

## 後方散乱 X 線を用いた踏切内レール底端部検査手法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○佐々木 智  
産業技術総合研究所 藤原 健

### 1. 背景

現在のレール損傷管理では、超音波をレール内部に伝搬させることでレール底部の探傷検査を行っているが、超音波で探傷可能な領域はレール底部の中央に位置する部分のみであり、レール底端部に位置する傷や腐食は検査することができない(図1)。

過去の研究<sup>1)</sup>によると底端部位置の腐食量は底部中央位置との相関はなく、中央位置のみでの評価では底端部位置の腐食量を評価・検査することはできない。現状では、踏切内部のレールについては踏切構造物の撤去による目視確認が一般的であり、その撤去・復旧作業の労力が大きいという課題がある。

そこで本研究では、踏切構造物の撤去・復旧を必要としないレール底端部検査を目的として、後方散乱 X 線に着目し、後方散乱 X 線を活用した踏切内レール検査手法について検証した。

### 2. 後方散乱 X 線について

X 線が物質に入射したとき、透過・吸収・散乱(反射)といった現象が起こるが、その特性の割合は物質ごとの原子番号や密度によって異なる。

この特性差を濃淡画像として捉えることで対象の内部構造を可視化することができる。一般的な X 線イメージングでは対象物裏側に検出器を設置しなくてはならないが、後方散乱 X 線であれば踏切上面から X 線を照射し、同じく踏切上面に設置した検出器で後方散乱 X 線を捉えることで踏切内部の可視化ができる可能性がある(図2)。

### 3. 実験概要

既往の研究<sup>2)</sup>では、室内用 X 線発生源と踏切モックアップを用いた実験で、踏切内部構造の可視化に成功している。屋内用装置での結果を踏まえ、本研究では屋外用試験装置を試作し、実務でも検査可能かを検討した。屋外用試験装置はポータブル X 線発生源、X 線検出器、可搬式専用トロで構成される(図

3)。補足として、屋外用 X 線源は屋内用と比べて低出力となる(屋内用:最大 320[kV], 1.80[kW], 屋外用:最大 250[kV], 1.25[kW])。

実験対象は総研型連接軌道、木製敷板踏切、連接軌道、TK 式プラバン敷板踏切の 4 種とした。レール端部には腐食を模擬した人工傷(切り欠き深さ:3mm および 4mm, 形状:への字, コの字)を設けており、踏切構造物越しに X 線で可視化できるかを検証する。

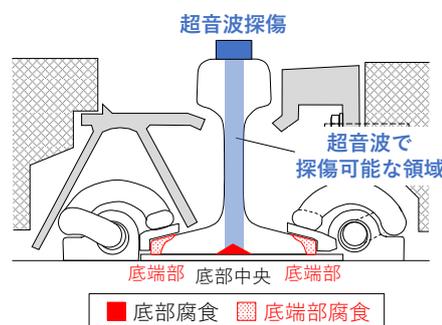


図1 超音波で探傷可能な領域

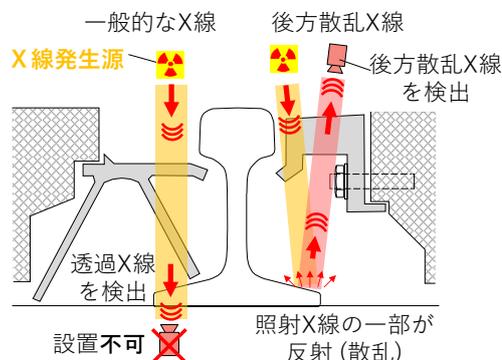


図2 一般的なX線と後方散乱X線の違い

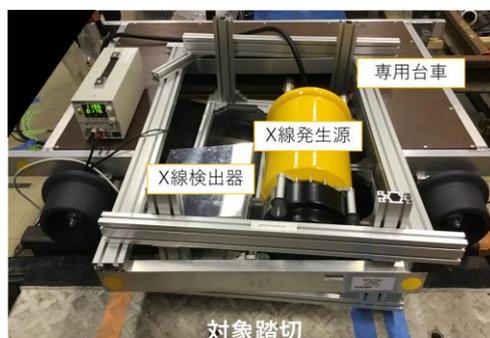


図3 後方散乱X線によるレール検査装置(試作機)

キーワード X 線, レール探傷, レール検査, 踏切

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地

東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター TEL (048) 651-2389

## 4. 実験結果

### (1) 各踏切における内部構造の撮影可否について

総研型連接軌道，木製敷板踏切の撮影結果は図4上段の通りである．屋外用ポータブル X 線源であっても撮影が可能であった．

連接軌道，TK 式プラバン敷板踏切の撮影結果は図4下段の通りである．損傷を判別するには画像の鮮明度が不足するという結果になった．これは連接軌道およびTK式プラバン敷板踏切に使用されている再生プラスチックの散乱強度が高く，X 線がレール底端部まで到達できなかった事に起因すると推察される．

### (2) 検査速度について

図4で示す画像は X 線照射時間を 10 秒として得た画像である．X 線照射時間を長くするほどより高解像度の画像を得られるが，一方で検査の作業時間が増加する．踏切内部構造を可視化する事のできた総研型連接軌道および木製敷板踏切の解像度程度であれば人工傷の寸法を確認することができるため，X 線照射時間 10 秒で検査が可能と言える．

