

表 5.3.8 詳細診断一覧表

診断調査項目	性能項目	診断調査項目	対象部位	頁
[1]	構造安全性 耐久性	腐食、摩耗(表面)	スクリーン、受桁、レーキ、ガイドレール	参考除塵－78
[2]	耐久性	摩耗（伸び）	レーキチェーン、フライトチェーン、スプロケット、ガイドレール	参考除塵－82
[3]	耐久性	塗装膜厚	除塵機	参考除塵－85
[4]	構造安全性	強度（応力）、 たわみ度	スクリーン、受桁、レーキ、ガイドレール	参考除塵－87
[5]	設備信頼性	温度上昇測定	電動機、減速機、軸受、油圧ポンプ、駆動プーリ	参考除塵－89
[6]	設備信頼性	回転数、 レーキ速度測定	電動機、油圧ポンプ、レーキ速度	参考除塵－91
[7]	設備信頼性	振動	電動機、減速機、軸受、油圧ポンプ、駆動プーリ	参考除塵－93
[8]	設備信頼性	電圧・電流測定（低 圧のみ）	電動機、機側操作盤	参考除塵－95
[9]	耐久性	絶縁抵抗測定	電動機、機側操作盤	参考除塵－97
[10]	耐久性	接地抵抗測定	電動機、機側操作盤	参考除塵－100
[11]	設備信頼性	芯振れ量	軸継手	参考除塵－104
[12]	設備信頼性	吐出圧力	油圧ポンプ	参考除塵－106
[13]	設備信頼性	油温	作動油	参考除塵－107
[14]	耐久性	油性状分析	作動油	参考除塵－109

具体的現地調査方法

診断種別	詳細診断調査	[1]
調査項目	腐食、摩耗（表面）	
調査方法	板厚計測	
対象部位	スクリーン、受桁、レーキ、ガイドレール	

【解説】

設計の構造安全性は、各部材内部で発生する応力（内力）が、許容応力度以内であるかで決まる。

主要部材の強度は設計板厚（S S材の場合腐食代は2mm）に影響し、腐食などにより板厚が減少すると強度が低下する。特に、レーキや受桁は荷重を支える要となる部分であるため、腐食等による板厚減少が進んでいる場合は留意する必要がある。

また、大気部と水中部の境目など乾湿が繰り返されやすい部分などは、腐食しやすいため要注意である。

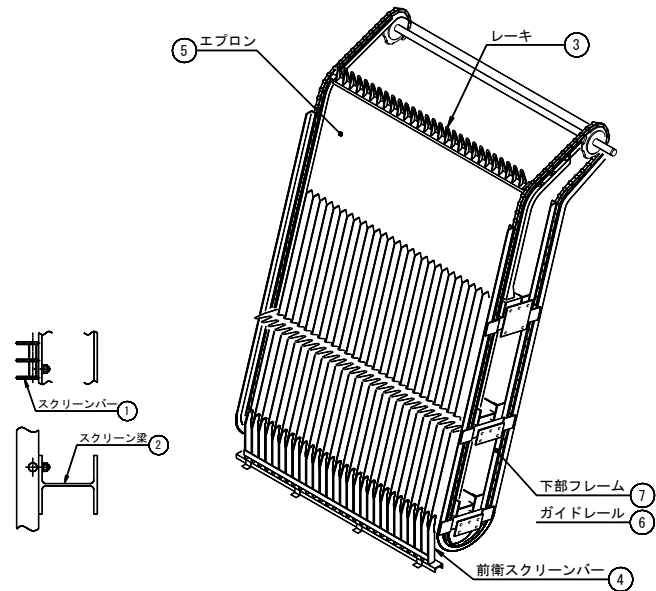


図 1.1 板厚測定対象部位箇所

(1)測定方法

腐食の計測

目視で腐食状況を確認し、腐食が著しく広い箇所については、残存板厚を超音波探傷式厚み計や超音波板厚計等で計測する。鋼材の腐食面は肉厚が均等に減少しておらず、凹凸形状を有していたり、局部的な孔状の腐食(孔食)であったりと様々な形態を呈するため、取扱いについては個々に検討するものとするが、以下にその代表例を示す。

