

電磁超音波によるレール探傷手法の基礎的検証

JR 西日本 正会員 ○庄野 真也
JR 西日本 正会員 今西 進也

1. はじめに

JR 西日本では、レール内部に生じた欠陥を検知するため、レール探傷車による超音波探傷検査を実施している。しかし、レール傷のうちレール折損原因の多くを占める横裂傷のほとんどは、レール表層部に発生する水平裂から分岐するため、人手により水平裂の下方に進展した横裂傷の細密な検査を別途実施している。

当社は、このように労力を要する人手による細密な検査を省略することを目的に、レール探傷車の高機能化に取り組んでいる。今回、その取り組みの一つである電磁超音波を用いた横裂傷の検知について、基礎的な検証を実施したのでその概要を報告する。

2. 電磁超音波による探傷原理

電磁超音波（以下、「EMAT」という）による探傷には、主に永久磁石とスパイラルコイルにより構成された装置が用いられる。図1に EMAT による探傷原理の概要を示す。EMAT は、永久磁石による磁界 B_0 とスパイラルコイルに電流を流した際に発生する渦電流 J の相互作用により、被探傷体の表面を直接振動させて超音波を伝播させる非接触式の探傷方法である。その特徴から、従来の圧電素子を用いた探傷で必要であった水等の接触媒質が不要となるため、水切れによる探傷不良が生じない等、車上化を実現できる可能性が期待できる。

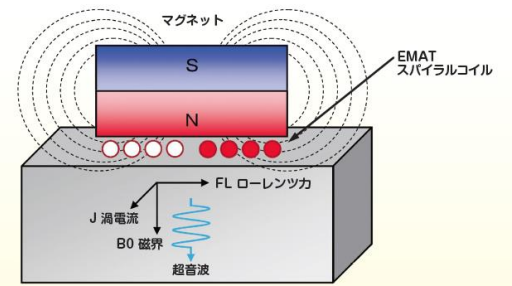


図1 EMATによる超音波発生原理
(入射角 0°)

3. EMAT による横裂傷検知方法の検討

3. 1 探傷手法

EMAT による横裂傷の探傷方法は、水平裂の影響を受けないようにレール頭側部から超音波を入射することを前提とし、以下の3手法により検討した。図2に各手法の概要を示す。

- (a) コイルから超音波を送信し傷に反射した超音波を同じコイルで受信する、1 探触子反射法
- (b) コイルから超音波を送信し傷で反射した超音波を反対側のレール頭側面に反射させて別のコイルで受信する、2 探触子タンデム法
- (c) コイルから送信した超音波を反対側のレール頭側面に反射させて常時別のコイルで受信し、傷が存在する場合に超音波が遮断されることで検知する、2 探触子V透過法

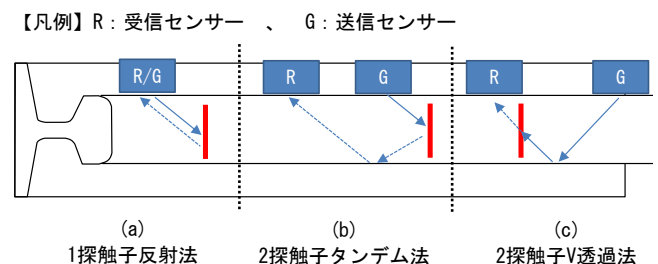


図2 横裂傷検知手法の概要

3. 2 検証方法

各手法の横裂傷の検知可否を検証するため、横裂傷が内在する試験レール（以下、「TP」という）を使用して試験を実施した。検知の判断は、(a)および(b)はA スコープによる傷からの反射エコーの立ち上がりの有無、(c)はB スコープによる基準感度からのエコーの低下の有無とした。表1に試験条件、図3に試験状況を示す。

3. 3 検証結果および考察

表2に検証試験の結果を、図4に探傷波形の一例を示す。(a)は全ての条件で横裂傷を検知したが、(b)は16mm以下の横裂傷でエコーの立ち上がりが認められず検知できなかった。(c)は、全ての条件でエコーが低下

キーワード レール探傷、電磁超音波、2 探触子V透過法

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田2丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社 TEL 06-6375-8915

し、横裂傷を検知することができた。

検知精度が同等であった手法を比較すると、(a)は傷の有無を検知できるが、超音波の反射強度で横裂傷の管理に必要な深さの推定は困難である。一方、(c)はエコーの低下量とセンサーの位置および寸法等の関係から、現行の透過法と同様に傷の深さが推定できる可能性がある。以上から、以降の検証は(c)により進めることとした。

