：TTLレベル等	既設振動加速度センサを利用可能な仕様を選定する
	分解能	振動速度：0.01mm/s以下 振動変位：0.01 μm以下 回転数：1rpm以下	
	周波数範囲	500Hz以上	
	修正面数	2以上	
	測定数	2以上	
携帯型振動測定器	-	表2-2による	
反射テープ	材質・寸法	光電式検出器メーカーと協議	
試しおもり	材質・形状・寸法	ファンメーカーと協議	
修正おもり	〃	ファンメーカーと協議	



図6-5. 機器使用例

6-4. 配線・機器取付

機器等の取付・配線にあたっては、必ず、換気動力盤の電動機動力用しゃ断器を「断」にし、トンネル内手元開閉器を「断」にする。

光電式検出器は、フィールドバランスング終了後に必ず取り外すこと。

6-4-1. 振動加速度センサ

点検用の振動加速度センサを使用する。

6-4-2. 光電式検出器

(1) 取付位置

ケーシング外から取付作業するJF-600は、翼より電動機側に取付ける。

ケーシング内作業が可能なJF-1000以上の口径に対しては、治具の固定が可能な場合は、光電式検出器や治具が風圧により外れて翼を損傷させることのないように、翼より吹出口側に取付けることが望ましい。翼より吹出口側に治具の固定が困難な場合は、翼より電動機側に取付けるが、風圧により光電式検出器や治具が外れて翼等を損傷させないように注意する必要がある。

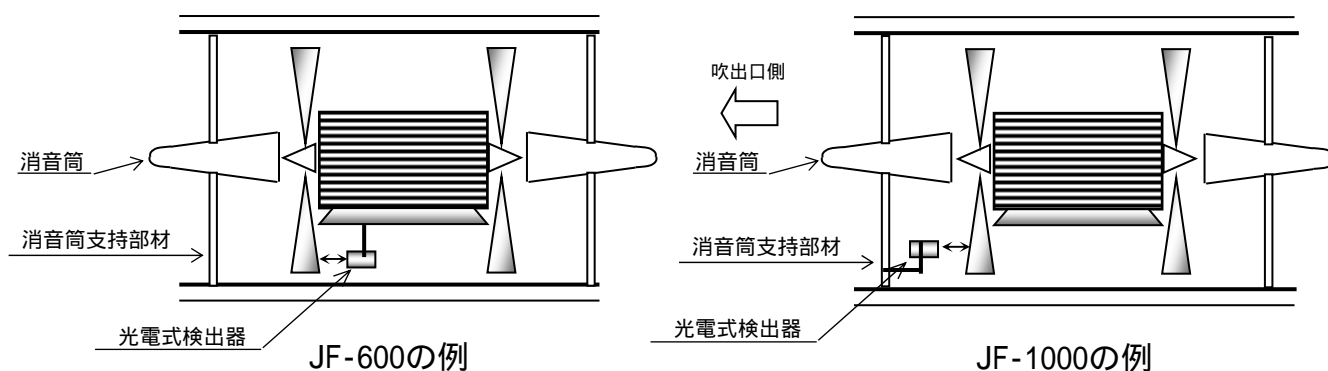
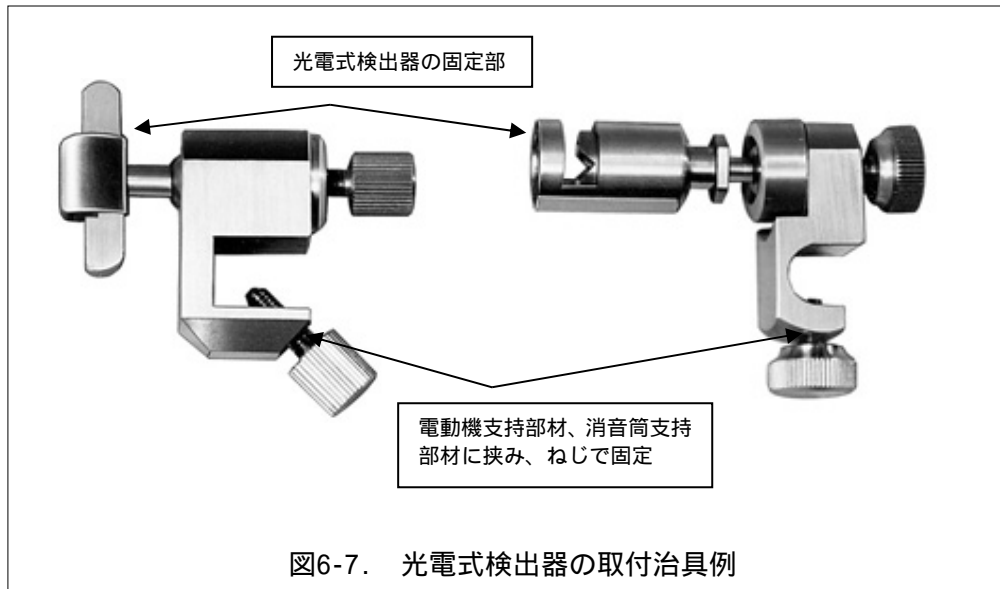


図6-6. 光電式検出器の取付位置

(2) 取付方法

光電式検出器は、図6-7のような治具を使用して、翼付近の非回転部に固定する。取付にあたっては、ジェットファン運転中においてケーシング内の風速に十分耐えるように配慮する。

取付治具は図6-7のように、取付溝のすき間をねじで調整できる構造が望ましく、この場合、電動機架台や消音筒支持部材に治具の取付溝をはめこみ、ねじで治具とジェットファンとを固定する。取付溝とジェットファンの接触部は、ゴムシート等をはさむなど、外れ防止策をとるものとする。



(3) 配線

ジェットファンケーシング内の配線は、運転中にケーブルが翼に触れないようにインシュロックまたはパインドクリップで固定する。光電式検出器を翼より電動機側に取付ける場合は、電動機部の点検口（または作業口）からケーシング外に配線を引き出す。ジェットファンケーシング内のケーブルは、全てたるみを取り、ケーシング引出し部で固定すること。