なお、計測にあたっては、使用計器の取扱説明書を確認し、計測するものとする。超音波探傷式厚み計の場合は、測定開始前に測定対象鋼材とほぼ同厚で、板厚既知の基準鋼材に探触子を当てて、正確な板厚が表示されるよう調整が必要である。また、測定点は、ハンマやスクレーパ等により錆その他の付着物を除去し、ワイヤブラシ等で鋼材面をこすり、鋼材の地肌を露出させる。この際、鋼材面地肌を削りとりないように注意するとともに、測定後は補修塗装を必ず行うものとする。板厚計には塗膜の上から計測できる機種があり、こちらを使用すれば塗膜の除去や補修は不要である。

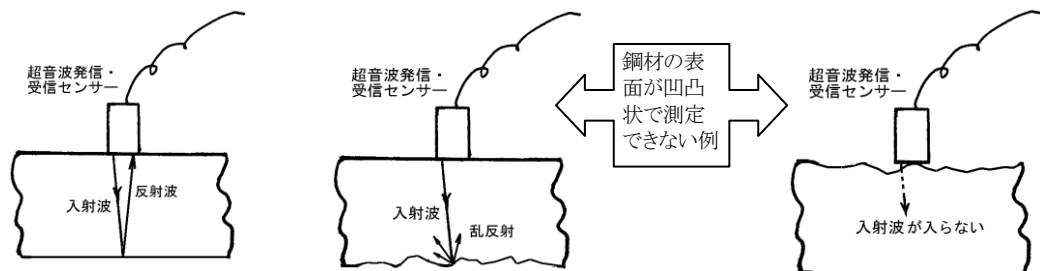


図 1.2 正確な板厚測定状況

1) 局所的な孔状の腐食(孔食)が単独で発生している場合

孔食を除く部分の肉厚を計測するとともに、孔食部分の深さを計測する。

なお、対象とする孔食の中心と他の孔食の中心との間隔が対象とする孔食の径の3倍以上離れている場合を「単独」で発生している孔食とする。「単独」で発生している孔食の場合には、「強度計算等による調査」において応力集中の検証を行う。

2) 局所的な孔状の腐食(孔食)がまとまって発生している場合や凹凸形状になっている場合

ランダムに計測箇所を設定し、これらの計測箇所における実測値の平均値をその箇所の計測値とする。※詳細な箇所選定は(2)測定箇所参照。



写真 1.1 超音波探傷式厚み計

(2)測定箇所

残存板厚計測は、計測箇所1箇所当り4～5点(フランジ等面積が小さい部材の場合、3点)の計測を実施し、その平均値を各箇所の計測値とする。

腐食の発生は下部や端部に集中することから、スクリーン・受桁・レーキ・ガイドレールに区分して全体を見渡し、著しく腐食が進行している箇所を選定し計測する。受桁とレーキは中央部で曲げ応力度が最大になり、端部でせん断応力度が最大になるため、主に中央部や端部について重点的に計測する。

受桁の腐食計測は、受桁の部材寸法が異なる毎に、最も腐食の著しい受桁について実施する。

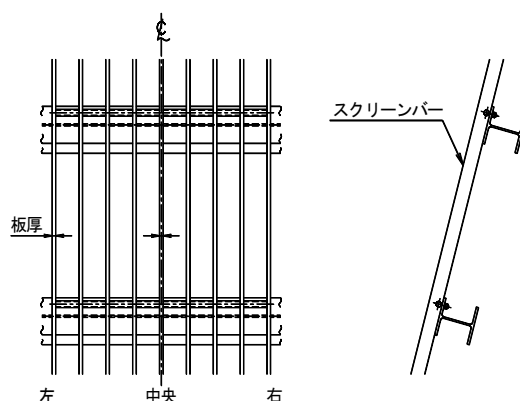


図 1.3 スクリーンの測定箇所

(3) 判定基準

1) 基準値・最小板厚

判定基準値は設計板厚以上とする。

- ※ 設計板厚：設計条件に対して許容応力度を満足する必要板厚（腐食代は含まない）。
- ※ 最小板厚：応力計算による設計値とは関係なく、基準上定められた最小板厚。
構造物がその構造を保持するため等の理由で最小限有しなければならない板厚のことであり、新設時に係らず構造物が存在している限り要求されるものである。