表 2 検証試験結果

TP No.	横裂傷深さ (mm)	検知方法		
		(a)	(b)	(c)
①	17	○	○	○
②	16	○	×	○
③	13	○	×	○

表 1 横裂傷検知手法検討の試験条件

TP No.	横裂傷深さ (mm)
①	17
②	16
③	13

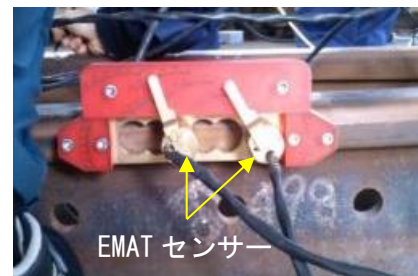


図 3 試験状況

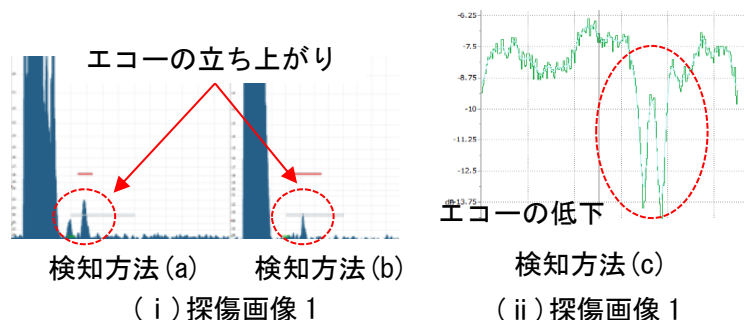


図 4 各探傷手法の探傷波形例 (TP1)

4. EMAT の検証試験 (横裂傷深さの推定)

4. 1 目的

EMAT による横裂傷深さの推定可否を検証するため、静的試験により傷箇所のエコーの低下傾向を確認した。

4. 2 試験方法

透過法によるエコーの低下は、傷の深さとセンサー位置等による超音波の遮断範囲が関係している。そこで、レール頭頂面からセンサー中心までの深さを変化させて、遮断範囲が異なる場合のエコーを確認した。表 3 に試験条件を示す。

4. 3 試験結果および考察

表 4 に試験結果、図 5 に検証試験波形の一例を示す。ここで、現行の透過法は、特定された 1 つの傷に対して傷が無い箇所と傷箇所とのエコーの変化から傷の程度を判定しているが、車上化を視野に入れると、レール長手方向に連続的な検査を実施する必要がある。その場合、傷が無い範囲においても感度変化によるエコーの変動が想定され、基準エコーが定まらないことで傷の判定に影響を及ぼす可能性がある。そこで、傷が無い範囲の基準となるエコーの変動を見かけ上小さくし、出力波形で傷箇所の変化を捉えやすくできると考え、レール長手方向前後のエコーの比率から算出される dB を評価指標としている。表 4 から、センサー深さ 15.5mm と 18.5mm では dB 差に差異が認められなかったが、センサーを下降させて遮断範囲が小さくなるに伴い、dB 差も小さくなる傾向が見られた。このことから、本検証をより深度化することで、一定のセンサー深さにおける dB 差から横裂傷の深さを推定できる可能性があると考えられる。

5. まとめ

EMAT によるレール探傷手法の検証試験を実施した結果、2 探触子 V 透過法により横裂傷を直接検知して探傷できる可能性が認められた。今後は、検証をさらに深度化し、本線上での検証試験を進めていく予定である。最後に検証に御協力頂いた東京計器レールテクノ㈱および ULTRAKRAFT ZAO の関係者の皆様に御礼申し上げます。

表 3 試験条件

横裂傷深さ (mm)	センサー寸法 (mm)	センサー深さ (mm)	遮断範囲 (mm)
17	18	15.5	10.5
		18.5	7.5
		22.5	3.5
		25.5	0.5
		28.5	0

表 4 検証試験結果

センサー深さ (mm)	遮断範囲 (mm)	測定回数 (回)	平均 dB 差 (dB)
15.5	10.5	6	6.0
18.5	7.5	4	6.0
22.5	3.5	6	3.2
25.5	0.5	6	0.0
28.5	0	6	0.0

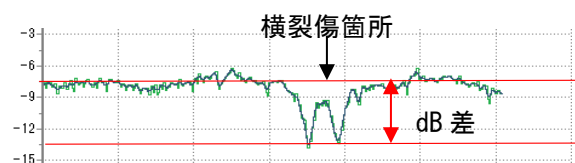


図 5 検証試験波形の一例