

特集／近年の保守・点検高度化技術〔事例〕

検査・メンテナンスの網羅性をあげ、設備の信頼性向上につながる各種スクリーニング技術とその適用事例

保守・点検に実績のある有限会社ティティエスに、異常個所を選別するスクリーニング技術が見直されていることから、その中でも PEC（パルス渦流探傷）、ガイド波検査技術、ソニックマンサーバイ技術を中心に解説してもらった。

（編集部）

有限会社ティティエス 横野 智明

1. はじめに

近年、プラントの老朽化による問題が顕在化してきており、設備の健全性を確保するために検査やメンテナンスを実施しなければならない箇所は年々増加している。また、一度トラブルが発生すると、類似箇所の検査・メンテナンスに追われ、本来やるべき保全が後回しとなり、別のトラブルが発生するなど、後手の対応となっている場面も見受けられる。トラブルを防止するためには、限られた予算の中で、いかに検査・メンテナンスの網羅性と継続性を上げていくかが課題となっている。

そういった中、近年スクリーニング技術が注目されている。過去、スクリーニング技術は海外では広く活用されていたが、国内ではあまり広がりが見られなかった。その理由として、国内ではスクリーニングに精度を求めすぎるあまり、活用が制限されてきたところにある。しかし、今までのやり方ではトラブルは減少せず、検査の網羅性があげられないため、スクリーニングの位置づけがようやく理解され、国内でも広がりを見せつつある。

本稿では、スクリーニング技術である、PEC（パルス渦流探傷）、ガイド波検査技術、ソニックマンサーバイ技術とその事例を紹介する。

2. PEC（パルス渦流探傷）検査技術

2.1. PEC の概要

PEC は、保温・耐火材などを剥離することなく、その下に存在する金属板厚を測定できる。システムは、プローブ・PEC 本体・PC で構成されている（図-1 参照）。測定原理は、送信コイルにパルス電流を流し、発生した磁界により測定対象金属を磁化させる。その後、受信状態に切り替え

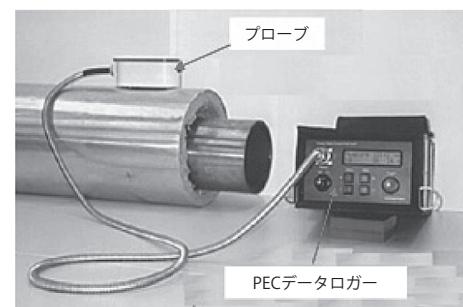


図-1 PECシステム

た際（送信電流 OFF）に金属表面に発生する渦電流から逆向きに発生する磁界により、受信コイルに信号が生じる。渦電流は、金属内を徐々に減衰しながら浸透し、裏面に到着した際に急減衰する、その時間から板厚を算出する（図-2 参照）。磁界は、非磁性体を透過するため、保温・耐火材、ライニング、貝殻などの海洋生成物等を除去せず検査ができる。また、6m 以下であれば、ポールを活用すれば足場なしで検査可能なため（図-3 参照）、コストを大幅に低減できる。しかし、活用には注意すべきポイントがある。保温の場合、外装がステンレスやアルミなどの非磁性の場合問題ないが、日本で多く使われている磁性体の亜鉛メッキ鋼板の場合は、影響を受ける場合があり、事前に影響の有無を確認する必要がある。また、リフトオフ（プローブ

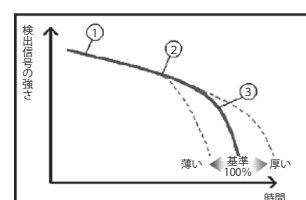


図-2 PECの信号と板厚算出



図-3 延長ポール例
(タワースカート)

と測定対象金属の距離)によって変化するフットプリントの大きさも重要となる。フットプリントを大きくとれば検査効率は向上するがピッチングなど小さな腐食への検出感度・精度が低下し、逆に、フットプリントを小さくとれば、感度・精度はよくなるが、検査のカバー率を上げるには測定点数を増やす必要がある。これを踏まえ、最適なフットプリントと測定ピッチを選定する必要がある。

2.2. PEC の適用事例

①保温, 保冷設備:

保温 / 保冷が施工されている設備を、保温を剥がすことなく検査できる。特に、極低温や高温の設備は、温度維持のために運転中に保温 / 保冷を取り外すことが難しく、従来は、設備停止時にしか検査できなかったが、PEC により運転中に設備の健全性を確認できるようになった (図-4 参照)。ただし、概要で述べたように、板金の種類には、注意が必要となる。

②タワースカート, 球形タンク脚柱:

タワースカート部や球形タンクに施工されているモルタルを剥離することなく検査できる。モルタルのひび割れやシール不良による雨水侵入により、腐食が実際に発生しているか確認できる。プラント内に対象数が多いため、PEC による全数スクリーニングで、解体補修する対象が選別されている。

③タワー本体, スタック:

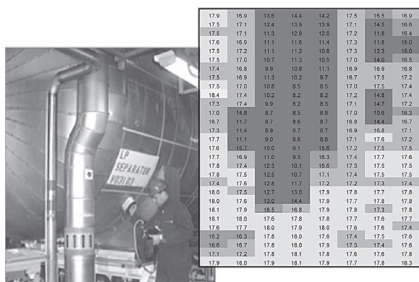


図-4 保温設備例

タワー本体の外面腐食やスタック本体の減肉状況を、定修時に内部から測定する。従来、外面からの検査では、大掛かりな足場施工が必要になるが、内部のトレーや、清掃・補修用のゴンドラを活用することで、足場工事などなく、測定カバー範囲を大幅に増やすことが可能となる。表面処理も不要なため、定修時の短期間で計測できるのも特徴である。

④海洋構造物 (栈橋鋼管杭など):

貝殻などの海洋生成物が付着しており、FRP などで保護されている場合もあるが、それらを除去することなく検査できる。栈橋の鋼管杭の検査となると、通常、船の着岸タイミングを外す必要があり、限られた時間の中で実施する必要があるため、PEC により前処理が不要になれば、短期間で広範囲の検査が可能となる。また、防水プローブを活用すれば、海中部分の検査も可能となる。

⑤タンク天板・底板:

固定屋根式タンクの場合、延長ポールを活用すれば、ステージ上からタンク天板の健全性を確認でき (図-5 参照)、検査員の安全を確保できる。また、底板については内部にゴムライニング等が施工されていても、PEC によりライニング上から底板の健全性を評価できる。アニュラー部については、タンク外部から検査できる薄型のプローブも用意されている (図-6 参照)。

3. ガイド波検査技術

3.1. ガイド波検査技術の概要

1 箇所から、長距離の配管内外面の全面検査ができる配管のスクリーニング技術である。センサを配管に設置し、ガイド波と呼ばれる特殊な超音波を配管に伝搬させ検査する。ガイド波は、配管に沿って長距離伝搬し、状態の良い配管では数十 m から数百 m も伝搬する。システムは、センサ、本体、PC の 3 点で成り立っている (図-7 参照)。測定原理は、センサから入射したガイド波が配管の内外面を連続的に伝わり、減肉箇所など、配管の不連続部分が存在すると、一部のエネルギーが反射して戻ってくる。