表 1.1 部材の最小板厚

最 小 板 厚		備 考
受桁、レーキ、ガイドレールの最小板厚	鋼板 (6mm－余裕厚) 又は 使用板厚の 1/2 の大なる方 形鋼 (5mm－余裕厚)	鋼構造物計画設計技術指針 (除塵設備編) 参照
スクリーンバーの最小板厚	9mm 以上－余裕厚	鋼構造物計画設計技術指針 (除塵設備編) 参照

2) 判定基準

表 1.2 健全度ランクの判定の例

健全度ランク	評価基準
S－5	新品と同等の状態
S－4	設計板厚以上（応力度が許容応力度未満） 最小板厚以上
S－3	法令遵守の観点から S－3 評価は行わない
S－2	設計板厚以下（応力度が許容応力度以上） 最小板厚未満

(4) 余寿命算定方法

除塵設備の余寿命算定には、単一部材の板厚（肉厚）で強度確認を行って余寿命を算定できるものや、複数部材で 1 つの強度部材を構成し、曲げ強度、せん断強度、たわみ度等の複数の必要強度全てを満足することを確認し、余寿命を算定しなければならないものがある。

このようなことより、部材の種類により次に示す式を適宜使い分けるものとする。

a. 単一部材の板厚（肉厚）により余寿命を算定するもの

スクリーンのような単一部材での余寿命は、次の(1)式より算定する。

$$\text{板厚年間減少量} = \frac{\text{製作時板厚} - \text{板厚計測平均値}}{\text{使用年}} \quad (\text{mm/年})$$

$$\text{算定余寿命} = \frac{\text{板厚計測平均値} - \text{必要板厚}}{\text{板厚年間減少量}} \quad (\text{年}) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、製作時板厚 : 材料検査時の実測値（ただし、不明な場合は、材料の規格値とする。）

板厚計測平均値 : 1 箇所当り 4 ～ 5 点計測した板厚の平均値

必要板厚 : 設計条件に対して許容応力度を満足する最小板厚

b. 複数部材の板厚（肉厚）により余寿命を算定するもの

スクリーン受桁のように、複数部材で1つの構造材を構成し、曲げ強度、せん断強度、たわみ度等の複数項目を満足することを確認し余寿命を算定するものは、以下の(2)の考えによる。

- (a) 構造材を構成する各部材（フランジ、腹板等）の板厚年間減少量（mm／年）を、それぞれ算出する。
- (b) 板厚計測時からの経過年数をY（年）と仮定する。
- (c) 各部材について、Y（年）後の板厚を下式により推定する。
$$Y \text{ 年後の板厚} = \text{計測時の板厚} - \text{板厚年間減少量} \times Y \text{（年）}$$
- (d) Y年後の板厚を用いて、構造材の断面性能を算出し、設計条件に対する曲げ強度、せん断強度、たわみ度を算出し、各許容値に対する照査を行う。 …… (2)
- (e) (d)の照査において、許容値に対し余裕がある場合は、経過年数Y（年）の値を大きくし、再度、繰り返し計算を行う。
- (f) (e)の計算の中で、照査項目の全てが許容値を満足する最長の経過年数Y（年）を求め、このY（年）を余寿命算定値とする。

(5)補修・整備方法

腐食が部分的である場合は、現地での肉盛りによる補修が一般的である。

面的に腐食が進んでいる場合は鋼板を当て、溶接により補修を行うが、更に広範囲になると腐食部分を切り抜き、当て板による補修を現場にて行う。

小形除塵機など、工場への運搬が比較的容易な場合は経済性なども考慮し、工場での補修を行う場合もある。



診断種別	詳細診断調査	[2]
調査項目	摩耗（伸び）	
調査方法	計測、目視	
対象部位	レーキチェーン、フライトチェーン、スプロケット、ガイドレール	

【解説】

チェーンのローラ軸部の摩耗が進むと、チェーンのピッチが伸び、回転不良の原因となり、操作不能となるおそれがある。チェーンプレートやスプロケットの摩耗は、強度低下につながる。

