

超音波を用いたレール故障検知技術の基礎試験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○元好 茂 瀧川 光伸
青木 宣頼 小関 昌信

1. はじめに

無線式列車制御システムの開発が国内外で進められており¹⁾、一部線区では既に導入されている。一方で、レール故障検知はこれまで軌道回路の活用を前提としていたため、無線式列車制御システム導入時には軌道回路に替わる技術が望まれる。そこで、レール長手方向に伝播する超音波を用いたレール故障検知技術に着目し、基礎的な性能確認試験を行った結果を報告する。

2. 超音波を用いたレール故障検知技術の概要²⁾

軌道回路以外によるレール故障検知技術の各種調査を行ったところ、レール歪みを利用する方法、光ファイバーを利用する方法などが考えられたが、適用範囲はロングレール区間に限定されるものの、南アフリカ共和国トランスネットにて開発が進められていた超音波方式が有望であった。

この超音波方式とは、「レール故障を検知したい区間の両端に超音波送信器と受信器(写真1)を設置し、送信器からレール長手方向に低周波超音波を定期的に伝播させ、レール故障時には超音波が途切れて受信できなくなることから、その故障を検知する手法」である。

超音波送受信器の配置は図1のようにレール長手方向に交互に行う。1箇所の送信器から上り下り両方向に低周波超音波を発信し、受信器も上り下り両方向からの超音波を受信する。送信器からは図2のようにパルス矩形波(ここでは15ミリ秒の長さ)を数波まとめて送信し(ここでは1秒間隔で5波)、これを一定の時間間隔で(ここでは3分間隔)繰り返す。一定距離を離れた受信器が、送信器からの超音波を同じ一定間隔で受信できていれば、送受信器間のレールに故障が発生していない証明となる。故障が発生すると受信器まで超音波が伝播しないため、受信器は一定時間内に超音波を受信できなければレール故障と判断して警報を発する。



写真1 超音波送信器
(受信器も外観は同一)

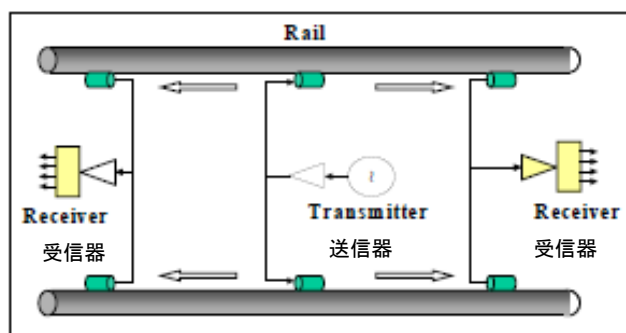


図1 送受信器の配置

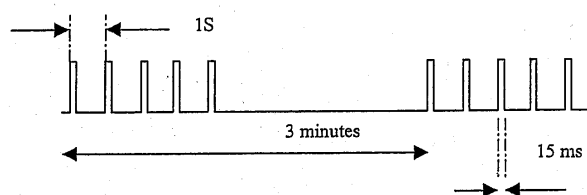


図2 パルス送信パターンのイメージ

3. 営業線における基礎試験

南アフリカ共和国ではUIC60 レールでの試験実績のみのため、日本の主要な2種のレール(60kgレールと50kgNレール)における超音波伝播性能の確認を主な目的として、営業線での試験を行った。また、レール切断試験により、レール故障時に超音波が遮断されることの確認を行った。これらの結果を下記に述べる。

(1) 超音波伝播性能試験

レール種別ごとの超音波伝播距離を確認するための試験を行った。営業線のある地点のレールに超音波受信器を固定し、送信器位置を可変として、送受信器間隔と超音波信号減衰量との関係を求めた。その結果を図3、4に示す。横軸は送受信器間隔(m)、縦軸は受信器側にて測定された超音波信号の減衰量(dB)である。

キーワード レール故障検知、超音波

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター

接着絶縁継目(IJ)の影響により超音波の減衰量が急増した箇所を除いた測定値より、IJの影響を受けない場合の超音波伝播性能を推定した結果、60kg レールでは1,000m(図3)、50kgN レールでは800m(図4)となった。これらの値が、実用時の超音波送受信器の設置間隔(検知区間長)の基準になると考えている。

