

鉄道車両の超音波探傷装置

最新の新幹線交番検査用中空車軸探傷装置

日本クラウトクレマー(株)
村井 純一

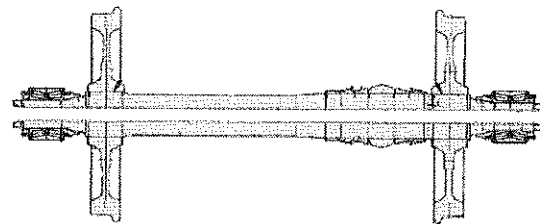
鉄道車両の超音波探傷装置

最新の新幹線交番検査用中空車軸探傷装置

日本クラウトクレーマー(株) 村井 純一

はじめに

日本の鉄道車両には車軸の中心に穴を開けた中空車軸と従来型の中実車軸の2種類の車軸が使われている。特に新幹線では平成4年に「のぞみ」でデビューした300系車両以降の車軸はすべてφ60mmの中空車軸が採用されている。中空車軸探傷装置は300系に採用されて以来10年以上使用されている。この間現場使用における種々の問題解決や電子技術の進歩に併せた改良を経て第2世代の超音波探傷装置を開発し現場で使用されている。本稿では交番検査における新しい中空車軸探傷装置を紹介する。



第1図 中空車軸

2,300mmの軸中心にφ60mmのストレート穴が開いている。写真1は車軸端面から穴の状態を撮ったものである。探傷方法は穴の中を、超音波探傷ヘッドを回転・移動させ、軸内面からの斜角探傷法を用いて軸外表面の周方向きずを検出する。

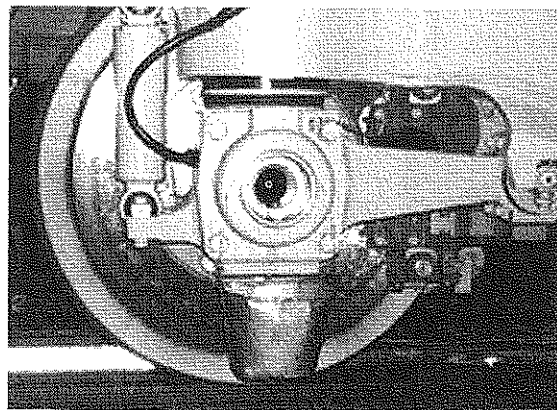


写真1 車軸端面から見た穴の状態

中空車軸自動探傷装置の概要⁽¹⁾

新幹線の車軸探傷は3万km走行ごとの交番検査、45万km走行ごとの台車検査、および90万km走行ごとの全般検査、の3種類の検査を行っている。交番検査用装置は実走行可能な状態、台車・全般検査用装置は車軸を台車から外し、輪軸の状態での探傷を行う。車軸探傷装置はモータ軸・歯車座および車輪ボス座等のフレッチングコロージョンによる疲労きずおよびQT座のクリープきず、中央平行部の擦傷、容着、軸受け部の異常等によるきずの検出を目的としている。中空軸は第1図に示すように全長約

中空軸探傷装置は写真2に示す探傷ヘッドを軸の穴に入れ、軸の中を2,200mmほど移動しながら探傷する。探傷ヘッドには斜角探傷探触子が対向に配置され、スプリング圧接により軸内面に密着させている。探傷用超音波プローブは振動子サイズ10×16mm、屈折角50°、周波数5MHzを採用し、軸外表面の周方向表面きずの検出を目的としている。屈折角は車軸と車輪等