ガイドレールの摩耗は、レーキがレールから抜け落ちて、操作不能や事故になるおそれがある。

詳細診断では定量的に把握するため計測機器を用いて、各部位の計測を行う。

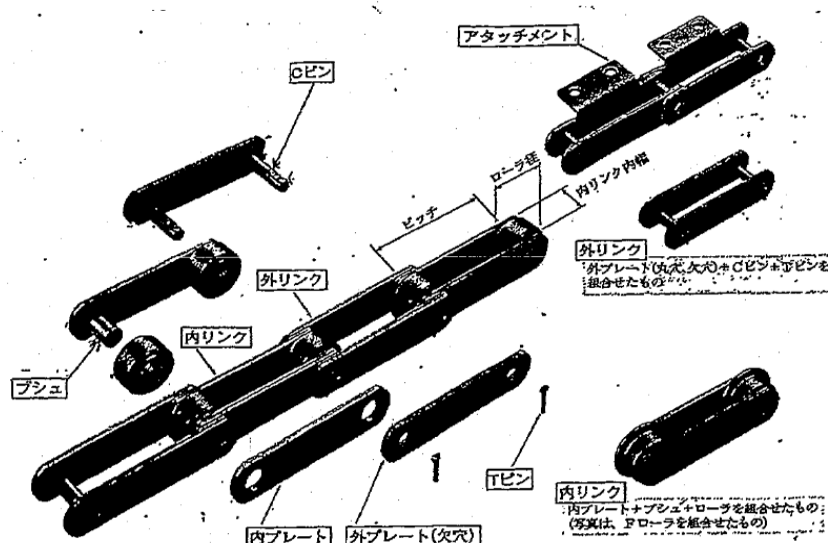


図 2.1 レーキチェーンの構造図

(1)測定方法

1) チェーン伸び：チェーンの伸び（ピッチ×4リンク以上）を測定。

チェーンのローラ軸部の摩耗量を直接計測するのは困難であるため、摩耗の結果としてチェーンが伸びることを利用して、チェーンピッチを測定する。

チェーン長さ(判定寸法)の測り方

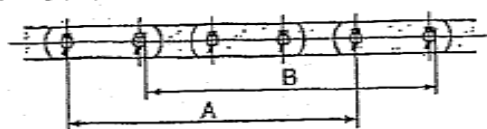


図 2.2 チェーンピッチ測定要領図

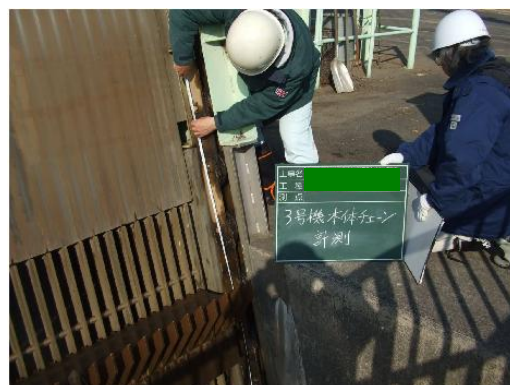


写真 2.1 チェーンピッチ測定状況

2) チェーンプレート： プレート板厚、幅の摩耗量を測定。

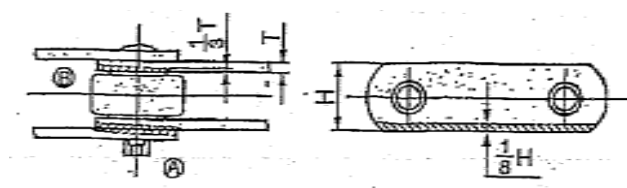


図 2.3 プレーットの板厚、幅測定要領図

3) チェーン sprocket： 板厚、歯面の磨耗量を測定。

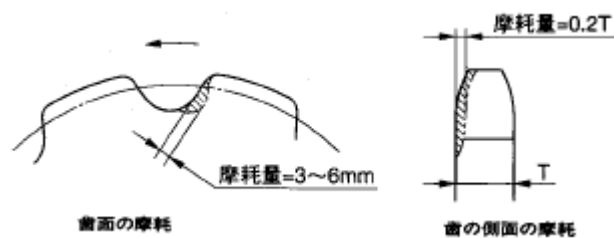


図 2.4 スプロケットの板厚、歯面磨耗量測定要領図

4) ガイドレールの摩耗： 除塵機上部のガイドレールの R 部でのレールの摩耗を測定。



写真 2.2 ガイドレールの R 部レールの摩耗

(2) 摩耗による使用限界

表 2.1 基準値、許容値の例

基準値			備考
チェーン	チェーンの伸び	基準長さ(ピッチ×4 リンク)の 2% になった時	メーカー推奨値
	プレートの板厚	正規の板厚の 1/3 が磨耗した時	
	プレートの幅	正規の板幅の 1/8 が磨耗した時	
	ローラの摩耗	プレート等が、下面のレール等に当たり始めた時	
	ローラブッシュの摩耗	ブッシュ肉厚が 40% になった時	
sprocket	sprocket の板厚	正規の板厚の 20% が磨耗した時	
	歯の摩耗	3~6mm	
ガイドレール	ローラ接触面の摩耗	設計板厚	

(3) 判定基準

表 2.2 健全度ランクの判定の例

健全度ランク	評価基準
S - 4	摩耗量が基準値以内
S - 3	摩耗量が基準値を超えるが、機能に支障がない状態
S - 2	摩耗量が著しく基準値を超え、機能に支障がある状態

(4) 余寿命予測