光電式検出器を翼より吹出口側に取付ける場合は、吹出口側からケーブルを引き出し、ケーシング内はインシュロックで固定する。

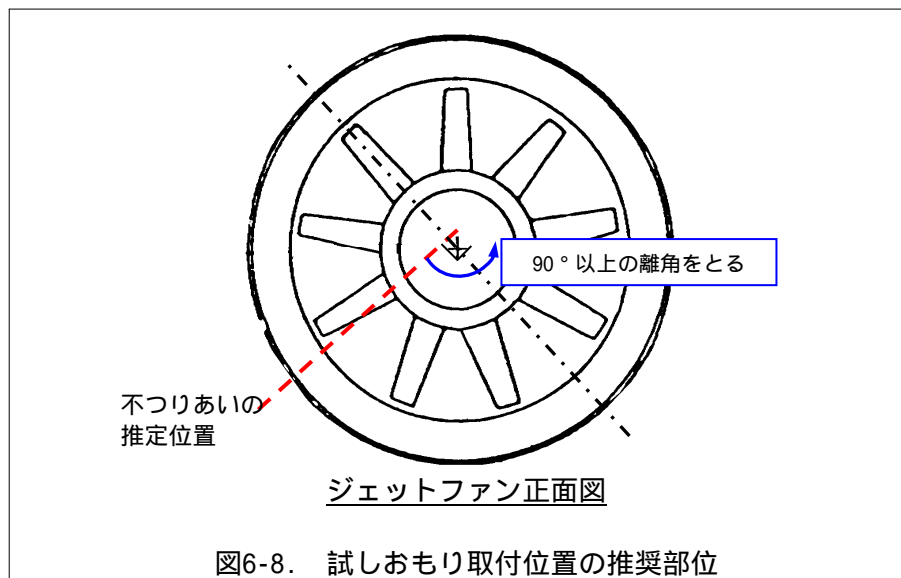
6-4-3. 試しおもり

(1) 取付位置と重量

半径方向の取付位置は、ファンメーカーと協議の上、決定する。

円周方向の取付位置は、不つりあい振動の位相データから推定される偏重心の翼から90°以上の離角をとり、不つりあい振動の増加によるジェットファンへの負担を避ける。

重量は、翼の重量及び軸中心からの取付位置までの距離により決定する。



(2) 取付方法

取付方法は、ファンメーカーと協議の上、決定する。

試しおもりは、着脱が容易、かつ翼等への損傷がない形状とする。試しおもりの製作例を図6-9に示す。

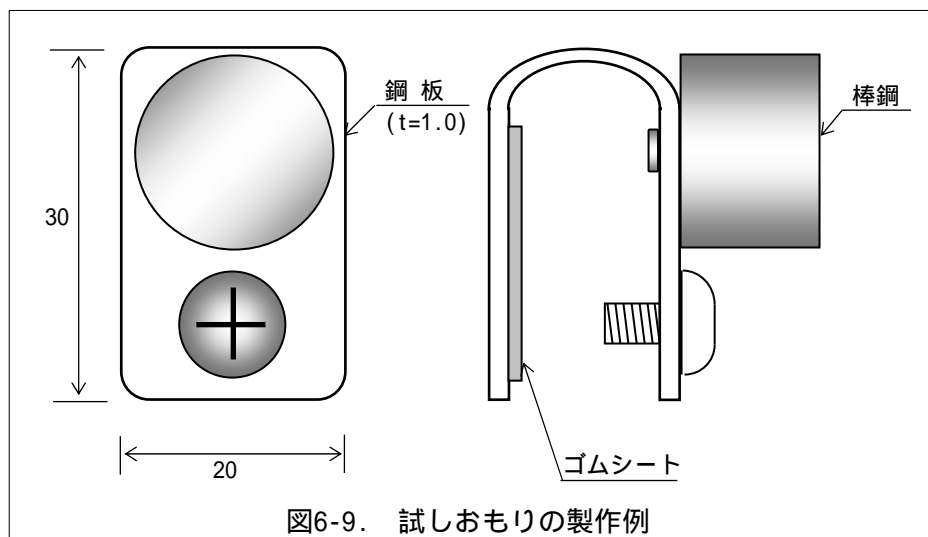


図6-9. 試しおもりの製作例

6-4-4. 修正おもり

(1) 取付位置と重量

半径方向の取付位置は、ファンメーカーと協議の上、決定する。

円周方向の取付位置と重量は、フィールドバランスの計算結果による。

(2) 取付方法

取付方法は、ファンメーカーと協議の上、決定する。

修正おもりの取付例を図6-10に示す。



図6-10. 修正おもりの取付例 (JF-600)

6-5. 作業口の設計

JF-600は、ケーシング内での作業が困難であり、機器やおもり取付のための作業口が必要である。

ただし、既設のジェットファンに点検口がある場合は、作業の可否をファンメーカーと協議する。

作業口に必要な最小限の開口寸法は、330mm×170mmとし、作業性に配慮した作業口をジェットファンのケーシング設計に盛り込まねばならない。また、機器の信号ケーブルをケーシング外に引き出すためのケーブル用穴を準備する。表6-3に作業口の仕様を示す。

作業口の製作及び施工例を図6-11、図6-12に示す。

表6-3. 作業口仕様

型 式	JF-600	JF-1000	JF1250	JF-1500
作業口要否			-	
作業口寸法[mm]	330×170以上		-	
ケーブル用穴径[mm]	2段翼	作業口にて10以上 消音筒支持部材に光電式検出器を取付可能の場合 ケーブル用穴の必要なし（図6-6参照） 消音筒支持部材に光電式検出器を取付不可の場合 電動機部ケーシングにて 10以上		
	1段翼	ケーブル用穴の必要なし（光電式検出器のケーブルが翼を横断しないように配線のこと）		

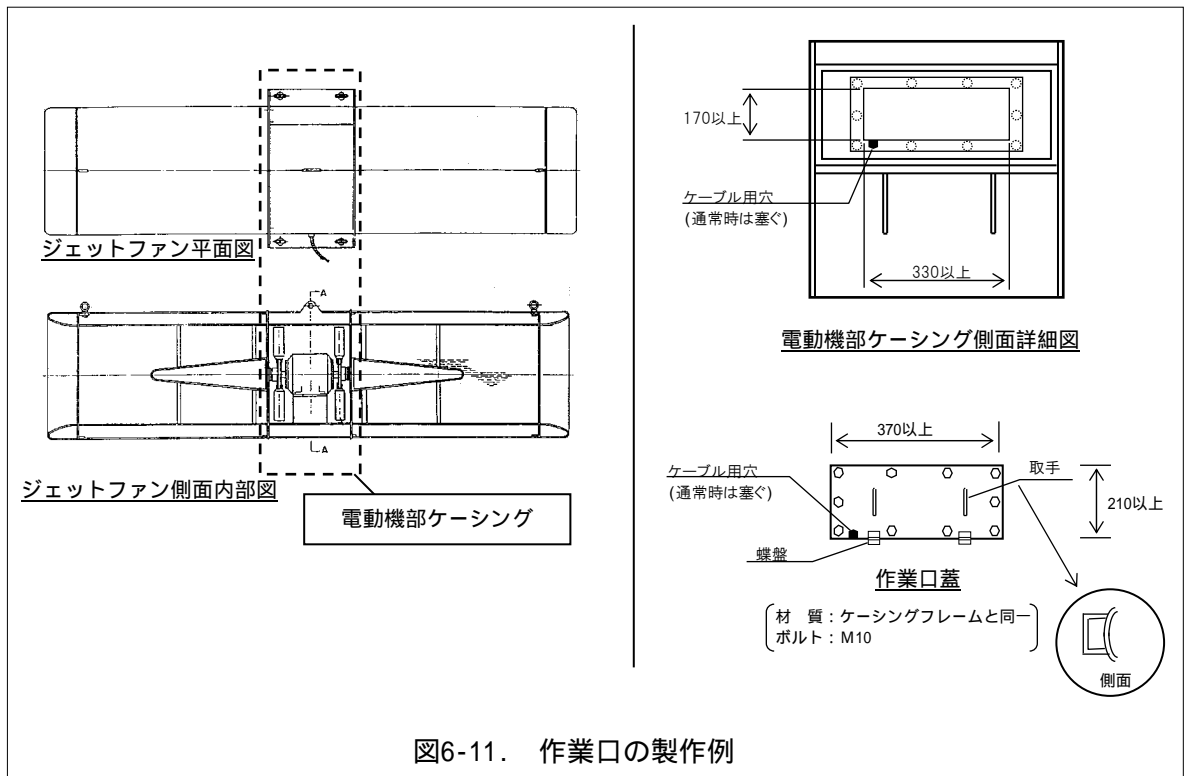


図6-11. 作業口の製作例

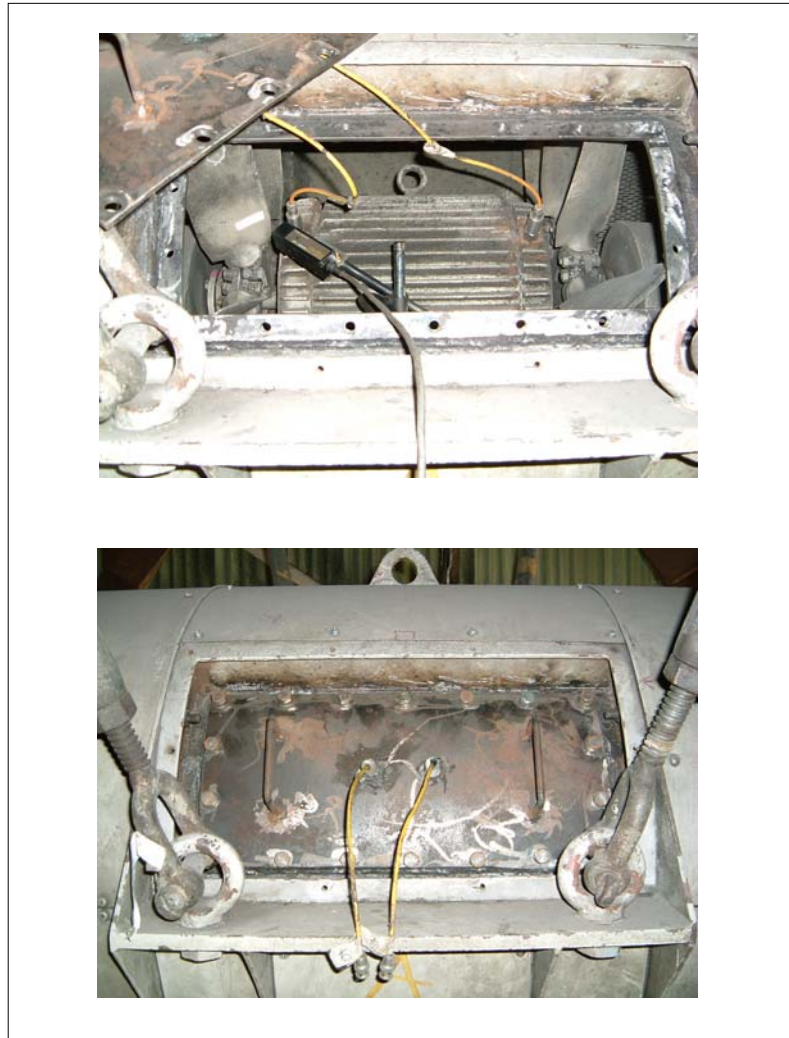


図6-12. 作業口の施工例（試験用実例写真）

6-6. フィールドバリランシング要領

バランス修正は、修正おもりの重量・取付位置を決定するための測定作業と、おもりを取付ける作業からなる。

測定機器及びおもりの取付作業は、6-4による。

測定作業は、図6-14のフローチャートによる。

修正結果の評価は、表6-5による。

測定値が評価基準を満たさない場合は、測定値が評価基準を満たすまでフィールドバリランシングの作業を、繰り返し実施する。

6-6-1. 翼段数と測定条件

フィールドバリランサで振動を測定する条件は、ジェットファンの翼段数によって異なる。ジェットファンの翼段数は、図6-13に示す2種類があり、翼段数による測定条件は表6-4とする。