続いて，この照射時間 10 秒を基準に検査速度について考察した．1 枚の画像面積は 10 cm×10 cm であり，1 回の撮影にかかる操作時間を 20 秒程と仮定すると，片側レールの外側（もしくは内側）の 1 辺を検査するために必要な時間は  $(10 \text{ sec} + 20 \text{ sec}) / 0.1 \text{ m}$  より，5 分程度となる．

### (3) エッジ処理および腐食量定量評価について

X 線画像で捉えたレール底端部の視認性を向上させるためには画像処理におけるエッジ抽出が有効である．エッジ抽出を行った結果は図5に示すとおりである．この処理の対象とした踏切は総研型連接軌道である．エッジ処理によりレール底端部が白線で強調され，視認性が向上していることが確認できる．

このエッジ処理画像を用いて，画像のピクセル数からレール損傷量を定量評価できるか検討した．なお，1 ピクセルは 0.2 mm に相当する．結果は，3 mm 人工傷に対し測長 3.0～3.2 mm（15～16 ピクセル相当），4 mm 人工傷に対し測長 4.0～4.4 mm（20～22 ピクセル相当）となった．この結果より，実測値と乖離がない事が確認できた．

## 参考文献

1) 細田充，片岡宏夫，高須豊，弟子丸将：腐食・電食レールの余寿命評価，日本鉄道施設協会誌，50 巻 8 号，2012 年

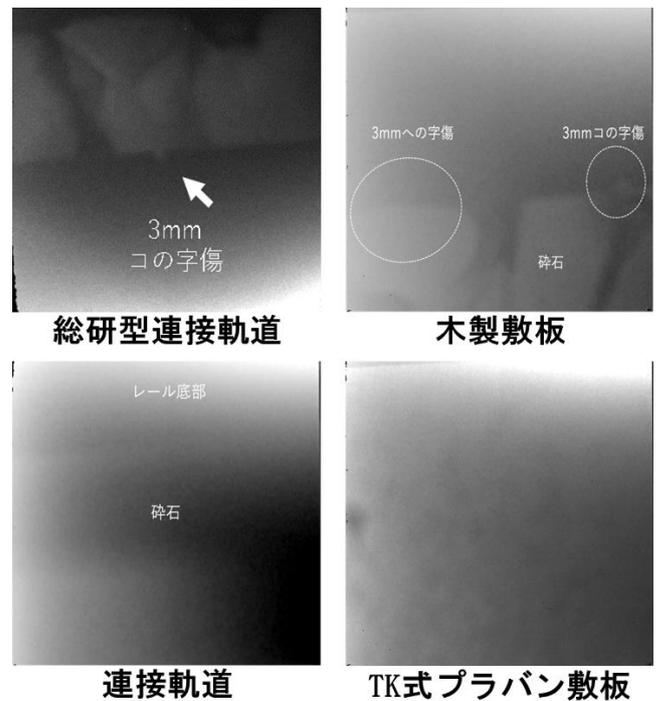


図4 各踏切内部構造の可視化結果

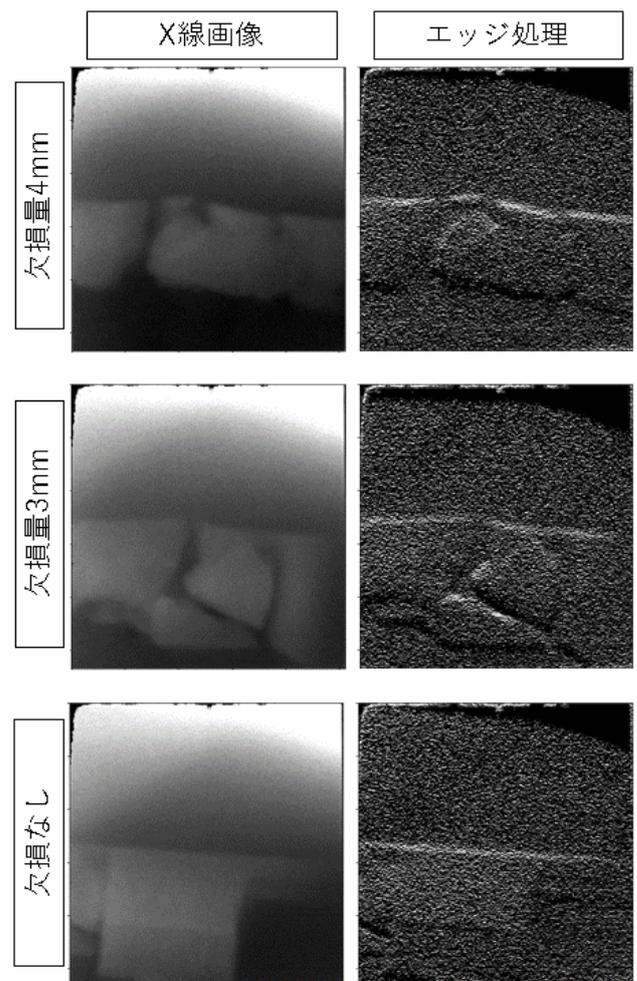


図5 X線撮影画像のエッジ処理

2) 佐々木智，藤原健，佐藤竜樹，元好茂，小松佳弘：後方散乱 X 線による踏切内レール底端部の非破壊検査手法，J-rail，SS2-2 No.1505，2018 年