測定結果より年間の摩耗量を算出できる場合は、基準値に到達するまでの年数が余寿命となる。

年間の摩耗量の算出が困難な場合は、管理設置からの経過時間を計算し、耐用年数から経過時間を差し引いた年数を考慮して余寿命を予測する。

(5) 補修・整備方法

摩耗が基準値を超えている場合は、部品交換を行う。

チェーンの摩耗は全長にわたってほぼ均等に発生することが多いので、そのような場合は部品交換ではなく全体を交換することになる。

スプロケットは一体構造であるため、全体を交換することになる。

診断種別	詳細診断調査	[3]
調査項目	塗装膜厚	
調査方法	計測	
対象部位	除塵機	

【解説】

塗装は鋼材の表面を保護するために施工するものである。特に接水部の塗装は除塵機の長寿命化に大きく影響する。塗装の劣化を放置しておくと、最終的には板厚不足による強度不足になるおそれがある。

(1)測定方法

塗膜厚の測定は、一般的にはコンパクトでデジタル化されている写真 3.1 に示す電磁渦電流膜厚計が使用されており、写真 3.2 のように現場で簡単に測定することができる。

膜厚計には、ほかに電磁高周波式や超音波式などがある。

塗装厚は、 μm 単位で薄く施工も大変であることから膜厚は全てが均一でないことが多い、このため板厚測定と同様に数箇所を測定することが望ましい。

測定箇所については、次の(2)測定箇所で示す。



写真 3.1 電磁渦電流膜厚計（例）



写真 3.2 電磁渦電流膜厚計による測定例

(2)測定箇所

1) 塗膜状況(「さび」「はがれ」「われ」「ふくれ」)

レーキ、フレーム、エプロン等に区分して全体を見渡し、各々の劣化発生状況が著しい箇所を選定し計測する。

(3)判定基準

当初引渡し時の塗装膜厚記録との照合の結果、その差が異常に大きい場合、塗装の劣化が発生していると推測し、判定を行う。但し、塗装膜厚だけで判断するのではなく、概略診断「塗膜の状態」に示す「さび」「はがれ」「ふくれ」「われ」の劣化状態と合わせて評価する。

また、常時水没しているなどの理由から測定ができない場合は余寿命などから評価する。

表 3.1 健全度ランクの判定の例

健全度ランク	評価基準
S-4	設計値と同等（平均値が設計膜厚以上、最低値が設計膜厚の70%以上）
S-3	測定箇所の一部が設計値以下 「さび」「はがれ」等の劣化状態が部分的に見られる
S-2	測定箇所全てが著しく設計値を下回る 「さび」「はがれ」等の劣化状態が全体的に見られる