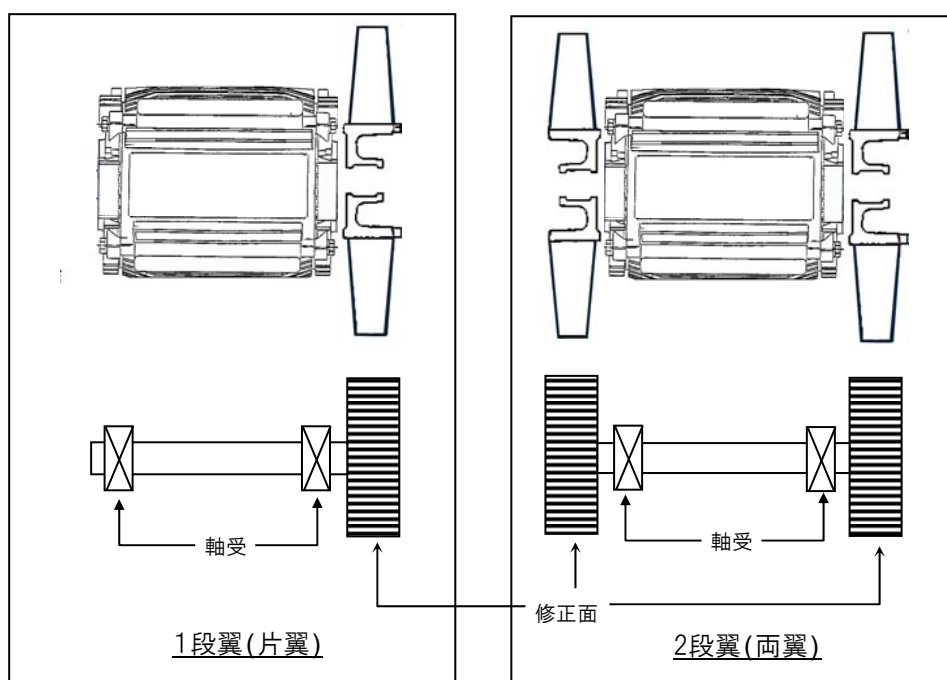


図6-13. ジェットファンの翼段数の種類

表6-4. 翼段数と測定条件

段数	測定条件
1段翼 (片翼)	1) 振動は翼側の軸受1箇所測定する。 2) 試しおもり付加状態の振動を1回測定する。
2段翼 (両翼)	1) 振動は両翼軸受の2箇所測定する。 2) 試しおもり付加状態の振動を各翼1回ずつ、合計2回測定する。

6-6-2. バランシングフローチャート

フィールドバランシングの作業手順を、図6-14に示す。

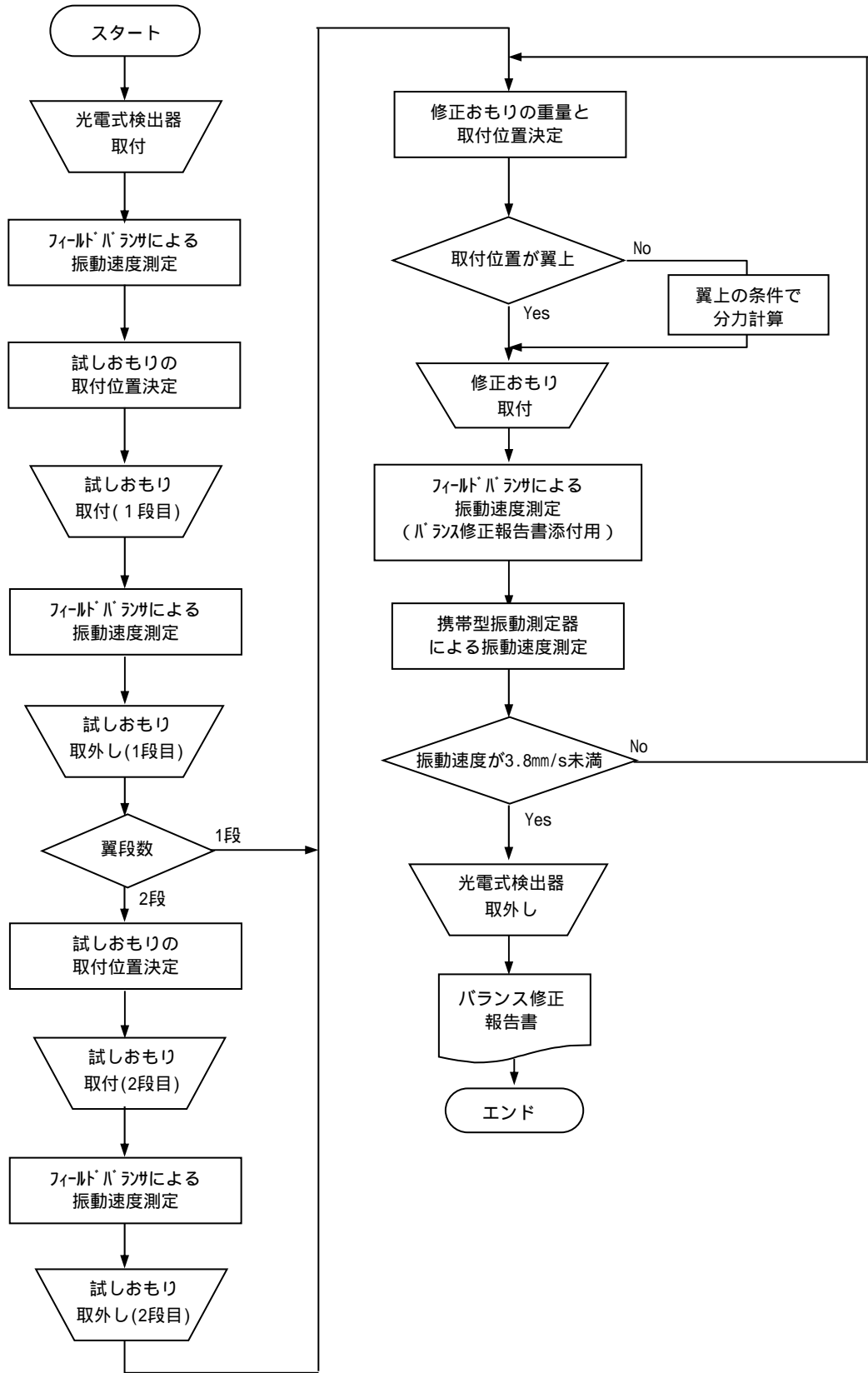


図6-14 . フィールドバランシングのフローチャート

6-6-3 . 修正結果の評価

修正結果の評価基準は、機械工事施工管理基準（案）ならびに道路トンネル技術基準（換気編）・同解説によると、「JISB8330の良以上」と定められているが、携帯型振動測定器の指標に換算すると、表6-5のとおりである。

表6-5 . 修正結果の評価基準

項目	内容
評価基準	振動速度(平均値) : 3.8mm/s未満 〔換算式〕 JIS B 8330の許容値(片振幅)の絶対平均換算 $6.0\text{mm/s} \times 2/ = 3.8\text{mm/s}$
備考	JIS B 8330 (送風機の試験及び検査方法) 振動速度(片振幅) : 6.0mm/s未満

なお、振動速度（平均値）の判定区分は、表6-6のとおりとする。

表6-6 . 振動速度測定値の判定区分

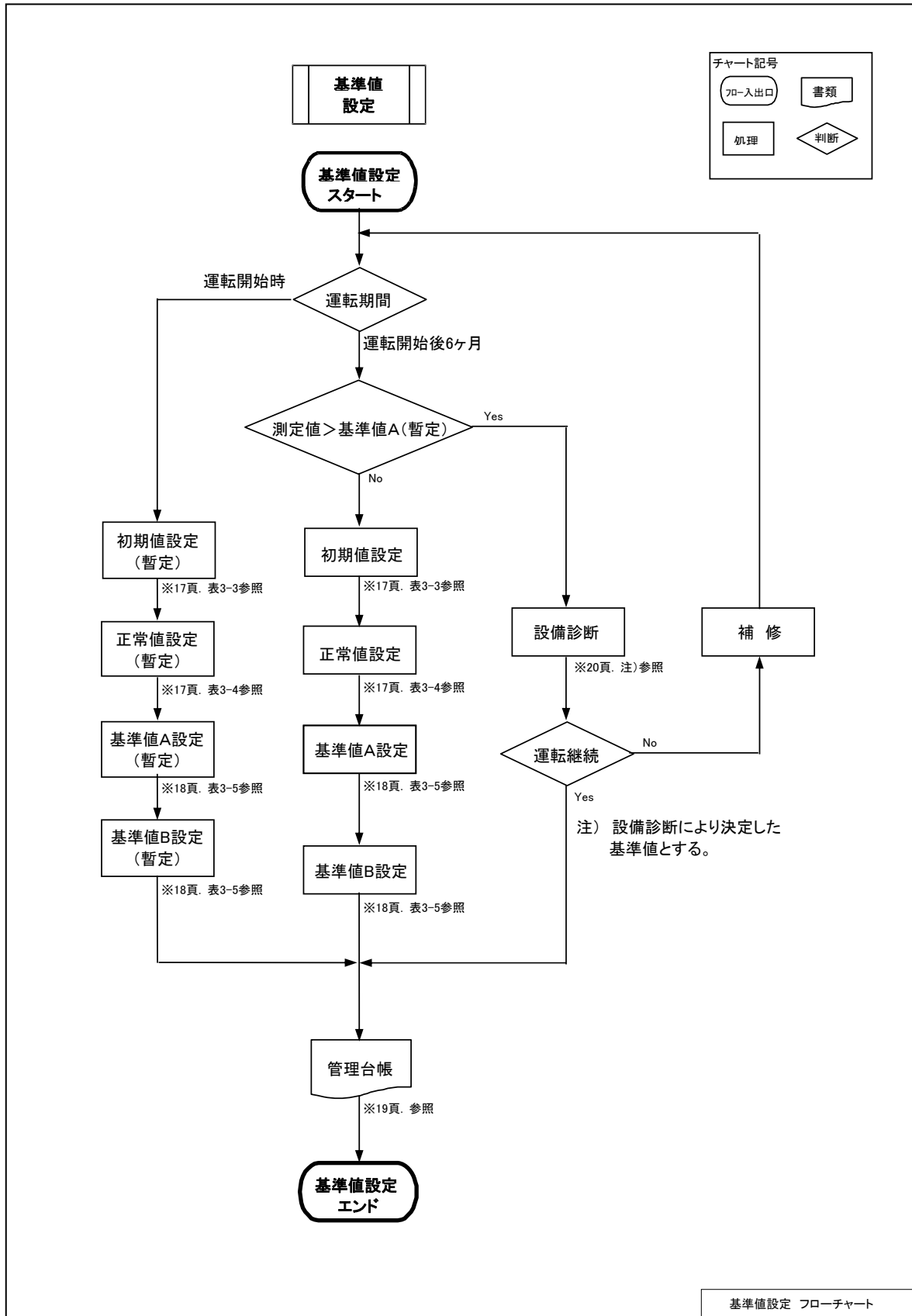
判定区分	振動速度 (mm/s)
優	1.6 未満
良	1.6 以上 3.8 未満
可	3.8 以上 9.5 未満
不可	9.5 以上