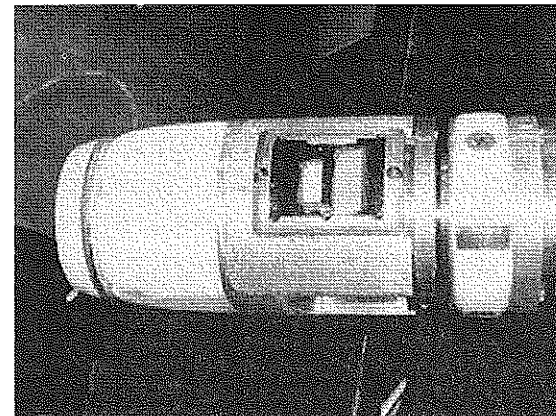


写真2 旧装置探傷ヘッド

の圧入部からの圧入エコーの高さを小さくし、S/N比の改善および探傷時の外気温の変化による探傷性能の影響の低減するため50°を採用している。

超音波プローブと軸内表面との接触媒質には粘性が低く外気温の影響を受けにくいタービン油32番を使用している。現場における交番検査の様子を写真3に示す。

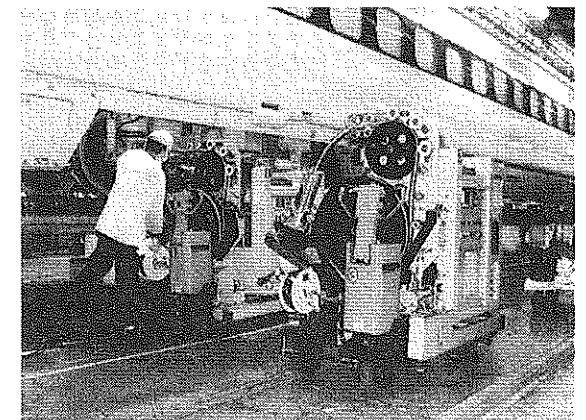
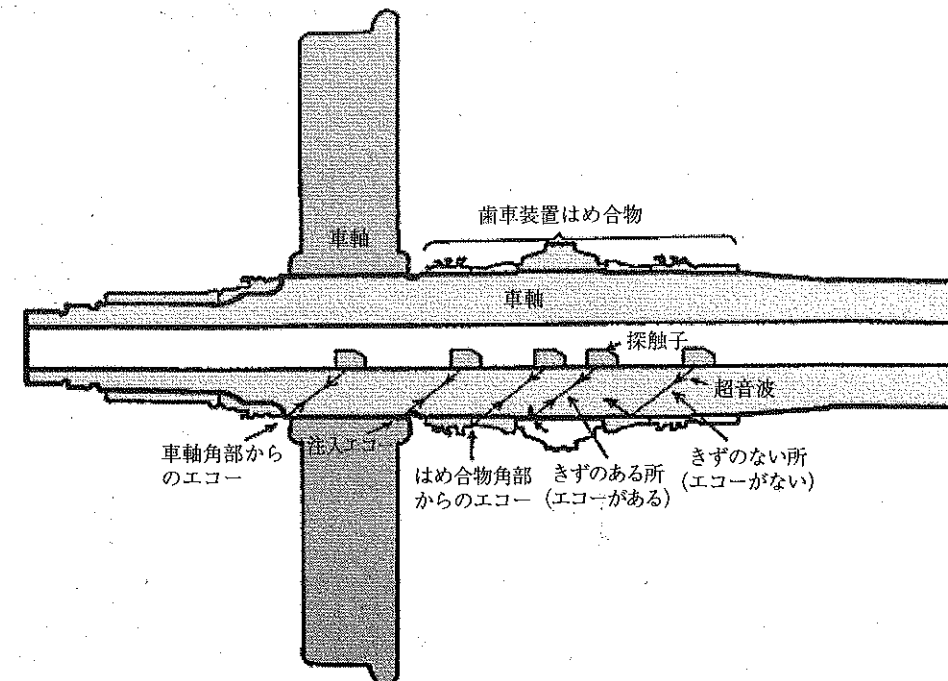


写真3 交番検査の様子



第2図 中空車軸探傷時の妨害エコー

中実軸の軸端面からの局部探傷では車軸の形状による遅れエコー、はめ合物からの圧入エコー等の妨害エコーがある。中空軸の探傷に於てもはめ合物で透過した超音波がはめ合物の角部で反射する透過性コーナーエコー、はめ合物の境界面から発生する圧入エコー、車軸段部から発生するコーナーエコー等が探傷時の妨害エコーとなる。第2図に中空軸探傷時の妨害エコーを示す。

中空軸の探傷は探傷ヘッドのプロープを回転させながらピッチ送りで行う。そのため超音波プロープの軌跡は軸外表面に対しスパイラル状になる。車軸には軸外表面に数多くの段差があるため超音波プロープの入射点から軸外表面までの距離が探傷中にたえず変化する。車軸にははめ合物があるため軸外表面の段差を考慮して探傷ゲートを広げると、妨害エコーを検出しやすくなりエコーとの判別が困難になる。そこで、探傷中のゲートの位置を超音波プロープの入射点から軸外表面までの距離が変化するとゲートの位置を自動的に調整する方法を採用している。