(4) 余寿命予測

一般的な塗装塗り替えの余寿命は、参考耐用年数から、経過時間を差し引いた年数で予測できるが、使用条件、現場条件、補修塗装等の整備状況によって左右されるため、診断結果を踏まえ総合的に判断し、今後の再塗装までの年数を予測する。参考耐用年数を表 3.2 に示す。

表 3.2 塗膜の参考耐用年数

適応箇所	塗装区分 ※1	塗装仕様 ※3	塗膜の参考耐用年数
主として接水部のスクリーン、レーキ	A	エポキシ樹脂系	新設 8～10 塗替 ※2 5～8
	B	厚膜エポキシ樹脂	新設 10～15 塗替 8～10
主として大気中の除塵機	C	エポキシ、ポリウレタン樹脂系	新設 10～12 塗替 8～10
	D	エポキシ、ふっ素樹脂系	新設 10～15 塗替 8～10
屋外の駆動装置	F	塩化ゴム系	新設 8～10 塗替 6～8
	H	フェノール MI0 塩ゴム系	新設 8～10 塗替 6～8
屋内の駆動装置	G	フタル酸樹脂系	新設 7～8 塗替 5～7

注) ※1 塗装区分、塗装仕様は、水門鉄管技術基準による。

※2 塗替の数値は、3 種ケレンを示す。1 種ケレンの場合は、新設と同値である。

※3 平成 20 年度に行われた鋼構造物設計計画技術指針「水門扉編」の改訂により、環境上支障のある塗装系は適用できなくなったため、補修や塗替において留意する必要がある。（上表では既設施設の耐用年数を検討するための参考として残してある。）

・塩化ゴム系塗料については 4 塩化炭素を含まないものに限定。（廃棄焼却時に猛毒のダイオキシンを発生する。）

・鉛系さび止めペイントを鉛・クロムフリー錆止めペイントに変更（鉛は人体に有害。）

(5) 補修・整備方法

部分的な塗膜厚の減少であれば、補修塗装を行う。全体的に塗膜厚の減少が生じていれば、ケレンを行った後、全面再塗装を行う。塗装劣化の周期が早いゲートにおいては、塗装仕様の変更を検討することも必要である。

ブラストやサンダーにより古い塗膜等を除去した後、再塗装を行う（ケレンのレベルによっては水洗い清掃を先行して行う必要あり）。

塗装の補修は、工場塗装と現場塗装があり、ケレンにおいても 1 種、2 種、3 種があるので、経済比較等を検討したうえで補修方法を決定することが望ましい。

注：接水部以外の塗装劣化に対しては、屋内の場合には、見栄えは劣るが、タッチペイント程度でもよい。

屋外の場合には、海岸に近い場合には、塗膜が破損し、母材を腐食しているケースが見受けられるので、定期的に状態確認を行い、タッチペイントか全面的な再塗装かを検討することが重要である。

診断種別	詳細診断調査	[4]
調査項目	強度（応力）、たわみ度	
調査方法	応力計算	
対象部位	スクリーン、受桁、レーキ、ガイドレール	

【解説】

強度（応力）不足及びたわみ度の増加は、操作に支障を及ぼす過度の変形を発生させる可能性がある。主要部材で測定した板厚から、現状の発生応力度を把握し、許容応力度に達するまでの余寿命予測を行う。

（１）構成部材の応力度調査

詳細診断では、板厚測定を行いその結果を使用して技術基準に基づいて曲げ強度、せん断強度、たわみ度等の計算を行う。

各部の部材は、設備が設計された当時の技術基準に基づく強度計算により決定されており、施工時期により強度計算の項目、計算手法、許容応力度値が変遷している。

長期にわたり強度上の問題を生ずることなく使用している設備については、施工当時の計算手法で計算を行うものとする。

使用中に強度上の問題を生じ、その原因が専門技術者等によって「新旧の技術基準の違い」にあると推定されるならば、「旧の技術基準に基づく計算値」とともに「現行の技術基準に基づく計算値」を参考で計算しておき、評価するものとする。