(2) レール切断試験

次に、故障検知性能の検証を目的として、レール切断試験(写真2)を行い、レール切断量と超音波信号減衰量との関係を求めた。約600m間隔で超音波受信器と送信器を設置し、その中間付近にて試験を実施した。レール切断、頭部貫通時、腹部貫通時、底部完全切断後に、受信器側にて超音波受信信号の減衰率を測定した。その結果を図5に示す。横軸のレール切断面積率の増加に比例して、縦軸の受信信号が低下していくことがわかる。底部貫通時には信号割合は3%に低下した。若干の超音波が伝わったのはレール緊張器を介して伝わったものと推定される。なお、このレベルの信号であれば、誤検知の恐れが無く適切に故障と判定することが可能なことから、検知性能の確認ができたと考える。



写真2 レール切断試験状況

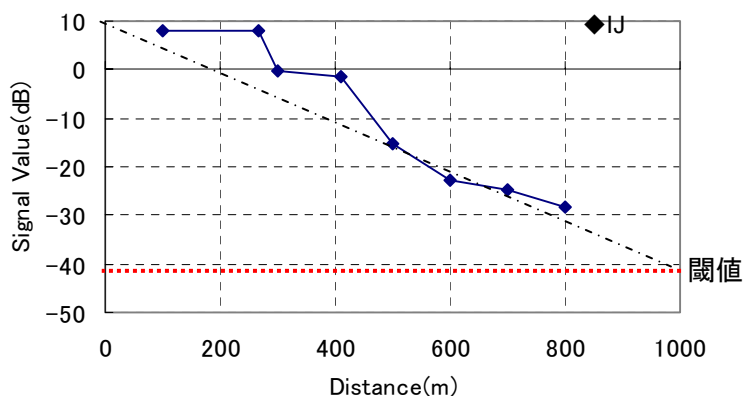


図3 60kg レール・超音波伝播距離確認試験結果

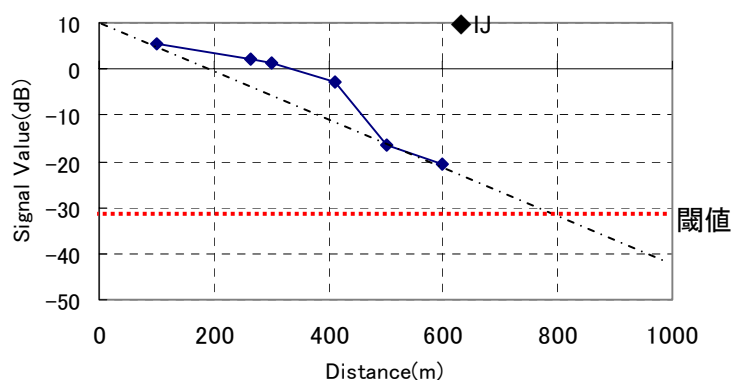


図4 50kgN レール・超音波伝播距離確認試験結果

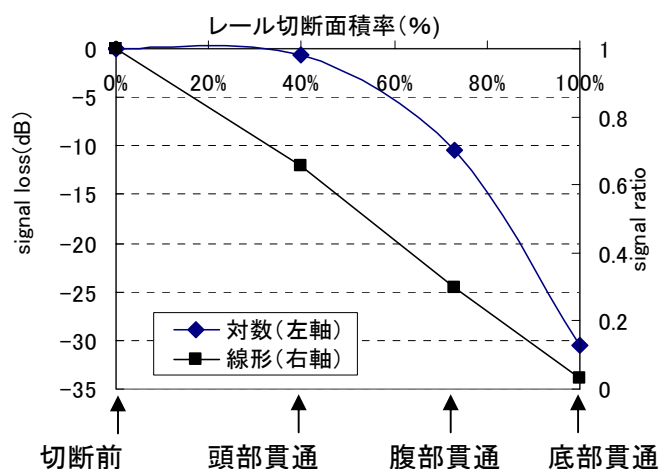


図5 レール切断試験結果

4. おわりに

超音波を用いたレール故障検知技術の基礎性能試験を行い、ロングレール区間に限定されるものの、日本のJIS レールにおいて一定の超音波伝播性能を有していること、レール切断時には超音波が減衰して故障と判定可能であることが確認できた。南アフリカ共和国とは車両運行条件(列車長、間隔、速度)が異なるため、国内の条件にて車両振動の影響を受けた場合の故障検知性能を今後確認予定である。

参考文献

- 1) 渡辺郁夫：無線式列車制御の動向，鉄道総研報告，Vol. 25，No. 5，2011. 5
- 2) レールソニックホームページ，www.railsonic.co.za