6-6-4 . バランス修正報告書

バランス修正報告書は、バランス修正実施後、速やかに監督職員に提出する。
記入例を参-表9（50頁）に示す。

資料編

資料-1：参考資料



参-図1. 基準値設定フローチャート

参-表1. 工場検査記録表（アンプ内蔵式の振動加速度センサ用）

トンネル名		ジェットファン名	
検査年月日		検査者名	
振動加速度センサ電気特性検査（アンプ内蔵方式）			
測定項目	電流(mA)	電圧(V)	判定 ※センサ絶縁測定は厳禁
判定基準	センサメーカー基準値		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			
外観目視（良かった場合：良、不良の場合：不良内容記載）			
部 位	センサ本体		センサリードケーブルと中継箱の接続部
判定基準	取付位置が図面と相違ないこと		コネクタの破損・弛みがないこと
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			

振動値検査					
測定項目	振動速度 [mm/s]	判定	振動加速度 [G]	高周波帯域加速度処理値	
				(平均) [G]	(ピーク) [G]
判定基準	メーカー基準値			—	
〔正 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					
〔逆 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					

参-表2. 工場検査記録表（アンプ非内蔵式の振動加速度センサ用）

トンネル名		ジェットファン名	
検査年月日		検査者名	
振動加速度センサ電気特性検査（アンプ非内蔵方式）			
測定項目	絶縁(MΩ)	共振点(kHz)	判定
判定基準	センサーカー基準値		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			
外観目視（良かった場合：良、不良の場合：不良内容記載）			
部 位	センサ本体		センサリードケーブルと 中継箱の接続部
判定基準	取付位置が図面と相違ないこと		コネクタの破損・弛みがないこと
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			

振動値検査					
測定項目	振動速度 [mm/s]	判定	振動加速度 [G]	高周波帯域加速度処理値	
				(平均) [G]	(ピーク) [G]
判定基準	ファンカー基準値			—	
[正 転]					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					
[逆 転]					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					

参-表3. 現地検査記録表（アンプ内蔵式の振動加速度センサ用）

トンネル名		ジェットファン名	
検査年月日		検査者名	
振動加速度センサ電気特性検査（アンプ内蔵方式）			
測定項目	電流(mA)	電圧(V)	判定
判定基準	センサーカー基準値		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			
外観目視（良かった場合：良、不良の場合：不良内容記載）			
部位	中継箱		測定箱
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・コネクタの弛みがないこと ・入線部がシールされていること 		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			

振動値検査					
測定項目	振動速度 [mm/s]	判定	振動加速度 [G]	高周波帯域加速度処理値	
				(平均) [G]	(ピーク) [G]
判定基準	ファンカー基準値			—	
〔正 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					
〔逆 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					

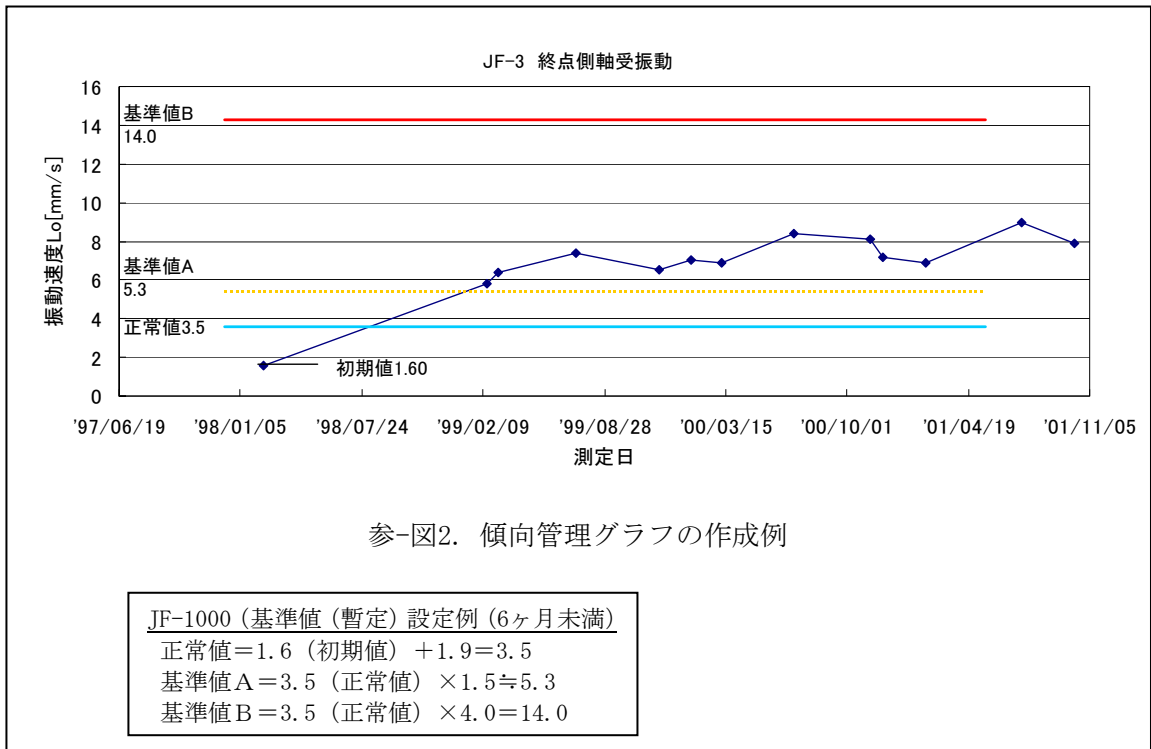
初期値及び暫定の正常値・設備劣化評価基準値				
※運転開始後6ヶ月間、同一トンネル内のジェットファン全てに適用する	◎◎側軸受		△△側軸受	
	振動速度 [mm/s]	高周波帯域加 速度処理値[G]	振動速度 [mm/s]	高周波帯域加 速度処理値[G]
〔正 転〕				
初期値（同一トンネル内JF平均値）				
正常値(初期値+3σ [σ : 定数])				
基準値A(正常値×1.5)				
基準値B(正常値×4.0)				
〔逆 転〕				
初期値（同一トンネル内JF平均値）				
正常値(初期値+3σ [σ : 定数])				
基準値A(正常値×1.5)				
基準値B(正常値×4.0)				

参-表4. 現地検査記録表（アンプ非内蔵式の振動加速度センサ用）

トンネル名		ジェットファン名	
検査年月日		検査者名	
振動加速度センサ電気特性検査（アンプ非内蔵方式）			
測定項目	絶縁(MΩ)	共振点(kHz)	判定
判定基準	センサーカー基準値		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			
外観目視（良かった場合：良、不良の場合：不良内容記載）			
部 位	中継箱		測定箱
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・コネクタの弛みがないこと ・入線部がシールされていること 		
JF-○ ◎◎側軸受			
JF-○ △△側軸受			

振動値検査					
測定項目	振動速度 [mm/s]	判定	振動加速度 [G]	高周波帯域加速度処理値	
				(平均) [G]	(ピーク) [G]
判定基準	ファンカー基準値		—		
〔正 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					
〔逆 転〕					
JF-○ ◎◎側軸受					
JF-○ △△側軸受					

