

ガイド波によるレール損傷検知システムを搭載した車両による走行試験

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○小納谷 優希
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 細田 充
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山本 隆一

1. はじめに

シェリングなどに起因して生じるレール頭部横裂はレール折損の要因となるが、水平裂下に進展するため、探傷車などにより検知することは困難であり、現在多くの鉄道事業者では人手による検査を行っている。この検査作業の省力化のため、車上よりレール頭部にガイド波として非接触で高出力の超音波を入力し、受信信号よりレール損傷を検知するシステムの検討を行っている¹⁾²⁾。本研究では、試験車両の台車にガイド波送受信センサを設置し、横裂や水平裂を模擬して加工したレールを敷設した試験線にて走行試験を行い、検知可能性を検討した。

2. 試験条件

図1に試験車両台車に搭載したガイド波センサ(超音波プローブ)を、図2にガイド波送受信システムの構成³⁾を示す。車上には、一般的な超音波探傷で用いられるパルス波よりも強力なバースト波を送受信可能な高出力、高感度のパルサ・レシーバおよび外付けプリアンプ、制御用パソコンなどを設置した。超音波プローブ内の振動子のサイズは80mm×80mmであり、公称周波数はこれまでの検討¹⁾²⁾⁴⁾により、レール頭部のき裂に感度良く反応する100kHzとした。またレール頭頂面に対するプローブの設置角度は約6°として、台車に取り付けた枠型治具を介して、台車の前後に約3.2mの間隔で設置した。レール頭頂面との離隔は約70mmである。

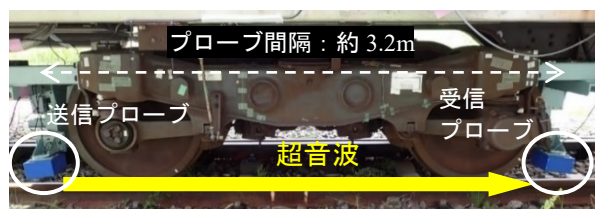


図1 台車に搭載した超音波プローブの概況

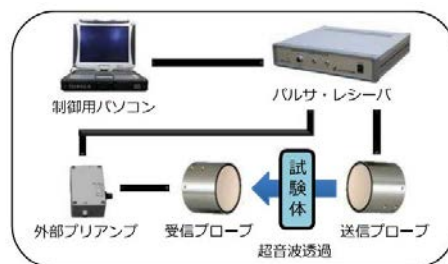


図2 ガイド波送受信システムの概要³⁾

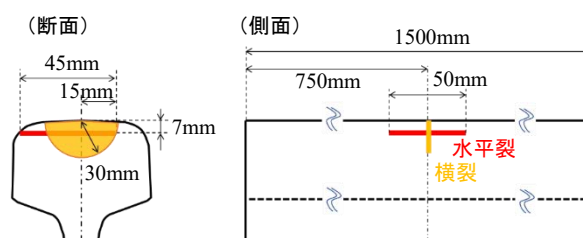


図3 加工した人工き裂の形状

図3にレールに加工した人工き裂の形状を示す。図3中の横裂および水平裂を模擬した人工き裂のうち、①水平裂単独、②水平裂および横裂混在の2パターンの人工き裂をそれぞれ1.5m長さのレールに加工した。図4に加工レールの敷設状況を示す。加工レールの両端をガス圧接で溶接して25mレールにしたものを試験線の直線区間に敷設した。

3. データ処理手法

ガイド波送受信システムを搭載した車両はディーゼル車による牽引により最大約30km/hの速度で走行し、その間に一定時間(pulse repetition time: パルス繰返し周期, 以下PRTとする)の間隔でガイド波の送受信を繰り返すことでデータを得る。このPRTごとに得られる受信波形のピーク値を受信強度として、時刻歴での受信強度の波形として整理し評価

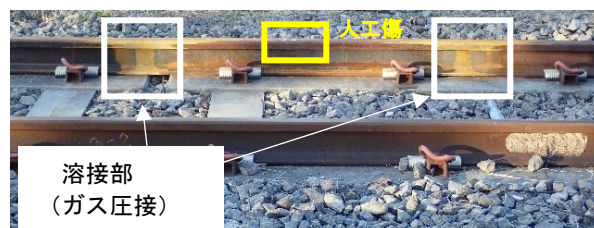


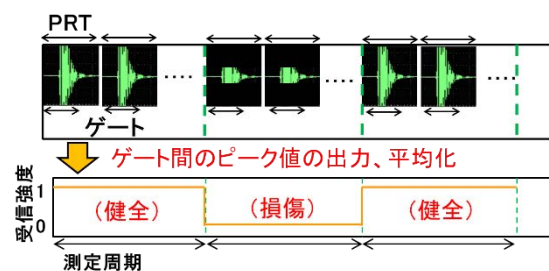
図4 人工き裂入りレールの敷設状況

キーワード レール損傷検知, ガイド波, 頭部横裂, 頭部水平裂

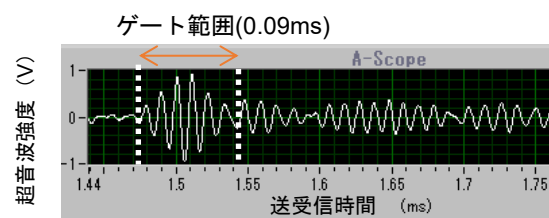
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2丁目8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 レールメンテナンス TEL042-573-7272