（２）測定箇所

スクリーン、受桁、レーキ、ガイドレール

（３）判定基準

１）強度（応力）、たわみ度の基準値

表 4.1 強度（応力）、たわみ度の基準値

基 準 値		備 考
スクリーン受桁の応力度	水門鉄管技術基準第 15 条	
スクリーンバーの応力度	水門鉄管技術基準第 149 条	
スクリーン受桁のたわみ度	1/800	水門鉄管技術基準第 20 条参照

２）判定基準

表 4.2 健全度ランクの判定の例

健全度 ランク	評価基準
S－4	基準値未満
S－3	基準値以上
S－2	著しく基準値を超える

(4) 余寿命予測

単一部材の板厚（肉厚）で強度確認をおこない余寿命を算定できるものや、複数部材で1つの強度部材を構成し、曲げ強度、せん断強度、たわみ度等の複数の必要強度全てを満足することを確認し、余寿命を算定しなければならないものがある。

S-4と評価された後のS-3に移行するまでの余寿命は以下に示すとおりであるが状態監視保全と併せて使用すると良い。

a. 単一部材の板厚（肉厚）により余寿命を算定するもの

スクリーンのような単一部材では、余寿命は次の(1)式より算定する。

$$\text{板厚年間減少量} = \frac{\text{製作時板厚} - \text{板厚計測平均値}}{\text{使用年数}} \quad (\text{mm}/\text{年})$$

$$\text{算定余寿命} = \frac{\text{板厚計測平均値} - \text{必要板厚}}{\text{板厚年間減少量}} \quad (\text{年}) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

板厚計測平均値：寸法計測記録表の計測平均値

必要板厚：設計条件に対して許容応力度を満足する最小板厚

b. 複数部材の板厚（肉厚）により余寿命を算定するもの

スクリーン受桁のように、複数部材で1つの構造材を構成し、曲げ強度、せん断強度、たわみ度等の複数項目を満足することを確認し余寿命を算定するものは、以下の(2)の考えによる。

(a) 構造材を構成する各部材（フランジ、腹板等）の板厚年間減少量
(mm/年)を、それぞれ算出する。

(b) 板厚計測時からの経過年数をY（年）と仮定する。

(c) 各部材について、Y（年）後の板厚を下式により推定する。

$$Y \text{ 年後の板厚} = \text{計測時の板厚} - \text{板厚年間減少量} \times Y \text{（年）}$$

(d) Y年後の板厚を用いて、構造材の断面性能を算出し、設計条件に対する曲げ強度、せん断強度、たわみ度を算出し、各許容値に対する照査を行う。

(e) (d)の照査において、許容値に対し余裕がある場合は、経過年数Y（年）の値を大きくし、再度、繰り返し計算を行う。

(f) (e)の計算の中で、照査項目の全てが許容値を満足する最長の経過年数Y（年）を求め、このY（年）を余寿命算定値とする。

…… (2)

(5) 補修・整備方法

部分的な強度不足の場合は、鋼板で当て板を溶接するなどの補修を行う。

強度が許容値を著しく超える場合は、装置全体の更新も考慮して検討する。

診断種別	詳細診断調査	[5]
調査項目	温度上昇測定	
調査方法	計測	
対象部位	電動機、減速機、軸受、油圧ポンプ、駆動プーリ	

【解説】

各機器の異常な温度上昇は、軸受部の摩擦抵抗の増大によって発生し、動力伝達率の低下、軸受部の破損や焼き付き等により設備の機能を損なうおそれがあるため、詳細診断では定量的に把握する必要がある、測定機器を用いて計測する。

(1)測定方法

過負荷、軸芯狂い、潤滑油過不足、グリース過不足等が発生すると軸受温度が異常上昇する。

計器による温度測定は、2つの方法がある。

- 1) 棒状温度計をパテなどで軸受感温部に取り付けて測定する。
- 2) 測定物に直接触れないで固体から放射する赤外線を利用し、表面温度を測定できるレーザー付き非接触温度計で測定する。製品概要を写真 5.1 に示す。