初期値及び暫定の正常値・設備劣化評価基準値				
※運転開始後6ヶ月間、同一トンネル内のジェットファン全てに適用する	◎◎側軸受		△△側軸受	
	振動速度 [mm/s]	高周波帯域加 速度処理値[G]	振動速度 [mm/s]	高周波帯域加 速度処理値[G]
〔正 転〕				
初期値（同一トンネル内JF平均値）				
正常値(初期値+3σ [σ : 定数])				
基準値A(正常値×1.5)				
基準値B(正常値×4.0)				
〔逆 転〕				
初期値（同一トンネル内JF平均値）				
正常値(初期値+3σ [σ : 定数])				
基準値A(正常値×1.5)				
基準値B(正常値×4.0)				



参-資料1. 表3-4、表3-5に記載している各数値の根拠

1. 表3-4（正常値の設定）に記載している各数値（ 3σ ）の根拠

正常値（暫定）の設定をするための各数値（ 3σ ）は、中国管内のジェットファン複数台を対象に、電動機軸受部に振動加速度センサを取付け、実際のトンネル環境下における測定値から得たものである。

その他の口径の各数値（ 3σ ）は、JF-600とJF-1000の電動機容量と 3σ 値の関係及び、電動機容量の増加に伴い 3σ 値の増加率が低下することを考慮した曲線式である。

測定対象としたジェットファン

口径	トンネル名	台数	センサ数
JF-600	鈴ヶ峰	9	18
JF-1000	防府第3	10	20
	三原第6,7	6	12
	三原第8	3	6
	三原第9	5	10

2. 表3-5（基準値A、Bの設定）に記載している各数値の根拠

JIS B 0906 (ISO 10816)の振動基準（暫定）では、下表（代表的なゾーン境界値）に示すとおり、ゾーンAの上限からゾーンBの中央値までの変化を4dBとし、ゾーンBの中央値からゾーンCの中央値までの変化を8dBとしている。

本マニュアル（案）での各基準値の考え方は、ゾーンAの範囲を正常値と考え、ゾーンBの中央値を基準値A、ゾーンCの中央値を基準値Bとしている。

したがって、基準値Aを設定するための「1.5倍」は、本来4dB \div 1.58倍（正常値から基準値Aまでの変化）であるが、実用上の有効数字が2桁であることから1.5倍とする。

また、基準値Bを設定するための「4.0倍」は、本来12dB \div 3.98倍（正常値から基準値Bまでの変化）であるが、実用上の有効数字が2桁であることから4.0倍とする。

参考：JIS B 0906 (ISO 10816) と本マニュアル(案)の各基準値の比較

JISでは、電動機の大きさ別にクラスを分けているが、いずれのクラスも基準の比率が同一であることを、本マニュアル(案)の各基準値設定の考え方として採用している。

振動速度 (mm/s)	差	クラス I	本マニュアル(案) の各基準値	クラス II	本マニュアル(案) の各基準値
— 0.28 —	4dB	ゾーンA	初期値 — 正常値 —	ゾーンA	初期値 — 正常値 —
— 0.45 —					
— 0.71 —					
— 1.12 —	4dB	ゾーンB	← 基準値A	ゾーンB	← 基準値A
— 1.8 —					
— 2.8 —	4dB	ゾーンC	← 基準値B	ゾーンC	← 基準値B
— 4.5 —					
— 7.1 —	4dB	ゾーンD		ゾーンD	

(評価ゾーンの定義)

ゾーンA: 新しく設置された機械の振動値は通常、このゾーンに含まれるであろう。

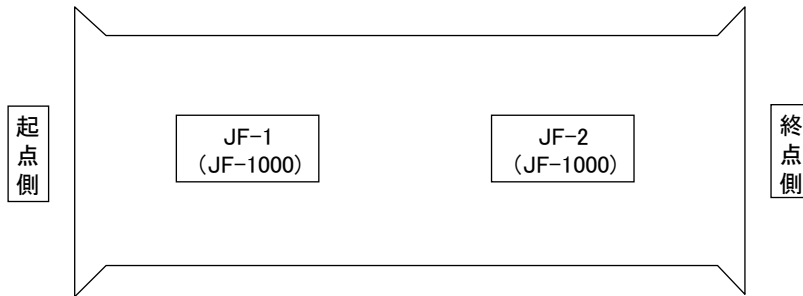
ゾーンB: このゾーンの振動値の機械は、一般に何の制限もなく長期運転が可能であると考えられる。

ゾーンC: このゾーンの振動値の機械は、長期間の連続運転は期待できないと考えられる。一般に、改善処置のための適切な機会が生じるまでの限定した期間だけこの振動条件で運転できる。

ゾーンD: このゾーンの振動値の機械は、損傷を起こすのに十分なほどに厳しいと、通常考えられる。

参-資料2. 各基準値の設定例

ジェットファン2台の場合の各基準値設定例を示す。



1. 暫定（運転開始から6ヶ月間）

(1) 運転開始時の各基準値（暫定）設定結果

ジェットファン名	運転方向	センサ箇所名	振動指標	1回目測定	初期値 (測定値 の平均)	3σ (表3-4の 定数)	正常値 (初期値 +3σ)	基準値A (正常値 ×1.5)	基準値B (正常値 ×4.0)
JF-1	正転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.00	1.43	1.90	3.33	4.99	13.30
			高周波帯域 [G]	0.20	0.28	1.20	1.48	2.21	5.90
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	0.82	1.17	1.90	3.07	4.60	12.26
			高周波帯域 [G]	0.15	0.19	1.20	1.39	2.08	5.54
	逆転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.10	1.56	1.90	3.46	5.18	13.82
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	0.95	1.31	1.90	3.21	4.81	12.82
JF-2	正転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.85	1.43	1.90	3.33	4.99	13.30
			高周波帯域 [G]	0.35	0.28	1.20	1.48	2.21	5.90
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.51	1.17	1.90	3.07	4.60	12.26
			高周波帯域 [G]	0.22	0.19	1.20	1.39	2.08	5.54
	逆転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	2.01	1.56	1.90	3.46	5.18	13.82
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.66	1.31	1.90	3.21	4.81	12.82
	高周波帯域 [G]	起点側軸受	0.34	0.28	1.20	1.48	2.22	5.92	
		終点側軸受	0.20	0.16	1.20	1.36	2.03	5.42	

(2) 各基準値（暫定）の設定例

上表のうち、JF-1（正転、起点側）振動速度を一例として、初期値及び各基準値の設定例を以下に示す。

① 初期値の設定（17頁、表3-3参照）

初期値は、同一のセンサ取付箇所、同一の運転方向のジェットファンで測定した測定値（1回目）の平均とする。

$$\text{初期値} = \frac{1.00 + 1.85}{2} = 1.425 \approx 1.43$$

② 正常値の設定（17頁、表3-4参照）

$$\begin{aligned} \text{正常値} &= \text{初期値} + 3\sigma \\ &= 1.425 + 1.90 \\ &= 3.325 \approx 3.33 \end{aligned}$$

③ 基準値Aの設定 (18頁、表3-5参照)

$$\begin{aligned} \text{基準値A} &= \text{正常値} \times 1.5 \\ &= 3.325 \times 1.5 \\ &= 4.9875 \approx 4.99 \end{aligned}$$

④ 基準値Bの設定 (18頁、表3-5参照)

$$\begin{aligned} \text{基準値B} &= \text{正常値} \times 4.0 \\ &= 3.325 \times 4.0 \\ &= 13.30 \end{aligned}$$

以上、JF-1 (正転、起点側) の各基準値 (暫定) 設定の一例について示したが、この外についても同一のセンサ取付箇所、同一の運転方向別に順次同様の設定を行う。

2. 基準値見直し (運転開始後6ヶ月)

(1) 運転開始後6ヶ月の各基準値 (見直し) 設定結果

ジェットファン名	運転方向	センサ箇所名	振動指標	1回目測定	2回目測定	3回目測定	4回目測定	5回目測定	6回目測定	初期値 (6ヶ月の測定値平均)	3σ (6ヶ月の測定値から計算)	正常値 (初期値+3σ)	基準値A (正常値×1.5)	基準値B (正常値×4.0)
JF-1	正転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.00	1.21	0.95	1.06	0.98	1.10	1.05	0.29	1.34	2.00	5.35
			高周波帯域 [G]	0.20	0.22	0.21	0.30	0.28	0.17	0.23	0.15	0.38	0.57	1.52
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	0.82	1.10	0.90	0.94	0.81	0.85	0.90	0.32	1.23	1.84	4.91
	逆転	起点側軸受	高周波帯域 [G]	0.15	0.15	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	0.05	0.18	0.27	0.71
			振動速度 [mm/s]	1.10	1.05	1.01	1.02	0.95	1.00	1.02	0.15	1.17	1.76	4.69
		終点側軸受	高周波帯域 [G]	0.22	0.20	0.18	0.16	0.17	0.16	0.18	0.07	0.25	0.38	1.01
JF-2	正転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	0.95	1.02	1.32	0.98	0.95	1.00	1.04	0.42	1.46	2.19	5.84
			高周波帯域 [G]	0.11	0.10	0.97	0.15	0.15	0.15	0.27	1.03	1.30	1.95	5.20
		終点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.85	2.10	1.90	1.95	1.85	1.93	1.93	0.28	2.21	3.31	8.83
	逆転	起点側軸受	高周波帯域 [G]	0.35	0.35	0.35	0.34	0.36	0.36	0.35	0.02	0.37	0.56	1.50
			振動速度 [mm/s]	1.51	1.50	1.62	1.43	1.42	1.55	1.51	0.23	1.73	2.60	6.92
		終点側軸受	高周波帯域 [G]	0.22	0.21	0.21	0.21	0.17	0.21	0.21	0.05	0.26	0.39	1.03
逆転	起点側軸受	振動速度 [mm/s]	2.01	1.95	1.98	1.95	1.95	2.00	1.97	0.08	2.06	3.08	8.22	
		高周波帯域 [G]	0.34	0.34	0.34	0.32	0.33	0.33	0.33	0.02	0.36	0.54	1.43	
	終点側軸受	振動速度 [mm/s]	1.66	1.52	1.60	1.58	1.68	1.65	1.62	0.18	1.79	2.69	7.18	
			高周波帯域 [G]	0.20	0.22	0.22	0.28	0.21	0.16	0.22	0.12	0.33	0.50	1.33