▶ 新型中空軸探傷装置の改良点

新型の交番検査の中空軸探傷装置は下記の内容で大幅な改良が加えられた。

- ① 現場作業の効率化
- ② 探傷精度の向上
- ③ メンテナンス性の改善

(1) 現場作業の効率化

現状の交番検査では、車両の並ぶ工場の中で検査装置を車両と車両の間を移動させながら、検査装置の移動→軸端カバー取り外し→検査ヘッドの挿入→検査→検査終了後の始末→次の車軸までの移動、というサイクルで作業が行われている。この作業をより効率的に行うために下記内容で改良が加えられた。

① 探傷終了後の油回収作業の不要化

超音波探傷には接触媒質としてタービン油が使用される。探傷作業終了後にこの油が残るため、油の除去作業が必要であった。このため新型タイプでは探傷終了後に油を残さない改良が施された。具体的には回転する探触子前後にスクレーパーを設け探傷部分以外に油の流出を防

ぎかつ探触子の車軸内面の追従精度を向上させ油の使用量を最小限となる構造とした。この対策により使用油量は1軸探傷あたり200cc以下となりまた使用量のほとんどが回収される様になった。現在回収作業は行われていない。

② 探傷時間の短縮化

検査時間の中で探傷に要する時間は約3分と作業の中でも大きなウェイトを占めていた。検査精度を落とすことなく検査時間を短縮するために探傷ヘッドの回転数を上げることとした。このため探傷ヘッドの回転を従来のフレキシブルシャフトを使用した外部回転方式から、探傷ヘッド内にモータを使用したヘッド内回転方式へ変更を行った。ヘッドにモータを入れることはモータノイズによりS/Nの劣化を招くことがあるが、この点も解決した。この方式によりヘッド回転が安定し高速回転が可能となりまた、従来ヘッド内にあった回転検出のエンコーダが不要となった。従来は200RPMの回転数であったが、330RPMまで回転数が上がり、検査時間は3分より2分以下となった。外部動力伝達のフレキシブルシャフトが無くなったためヘッド一本体間のケーブルも簡易化できケーブルのメンテナンスも不要となった。

③ ヘッド装着作業の簡便化

車軸ヘッドを挿入するには検査員が手動で行う必要がある。精度よく挿入するためには熟練が必要でありまたかなりの力作業であった。これを解決するため balanser を使用し余計な力を必要とせず挿入できるようにした。

④ 装置の小型化、重量の低減

工場内を移動するためサイズ、重量は作業性に大きな支障となる。上記①、②、③の改良もこの点を重視し改良を行った。油量は大幅に少なくなったため従来70リットルあった油タンクは10リットルとなった。またヘッド内に回転モータを入れたためヘッド挿入用の

ケーブルはフレキシブルチューブや動力伝達のユニバーサルシャフトが不要となり小型化、重量低減を果たすことができた。結果的には700kgあった重量が350kgとなり、サイズも幅が1,660mmから1,200mmへ奥行きが850mmから750mmへと小型化が実現できた。

これらの改良により装置が小型化し現場での移動作業がしやすくなり、探傷時間の短縮により余裕ができ、油回収の不要化、balanserによるヘッドの装着簡便化により作業性が大幅に向上した。写真4に装置全体また、第4図にケーブル送り装置の概要を示す。