を行った。図 5(a)に受信強度の時刻歴波形に変換するための処理イメージを示す。FEM 解析による同様の検討結果より²⁾、得られた受信波形のうち最初の数波部分の振幅がき裂の影響を受け減少することが示唆されており、図 5(b)に示すように PRT の周期内に一定のゲート時間を設定し、受信波の最初の数波部分でのピーク値を抽出した。利得はき裂が無い部分にてピーク値が 0.8~1 となるように事前に調整した。また送受信複数回分のピーク値を平均化したものを測定データとして採用し、これより機械的処理時間を考慮した上で PRT を 2.5ms、測定周期を 15ms と設定した。この測定を走行中連続的にを行いピーク値の時刻歴波形を作成した。なおこの測定条件では最大約 0.12m 走行するごとに 1 回の測定が行われることから、走行中、3.2m 離れている送受信プローブ間にき裂が必ず存在する状態で複数回の測定を行うことが可能である。



(a) 時刻歴波形への処理イメージ

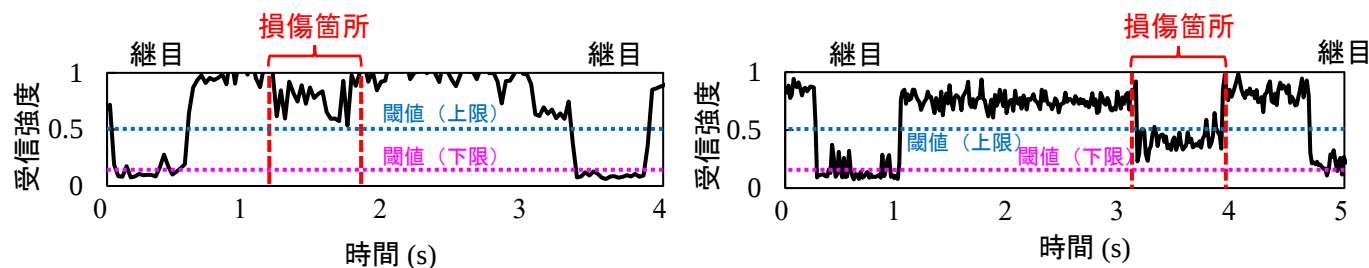


(b) PRT におけるゲート範囲の設定

図 5 受信波形でのデータ処理例

4. 走行試験結果

図 6 に各パターンの人工き裂を有する箇所を走行した場合の受信強度のそれぞれの時刻歴波形を示す。0.8~1 程度の健全部の受信強度に対し、継目部では 0.2 以下に強度が低下している。それに対し、水平裂を再現した箇所では受信強度 0.6~0.8 程度に、水平裂に加え深さ 30mm の横裂を再現した箇所では受信強度 0.4 程度に低下し、水平裂下の横裂による受信強度のさらなる低下が確認できた。今回の結果より、0.2 程度を下回った箇所は継目として除外した上で、0.5 程度を下回る箇所を抽出することで、深さ 30mm 以上の横裂を検知できる可能性が高いと考えられる。



(a) 水平裂

(b) 水平裂および横裂深さ 30mm

図 6 き裂上を走行した際の超音波の時刻歴波形

5. まとめ

ガイド波送受信システムを搭載した車両による走行試験を行い、受信応答によるレール頭部横裂の検知可能性を検討した。その結果、横裂による受信応答の低下が確認でき、走行している車上からガイド波により水平裂下の横裂を検知できる見通しが得られた。

参考文献

- 1) 小納谷ほか：横裂を模擬したスリットを有するレールに対する超音波伝播シミュレーション，土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会講演概要集，VI-939 (2022)
- 2) 小納谷ほか：FEM 解析を用いた非接触空中超音波によるレール損傷検知システムの基礎検討，第 29 回鉄道技術連合シンポジウム講演概要集，JSCM-1-1 (2022)
- 3) ジャパンプローブ，ジャパンプローブ (online)，available from < <http://www.jp-probe.com/>>，(accessed on 15 November, 2020).
- 4) 細田ほか：軌道回路に代わる車上式レール破断検知システム，鉄道総研報告，Vol.36, No.3, pp.17-23, 2022