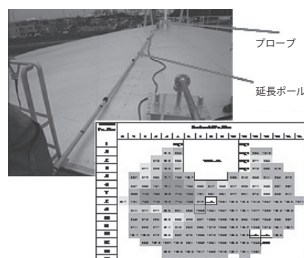


図-5 タンク天板検査



図-6 タンクアニュラー部検査

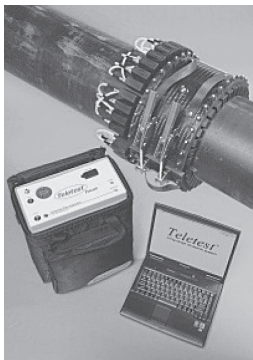


図-7 ガイド波システム構成

その信号を発信と同じセンサで捉え、戻ってきた時間から異常箇所（センサからの距離）を特定する。反射物がフランジや溶接継手のように配管全周にわたっている場合、反射波のモードは軸対称、反射物がエリア腐食のように部分的であれば、その反射波のモードは曲げモードとなる。システムは反射波のモードを識別できるため、解析者は、信号が配管構造物からの反射であるか減肉箇所からの反射であるか判断が可能になる。得られた信号はAスキャン形式で表示される。横軸はセンサからの距離、縦軸は反射波の大きさである。図-8に、その一例を示す。ガイド波を利用すれば、このように1箇所にセンサを設置するだけで、遠くまで検査を実施することが可能であるため、保温配管などでは、センサ設置箇所の保温を取り外すだけで良く、大幅に足場や保温工事などの検査付帯工事費用を削減できる。また、最新のシステムでは、ガイド波のフォーカスにより、減肉の存在している周方向の角度も特定可能である。

3.2. ガイド波の適用事例

①オフサイト保温配管，構外保温導管：

保温 / 保冷配管は、距離が膨大で、腐食発生箇所がゲリラ的であり、保温工事など検査の検査付帯工事費用が高額になるため、管理の難しい設備の一つである。一次検査として外観目視検査が一般的に行われるが、配管そのものを検査していないため、保温劣化箇所を解体しても腐食がな

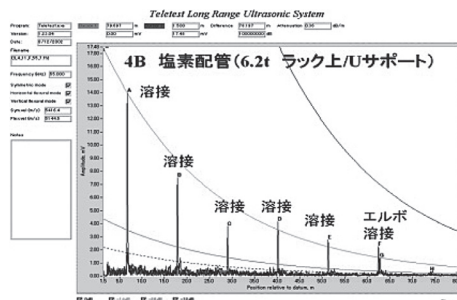


図-8 Aスキャン画面例

かったり、保温の健全な箇所からリークが発生したりする場合がある。ガイド波検査を実施することで配管そのものの検査が可能となり、配管を全て露出することなく、広範囲の中から漏えいリスクの高い腐食・減肉の進んだ箇所を検出・特定することができる。また、配管が高所にある場合や、保温がアスベスト含有の場合、足場・保温工事が最小限で済むため、大幅なコストダウンを図ることができる。

②カルバート，トレンチ配管：

狭所のため、検査員が入ることができず、掘削などの作業が必要な場合がある。検査員がアクセス可能な場所（カルバート入口等）にセンサを設置し、検査を実施することで、大幅に付帯工事費用を削減できる。

③ボイラエコノマイザチューブ：

本数が多く、チューブが密集しているため、人が入って、全長全数検査できない状態であった。アクセス可能な箇所に機器を設置し（図-9参照）、短期間で多くのチューブの全長検査を実施。更新が必要なチューブを効率よく選定できた。

4. ソニックマンサーベイ技術

4.1. ソニックマンサーベイ技術概要

圧力をもったガスが、狭所を通過して低圧部へ放出される際は、乱流により超音波が発生する。ソニックマンサーベイは、その超音波を専用マイクロフォンにより非接触でキャッチしリーク箇所を特定する（図-10参照）。プラントの稼動ノイズは高周波域では減衰するのに対し、リークにより発生した超音波は高周波にまでおよぶため、特定の高周波のみを検出することで、プラント操作中の人間には騒がしく思える環境でも問題なく診断ができる。また、リークによる超音波を検出するというその原理から、対象となるガス体の種類を選ばず、全てのガス体の外部リークを包括的に診断することができる。さらに、十数mの範囲を非接触で検査できることから、広いエリアを迅速に診断することができ、配管ラック上など高所に設置されている設備・部材や配管であっても、地上からリークの検出が可