(2) 各基準値 (見直し) の設定例

上表のうち、JF-1 (正転、起点側) 振動速度を一例として、初期値及び各基準値の設定例を以下に示す。

① 初期値の設定 (17頁、表3-3参照)

初期値は6ヶ月の測定値 (6回) の平均とする。

$$\text{初期値} = \frac{1.00 + 1.21 + 0.95 + 1.06 + 0.98 + 1.10}{6} = 1.05$$

- ② 正常値の設定（17頁、表3-4参照）

$$\text{正常値} = \text{初期値} + 3\sigma$$

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\ &= \left[\frac{1}{6-1} \{ (1-1.05)^2 + (1.21-1.05)^2 + (0.95-1.05)^2 + (1.06-1.05)^2 + (0.98-1.05)^2 \right. \\ &\quad \left. + (1.10-1.05)^2 \} \right]^{1/2} \\ &= 0.0955\end{aligned}$$

$$3\sigma = 3 \times 0.0955 = 0.2865 \doteq 0.29$$

$$\therefore \text{正常値} = 1.05 + 0.2865 = 1.3365 \doteq 1.34$$

- ③ 基準値Aの設定（18頁、表3-5参照）

$$\text{基準値A} = \text{正常値} \times 1.5$$

$$= 1.3365 \times 1.5$$

$$= 2.00$$

- ④ 基準値Bの設定（18頁、表3-5参照）

$$\text{基準値B} = \text{正常値} \times 4.0$$

$$= 1.3365 \times 4.0$$

$$= 5.346$$

$$\doteq 5.35$$

以上、J F - 1（正転、起点側）の各基準値（見直し）設定の一例について示したが、この外についてもジェットファン毎の運転方向別及びセンサ別に順次同様の設定を行う。

参-表5. 点検管理表の記入例

項 目		内 容 等
トンネル名		防府第3トンネル(L=1833m)
ジェットファン名		JF-5
設置年月日		0000年00月00日
路線名		一般国道2号(000k000~000k000)
設置場所		山口県防府市大字牟礼地内
ジェットファンの仕様	1) 口径	φ1030
	2) 翼枚数	8枚
	3) 翼段数	2段
	4) 電動機容量	30kW
	5) 回転数	1750min-1
	6) ファンメーカー	□□□□
	7) 電動機メーカー	◎◎◎◎
	8) 軸受メーカー	△△△△
	9) 軸受型式	6313ZZ
	10) 軸受仕様	ピッチ円直径：φ102.5、転動体径：φ23.8、 転動体数：8、接触角：0°
振動加速度センサ	型 式	AP-50CDR
	数 量	2 個
運転開始年月日		1998年4月1日
<p>正転 ← → 逆転</p> <p>ジェットファン配置図</p>		
(摘 要)		

参-表6. 基準値管理表の記入例

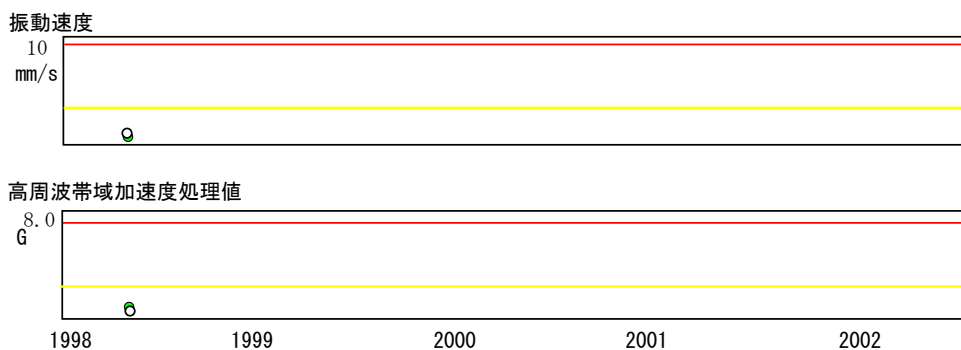
トンネル名	防府第3トンネル		ジェットファン名		JF-5				
測定機器	(メーカー名) ○○○○会社、(型式) MCV-072/D10、(製造番号) △△△△								
設定者名	○○○○会社 ○○ ○○								
設定年月日	1998年4月1日 (運転開始時)				1998年9月30日 (運転開始後6ヶ月)				
運転時間 (Hr)	0				750				
暫定基準値設定後運転時間 (Hr)	0				740				
センサ取付場所	周南側		下関側		周南側		下関側		
運転方向	正転	逆転	正転	逆転	正転	逆転	正転	逆転	
初期値	振動速度 [mm/s]	0.50	0.90	0.60	0.70	0.70	0.70	0.65	0.70
	高周波帯域加速度処理値 (平均) [G]	0.50	0.50	0.40	0.45	0.40	0.30	0.45	0.35
正常値	振動速度 [mm/s]	2.40	2.80	2.50	2.60	1.20	1.20	1.30	1.20
	高周波帯域加速度処理値 (平均) [G]	1.70	1.70	1.80	1.90	1.40	1.40	1.50	1.50
基準値A	振動速度 [mm/s]	3.60	4.20	3.75	3.90	1.80	1.80	1.95	1.80
	高周波帯域加速度処理値 (平均) [G]	2.55	2.55	2.70	2.85	2.10	2.10	2.25	2.25
基準値B	振動速度 [mm/s]	9.60	11.20	10.00	10.40	4.80	4.80	5.20	4.80
	高周波帯域加速度処理値 (平均) [G]	6.80	6.80	7.20	7.60	5.60	5.60	6.00	6.00
<p>(摘要)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転開始時は、暫定の基準値を設定記載し、1998年4月1日～1998年9月30日の間の基準値として使用する。 									

参-表7. 測定記録表の記入例

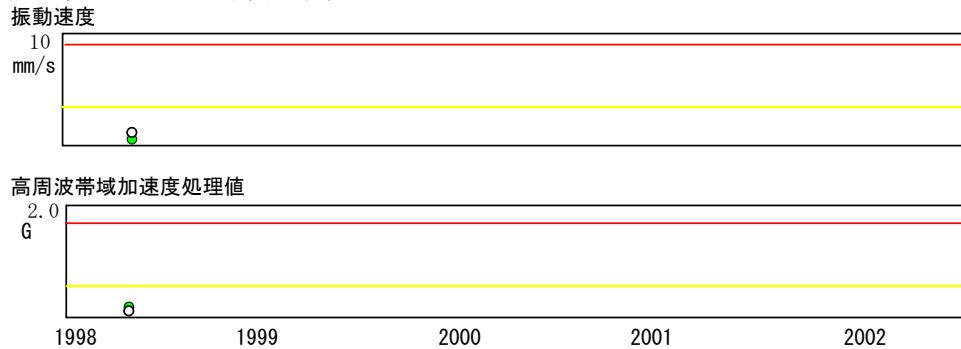
トンネル名	防府第3トンネル	ジェットファン名	JF-5					
測定年月日	1998. 4. 1	次回測定予定年月日	1998. 5. 1					
運転時間(Hr)	0	暫定基準値設定後運転時間(Hr)	0					
測定機器	(会社名) ○○○○会社、(型式) MCV-072/D10、(製造番号) △△△△							
測定結果	良好							
測定者名	○○○○会社、○○ ○○		確認者名	△△ △△				
項目	正 転			逆 転			判定	
	正常値	基準値A	測定値	正常値	基準値A	測定値		
周南側軸受	振動速度[mm/s]	2.40	3.60	0.50	2.80	4.20	0.43	良好
	振動加速度[G]	—	—	0.20	—	—	0.20	—
	高周波[G]	1.70	2.55	0.44	1.70	2.55	0.51	良好
	高周波(P)[G]	—	—	1.30	—	—	1.50	—
下関側軸受	振動速度[mm/s]	2.50	3.75	0.90	2.60	3.90	0.60	良好
	振動加速度[G]	—	—	0.20	—	—	0.10	—
	高周波[G]	1.80	2.70	0.10	1.90	2.85	0.40	良好
	高周波(P)[G]	—	—	0.30	—	—	1.20	—