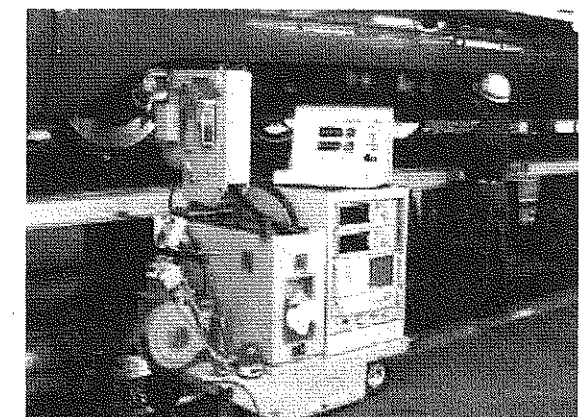
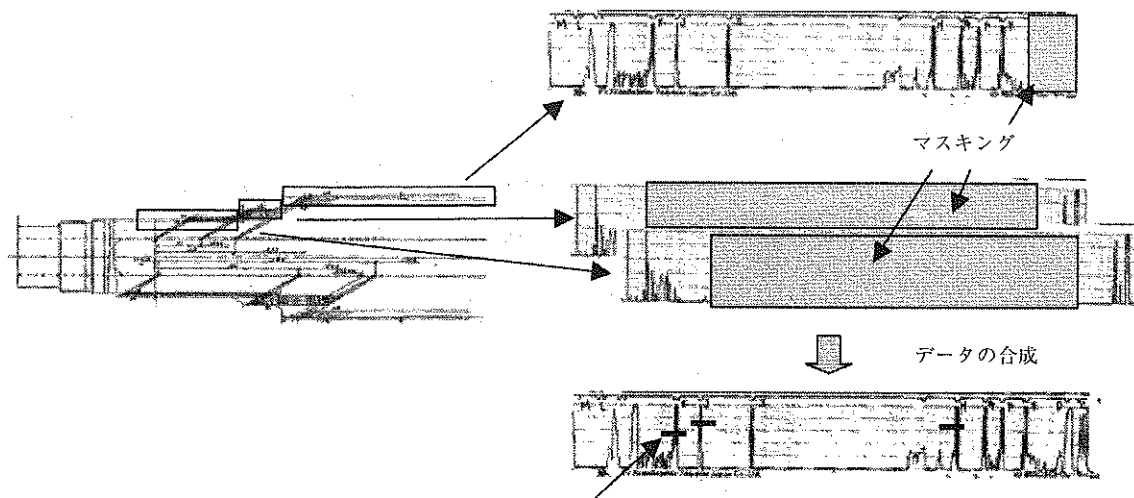
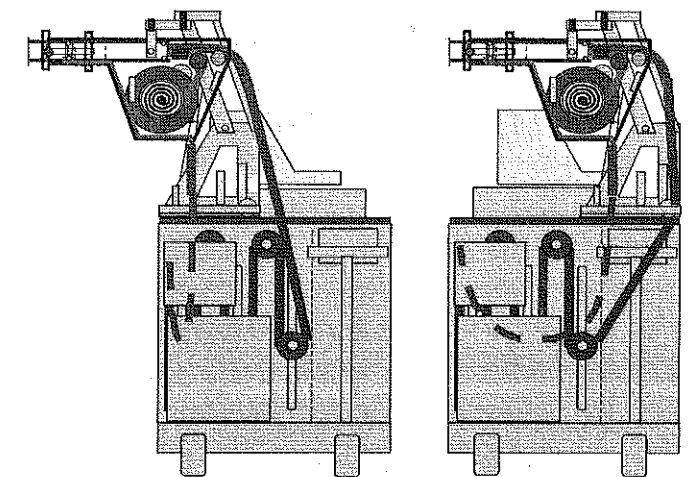


写真4 新中空軸探傷装置



第3図 3データ採取とマスクング



第4図 ケーブル送り部概要

(2) 探傷精度の向上

探傷精度が不安定であると検査結果の信頼性が低下しきずの見逃しにもつながる。下記内容の改良を加え検査精度を向上させた。

① 探傷ヘッドの大幅見直し

探傷ヘッドは先にも述べたがモータ内蔵型とした。この変更とあわせ探触子の追従精度の向上、回転の安定に伴うエンコーダの廃止、接触媒質の安定供給などの対策を行った。その結果回転数のアップにもかかわらず内壁への探触子追従精度が向上し少ない油量での再現性のよい探傷が可能となった。写真5に探傷ヘッド部を示す。

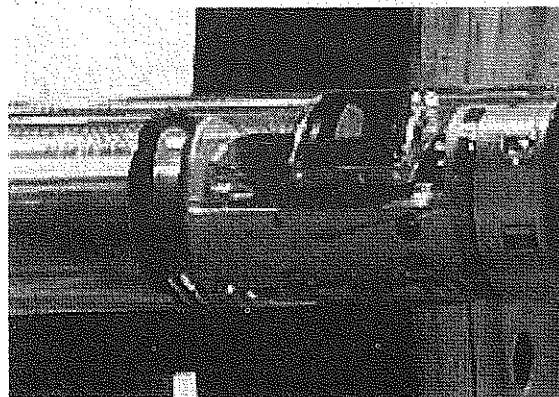


写真5 新装置の探傷ヘッド部(アクリルパイプ中)

② コンポジットプローブの採用

探触子は従来のセラミックタイプからコンポジットタイプに変更した。コンポジット探触子は感度が高く、また広い周波数帯域を持つ。このため外来ノイズの影響を受けにくくなりまた、探傷上問題のあった、きずと圧入エコーとの区別も容易となった。コンポジット探触子は広帯域の周波数特性を持つためエコーの波数が少なく、きずエコーはシャープで大きな波形が得られるため圧入エコーに対しS/Nが向上する⁽²⁾。