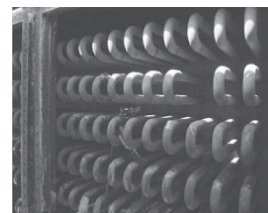


図-9 ボイラエコノマイザチューブ



図-10 ソニックマン検出原理



図-11 ソニックマンサーベイサンプルレポート

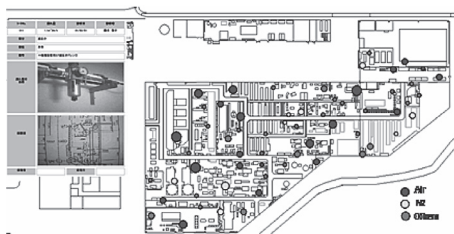


図-12 WEB管理ツールサンプル

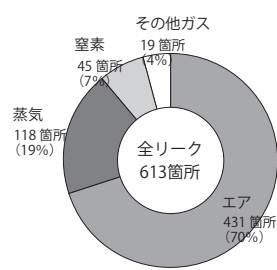


図-13 漏れ箇所内訳

能となる。発見されたリーク箇所については、発生している超音波の音圧レベルやリーク箇所までの距離、ガス体の種類などからリーク量を定量化することができる。診断の結果については、すぐに補修アクションが取れるよう、リーク箇所のリスト、各リーク箇所のロケーションマップおよび詳細写真が記載されたレポートが提出される（図-11参照）。また、リーク箇所のトレンドチェックや補修管理をユーザーが実施できるよう、WEBによる管理ツールも準備されている（図-12参照）。

上述のように、プラントの包括ガス外部リーク診断に対し、非常に有効なソニックマンサーベイ技術であるが、一方、その使いこなしには、技術・経験が必要とされる。TTSでは社内の厳格な認証システムによりスキルが合格レベルにある診断員にのみ認証を与えており、人が変わっても診断の質が維持されるしくみとなっている。

4.2. ソニックマンサーベイ技術適用事例

①石油精製プラント：

プラントが老朽化していく一方、現場のマンパワーが減少し、外部リーク対策に課題を持たれていたユーザーに対し、TTSソニックマンサーベイを適用した。全てのガス体を対象とし、オフサイトを含むプラント全エリアに対し、13人・日で診断を完了した。診断により発見されたガス外部リークは613箇所であり、内訳は、エアリーク箇所が431箇所（70%）、蒸気が118箇所（19%）、窒素が45箇所（7%）、その他ガス体（8種類）で19箇所（4%）となり、ロス量を金額換算すると、年間で約2,500万円相当（診断当時の単価）であった（図-13参照）。漏れ箇所は早急に補修され、大幅なコストダウンを達成できたと同時にリスクを低減でき、プラントの信頼性向上につながることが確認された。また、漏れ箇所については、バルブグラウンドや接続部など、増し締めを実施することで、すぐにリークを抑えることができる箇所も多い。TTSでは、診断に補修作業者を同行させることを推奨している。過去の実績では、平均で、発見したリーク箇所の17%が、当日に増し締め等のアクションにより修理を完了している。リ

ークは、一度漏れ始めると漏れ続けるため、修理をすばやく実施すればするほど受けるメリットは大きくなり、リスク発生確率は低くなる。

②自動車工場：

エアツールや搬送設備に多くのエアが利用される。コンプレッサの稼働が厳しくなってきたため、休日の設備停止状態で、エアの流量を調査したところ、1,700Nm³/hの漏れがあることが確認された。自主保全として、休日に耳でリーク音を確認し修理が実施されていたが、対策は進まず課題となっていた。そこで、TTSソニックマンサーベイを実施。25,000m²のエリアに対し、3人・日で診断を完了した。結果、300箇所、722Nm³/hのエア漏れが発見され、漏れ量の多い箇所から優先的に修理することで、コンプレッサの稼働を1台停止することができた。

5. おわりに

配管・設備のスクリーニング検査技術であるパルス渦流探傷技術、ガイド波検査技術ならびにガス体リークの診断技術であるソニックマンサーベイ技術を紹介した。スクリーニング技術は設備の老朽化が進む中、検査のカバー率を上げ、設備の信頼性を上げるためには必須の技術である。しかし一方で、それぞれの検査技術の特徴やウイークポイント、さらに、設備に起こり得る損傷形態を十分に理解し、上手く適用していくことが重要である。本稿が、皆様の設備信頼性向上の一助になれば、幸いである。



横野 智明氏

（有）ティティエス テクニカルマネージャー。1995年（株）ティエルブイに入社。蒸気関係のエンジニア、レーザーアライメントや振動計測システムなどメンテナンス機器のエンジニアとして従事し、1997年 メンテナンス新事業立ち上げプロジェクトに参画。

その後、プロジェクトは事業化され、2001年に（有）ティティエスとして独立会社に。現在に至る。