注) 項目欄の高周波：高周波帯域加速度処理値（平均）、高周波(P)：高周波帯域加速度処理値（ピーク）である。

傾向管理グラフ：周南側軸受



傾向管理グラフ：下関側軸受

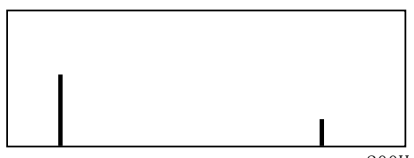


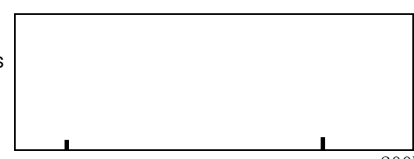


摘要

参-表8. 測定値管理表の記入例

トンネル名		防府第3トンネル								
ジェットファン名		J F-5								
測定機器		〇〇〇〇会社、MCV-072/D10、△△△△								
センサ取付 場所	運転 方向	点検回数	1回目	2回目	3回目	4回目	6回目	7回目		
		次回測定年月日	—	98.5.1	98.6.1	98.6.1	98.6.1	99.2.1		
		測定年月日	98.4.1	98.5.6						
		運転時間[Hr]	0	180						
		暫定基準値設定後の運転時間[Hr]	0	170						
周南側	正転	振動速度(平均) [mm/s]	0.50	0.53						
		振動加速度(平均) [G]	0.20	0.20						
		高周波処理値(平均) [G]	0.44	0.42						
		高周波処理値(ピーク) [G]	1.30	1.20						
	逆転	振動速度(平均) [mm/s]	0.43	0.50						
		振動加速度(平均) [G]	0.20	0.20						
		高周波処理値(平均) [G]	0.51	0.48						
		高周波処理値(ピーク) [G]	1.50	1.50						
下関側	正転	振動速度(平均) [mm/s]	0.90	0.85						
		振動加速度(平均) [G]	0.20	0.20						
		高周波処理値(平均) [G]	0.10	0.08						
		高周波処理値(ピーク) [G]	0.30	0.25						
	逆転	振動速度(平均) [mm/s]	0.60	0.72						
		振動加速度(平均) [G]	0.10	0.20						
		高周波処理値(平均) [G]	0.40	0.32						
		高周波処理値(ピーク) [G]	1.20	1.00						

参-表9. バランス修正報告書の記入例

トンネル名	防府第3トンネル		ジェットファン名	J F - 5		
修正実施日	1999. 4. 20	フィールド [®] バランス [®] 型式 (製造番号)				
修正者名	〇〇〇〇会社、〇〇 〇〇		確認者名	△△ △△		
運転時間 (Hr)	1230	暫定基準値設定後の運転時間 (Hr)		1200		
修正結果	周南側：良 下関側：優					
項 目		測定値 (振動速度 / 平均値) [mm/s]		判定	測定値 (振動速度 / 平均値) [mm/s]	
		正転				逆転
周南側軸受	修正前	5.5		可	4.8	
	修正後	2.2		良	2.0	
下関側軸受	修正前	4.1		可	5.4	
	修正後	0.8		優	0.6	
試しおもり重量	周南側翼	下関側翼		試しおもり 取付角度	周南側翼	
	20g	20g			35度	下関側翼
修正おもり重量	周南側翼	下関側翼		修正おもり 取付角度	周南側翼	
	35g	35g			78度	125度
周波数分析：下欄にフィールドバランスの出力波形を添付する。						
正 転	周南側軸受 修正前			下関側軸受 修正前		
						
逆 転	周南側軸受 修正後			下関側軸受 修正後		
						
(摘 要)						

資料-2：特記仕様書の機器仕様記載例

2-1. 振動法による場合

第 条 使用機器等

振動法によるジェットファンに設置する機器等の詳細は以下による。

(1) 振動加速度センサ

①方式	圧電式
②電圧感度	携帯型測定器の入力感度に適合のこと
③周波数範囲 (± 3 d B)	3Hz～10kHz
④最大測定加速度	50G
⑤共振周波数	15kHz 以上、40kHz 以下
⑥電源	電圧 14～25V, 定電流 0.5～5mA
⑦使用温度	-20～+110℃
⑧本体構造	プリアンプ内蔵・防水・耐油構造 ケース絶縁
⑨ 接続ケーブル	同軸ケーブル、(端末 BNC コネクタ プラグ) 換気設備本体にて接続ケーブルと切り離しを可能とする

(2) 中継箱

①材質	SUS 304
②構造	防滴, 防塵

(3) 中継接続ケーブル

①種類	同軸ケーブル
②端末処理	BNC コネクタ プラグージャック

(4) 測定箱

①材質	SUS 304
②構造	防滴, 防塵
③測定端子	BNC コネクタ ジャックージャック キャップ付

(5) 携帯型測定器

①入力部	圧電式アンプ内蔵振動加速度センサ対応
②入力感度	振動加速度センサの感度に適合すること
③測定モード	振動速度 5Hz-1kHz
	振動加速度 3Hz-10 kHz
	振動加速度（高周波） 10kHz-40kHz
	振動値、周波数分析
④機能	

2-2. フィールドバランシング

第 条 バランス修正

JIS B 8330 の振動規格「良以上」とすること。

機器等の詳細は以下による。

(1) フィールドバランサ

①分解能	振動速度：0.01mm/s 以下
	振動変位：0.01 μ m 以下
	回転数：1min ⁻¹ 以下
②周波数範囲	500Hz 以上
③演算機能	分力計算

(2) おもり

①試し用・修正用	材質、取付方法は監督職員の承諾を得ること
----------	----------------------

資料-3：用語解説

1. 位相：

ここでは、軸の1回転を 360° として、回転信号の起点（反射テープ部）を基準として測られた、正弦振動（軸受でのふれまわり振動）の進み角のことで、フィールドバランスでは、偏重心と回転信号の起点との相対角度の検出に使用する。

2. 回転周波数：

回転機械の回転軸が1回転する周波数のことで、1回転する周期の逆数。

例えば、回転数が $1800\text{min}^{-1}(\text{rpm})$ の場合、

1秒あたりの回転数は、

$$1800/60=30$$

であるため、回転周波数は30Hzである。

回転周波数に相当する振動が増加する原因として、アンバランス、芯狂い、軸曲がりなどがある。

3. 局所傷：

転がり軸受の構成部品である内輪・外輪の転送面及び転動体表面に生じる傷のこと。要因によって傷の種類は様々あり、主なものにフレーキングやフレッチングがある。前者は転がり疲れによる金属表面の剥離であり、後者は運搬中や停止中の微小振動による異常摩耗である。

4. 高周波帯域加速度処理値：

軸受の振動管理を目的とした聴診棒などで軸受音を聴く振動の帯域に相当する。振動加速度の10kHzから40kHzの周波数範囲の振動値であり、包絡線処理と周波数分析により軸受異常の部位を特定できる。

センサ共振点を利用して検出感度を高めていること、包絡線処理によって振幅が変化することから絶対的な物理値としての換算ができない。通常の加速度とは異なることを意識して、重力加速度G（ $IG=9.8\text{m/s}^2$ ）を単位とする。

5. 軸受外輪傷：

転がり軸受の外輪転送面に生じる、傷・錆・圧痕・剥離を総称する。傷は、異物の混入や潤滑不良に起因する。錆は、長時間運転しない場合や水の混入による。圧痕は、組込み時の取扱いや運搬及び設備使用時の衝撃による。剥離は、金属疲労や傷部分の応力集中による。

6. 軸受内輪傷：

転がり軸受の内輪転送面に生じる、傷・錆・圧痕・剥離を総称する。傷・錆・圧痕・剥離の要因は軸受外輪傷に同じ。

7. 軸受潤滑不良：

軸受の転動体と、内輪・外輪転送面及び保持器との摺動面の潤滑状態が悪く、十分な潤滑油膜が形成されない状態。グリースの劣化（酸化など）、塵埃や異物の混入、発熱によるグリースの炭化、グリース抜けなどによって生じる。スミアリング、異常摩耗、発熱、スミアリングが発展した焼き付きの原因になる。

8. 周波数：

周期の逆数。単位はヘルツ（Hz）であり、1秒あたりのサイクル数を表す。

9. 重心、偏重心：

翼のどの点に対してもその構成部分の重量の合力が通る点。偏重心は、回転中心からの重心の偏り。

10. 振動加速度：

測定対象の往復運動(振動)の加速度の変化。速度の時間微分で規定されるベクトル。ISO等に回転機械振動の規格はない。機械振動が持つ高い周波数の感度がよいため、回転機械の管理には都合がよい。

五感の異音や聴診棒で感じる振動であり、軸受や歯車の劣化検出に適している。

11. 振動速度：

測定対象の往復運動(振動)の速度の変化。変位の時間微分で規定されるベクトル。ISO、VDI、JIS等、参考となる機械振動の規格が多い。

五感の体感振動に相当する振動であり、人間が機械の異常を感じる感覚と振動速度は比例関係にある。また振動による部材の被害も振動速度に比例する。

12. 正転、逆転：

ジェットファンの場合、正転と逆転の運転方向の切替がある。

振動の測定値は、同じ正常状態でも運転方向によって異なることがあるため、正転時と逆転時を分けて測定値を管理することで、点検精度及び診断精度が向上する。

13. つりあい試験機：

翼単独や翼と軸の組合せでつりあいを調整する装置。つりあい良さは、偏重心と回転数からJIS B 0905に定める等級を求めて評価する。つりあい良さの等級は、振動速度と同様に回転数に関わらず一意に決まる。ジェットファンのつりあい良さの等級は、G6.3以下とされる。