③ データ処理の改良

従来は軸の部位によりゲート位置を変更して

いた。このため内ボスなどのきわどい位置の傷に対して外気温の影響などで再現性が低下する恐れがあった。このため新様式では3ゲート方式とし、3ゲートのデータすべてを採取し、後処理で不要部分をマスクする方式とした。したがって従来の探傷中のゲート位置の変更のようなタイムラグがなくなり、また検査後においてもきわどい位置について再調査することが可能となった。検査結果で再検査が必要な場合は送りピッチを小さくして精密探傷を行っている。従来は検査結果を展開図としてCスコープ表示を併せて表示していた。しかしCスコープではビーム路程がわからず必ずしもわかりやすい表示ではなかった。そこで新装置では精密探傷時は探傷波形のAスコープをすべて収録しきずの出方をエンベロープ波形で再生できるようにした。この処理により従来わかりにくかった車輪座外ボス部分のきずとジャーナや外ボスの形状エコーを容易の認識できるようになった。第5図にエンベロープ再生を示す。

(3) メンテナンス性の向上

上記の改良はメンテナンス性を考慮し行った。以下に主な改良点を述べる。

① 内装モータおよびケーブル挿入方式の変更による効果

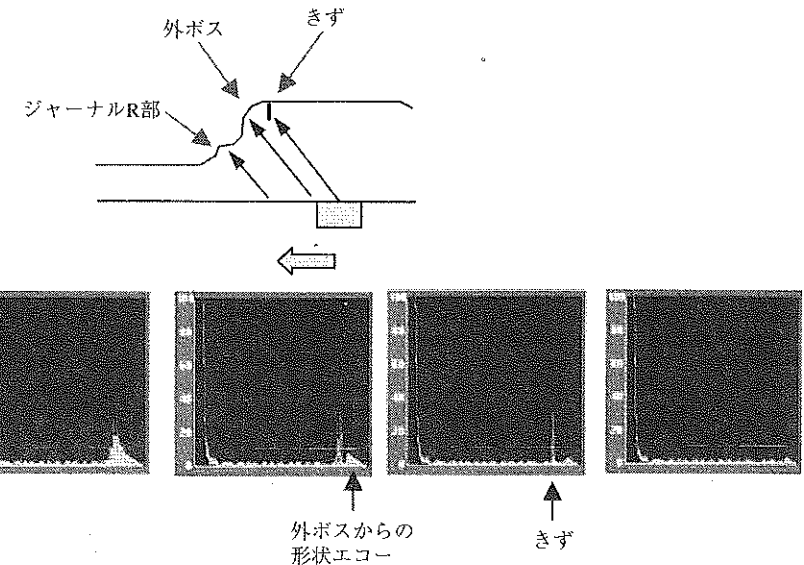
探触子回転モータをヘッド内に入れることにより、耐久性、精度に問題のあった回転伝達のフレキシブルシャフトおよびフレキシブルチューブが不要となった。年1回程度の交換、オーバーホールを行っていたが不要となった。

② 汎用探傷器の採用

探傷器に専用機ではなく汎用機を使用した。トラブル時には交換など容易にできるためメンテナンス性が向上した。

③ その他

探傷ヘッドの回転数が安定したため、回転検出のエンコーダが不要となった。エンコーダは油に対し特に弱く、不使用のためヘッドの耐久性が向上した。



第5図 エンベロープ再生と形状エコー

おわりに

中空車軸探傷装置は300系以降のすべての新幹線車両で使用されている。このため高い操作性、信頼性、メンテナンス性が要求され今回の第2世代交換機となった。今後は機械回転部のないフェーズドアレイ方式の実用化が望まれる。回転機後部が無くなることによりメンテナンス性が向上し、焦点のコントロールによりより高い検出能が期待できる。

<参考文献>

- (1) 超音波テクノ 2001年Vol.13-No9 p.17
(2) 超音波テクノ 2004年Vol.16-No1 p.72

【筆者紹介】

村井純一
日本クラウトクレマー(株)
営業部
部長
〒578-0912 大阪府東大阪市角田1-9-29
TEL: 0729-65-6231 FAX: 0729-62-6236
E-mail: jmurai@krautkramer.co.jp