なお、レーザーポインター式非接触温度計は正確に目標物に向けられるが、目には絶対当てないようにしなければならない。(失明の危険があり、反射先にも十分に注意が必要である。)



写真 5.1 レーザー付き非接触温度計例



写真 5.2 レーザー付き非接触温度計による計測例

(2)測定箇所

- 1) レーキ式除塵機・コンベアの測定箇所を示す。電動機、減速機等の各軸受部の表面温度を測定する。特に、高速回転部である電動機、減速入力軸部の軸受は、発熱しやすい箇所であり、温度上昇の経過に注意する。

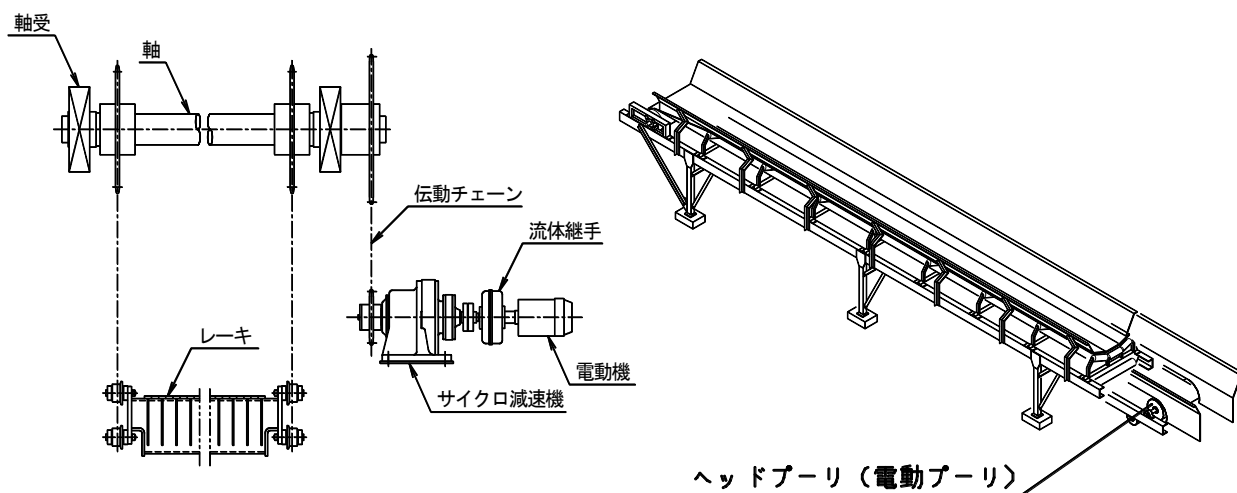


図 5.1 軸受温度の測定箇所

2) 油圧ユニットは、高速回転部である電動機と油圧ポンプの表面温度を計測する。油圧ポンプは作動油の温度の影響を受けるため、周囲温度との差だけではなく、作動油との温度差を加味して判断することが望ましい。

(3) 判定基準

1) 基準値、許容値

次の温度上昇以下であればよい。

電動機 : 40℃以下 (測定温度－周囲温度)

減速機 : 50℃以下 (測定温度－周囲温度)

軸受 : 40℃以下 (測定温度－周囲温度)

2) 電動機等温度上昇判定基準

表 5.1 健全度ランクの判定の例

健全度ランク	評価基準
S－4	基準値未満
S－3	基準値以上
S－2	著しく基準値を超える 許容値を超えて上昇傾向にある

(4) 余寿命予測

各機器の軸受の余寿命は、運転時間が目安となるが、併せて、軸受温度、振動値の傾向管理を行い、エンジニアリングジャッジで余寿命を推測する。

(5) 補修・整備方法

温度上昇の原因を調査して対策を講じる。潤滑油やグリース不足の場合、軸受部に給油を行う。芯狂いの場合、各機器間の軸芯を調整する。軸受の摩耗や損傷が原因の場合、軸受の交換、又は機器の分解整備を行う。