14. 転動体傷：

転がり軸受の転動体表面に生じる、傷・錆・圧痕・剥離を総称する。傷・錆・圧痕・剥離の要因は軸受外輪傷に同じ。

15. ピーク値：

振動量の与えられた時間の範囲における極大値。極大値とは、関数の値が独立変数のいかなる小さな変化によっても減少するときの関数の値。

ここでは、負のピーク値も絶対値処理し、最大の値をピーク値としている。

16. 疲労破壊：

一定値以上の繰返し応力あるいは変動応力に起因して金属に亀裂が入り、亀裂が進展して破壊に至ること。疲労寿命を表わす方法として「S-N曲線」があり、応力振幅と繰返し回数(疲労寿命)の関係を示している。アンバランスによる繰返し応力は、軸1回転ごとに軸に作用し、軸受においては軸回転数に応じて軸受内の転動体が通過する周期で軸受転送面に作用する。アンバランスが大きいほど、繰返し応力が大きくなるため疲労寿命が短縮される。

17. 平均値：

振動波形のサンプリングデータを絶対値化して、演算区間内の総データの平均値を演算したもの。正弦波の場合、ピーク値の $2/\pi$ になる。振動の取りうる値(バラツキ)のほぼ中心的傾向を示す。

18. 脈動：

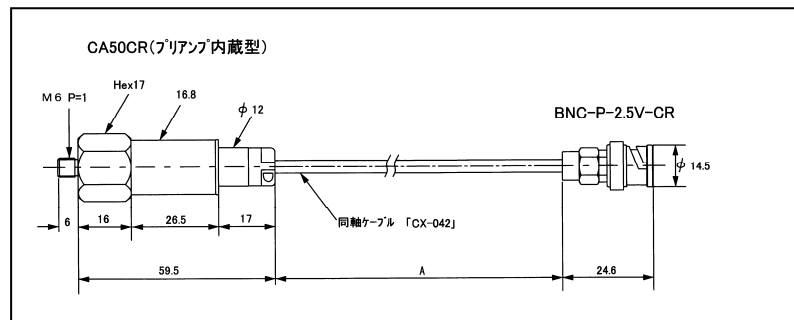
ジェットファンの翼が、近接する支持部品などを通過する時に生じる反力の振動であり、回転周波数に羽根枚数を乗じた周波数で発生する。正常で発生する振動であるが、翼に異常が生じると脈動振動に変化が生じる。

資料-4：測定機器型式例

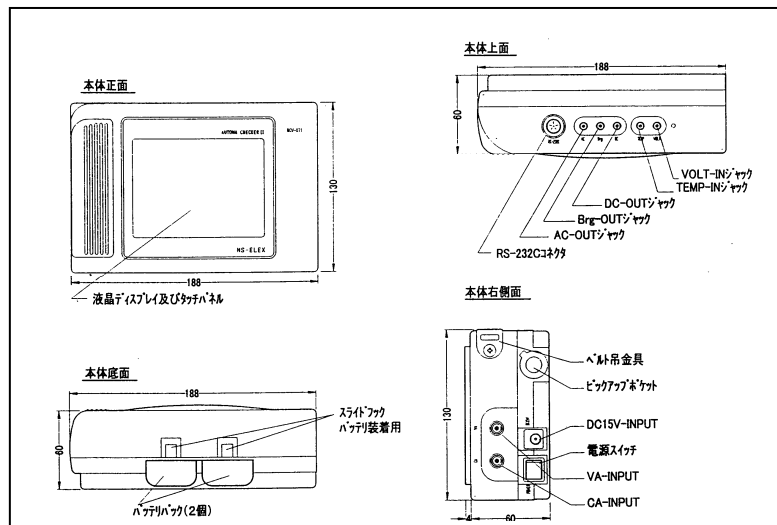
本マニュアル(案)の仕様に適合する機器の型式例を示す。振動加速度センサと携帯型測定器は感度・電源仕様などの制約により、メーカー推奨の組合せで使用する必要がある。

機器名称及び型式		メーカー
振動加速度センサ	携帯型測定器	
NP-3310	HS-1230	(株)小野測器
UD-19A1	KV732AFT	金陵電機(株)
AP50CDR		
CA50CR	MCV-072/D10	ニッテツ八幡エンジニアリング(株)
AP50CDR		

(株)小野測器	広島営業所	TEL 082-246-1777
金陵電機(株)	岡山営業所	TEL 086-423-8788
	西日本営業所	TEL 093-923-8296
ニッテツ八幡エンジニアリング(株)	本社営業部	TEL 093-872-2035



振動加速度センサ参考図



携帯型測定器参考図

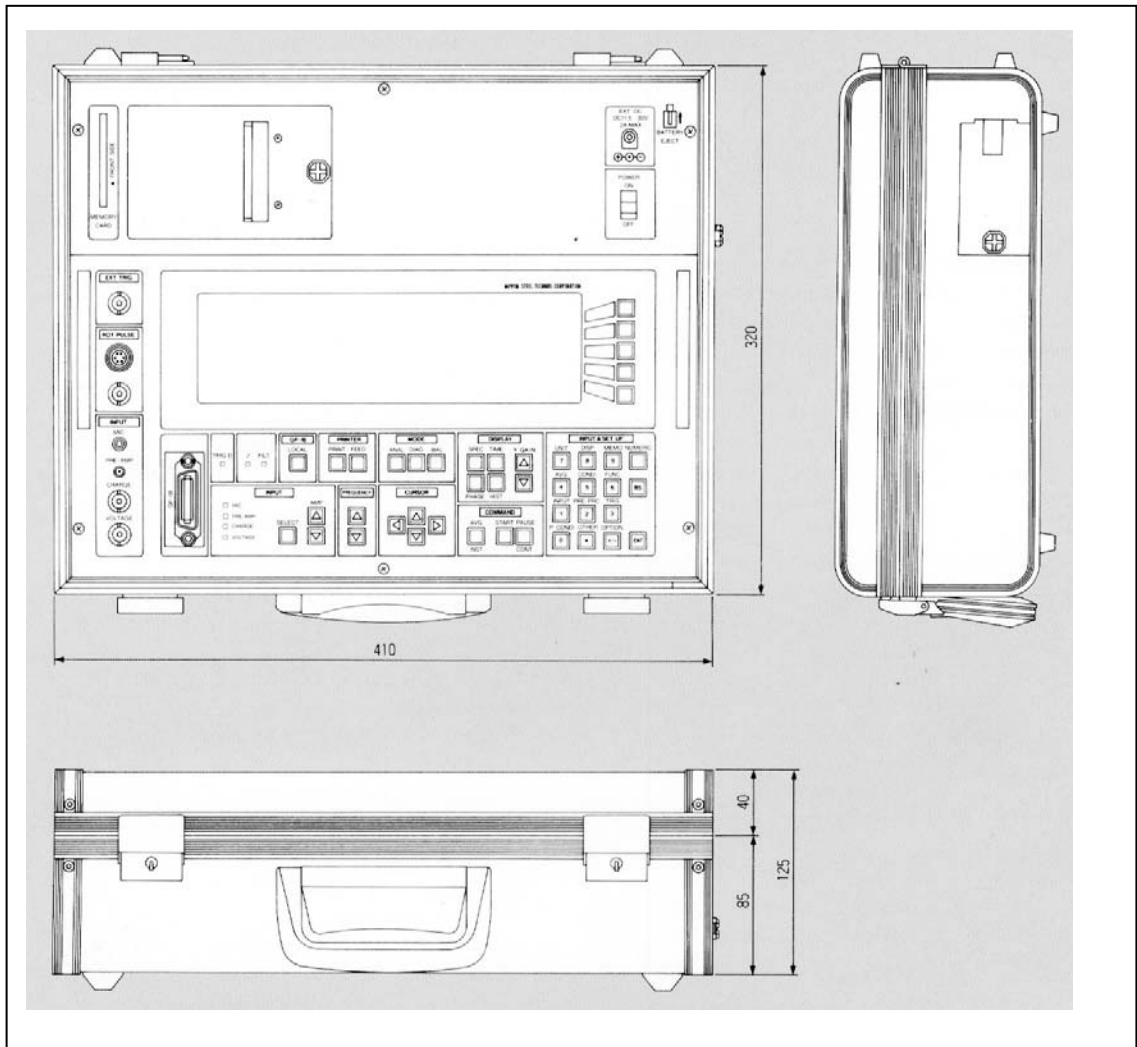
フィールドバリシングの場合の機器の型式例を示す。

機器名称及び型式		メーカー
フィールドバリサ	光電式検出器	
CF-250	LG-930	(株)小野測器
CF-3200J		
Model-7135(本体)	GSR-05R(本体付属品)	昭和測器(株)

株小野測器	広島営業所	TEL 082-246-1777
昭和測器(株)	本社	TEL 03-3866-3210



光電式検出器参考図



フィールドバランサ参考図