

東北新幹線におけるスラブ軌道あおり箇所抽出方法の検証

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○築瀬 和清
 東日本旅客鉄道株式会社 山中 貞男
 東日本旅客鉄道株式会社 須藤 雅人

1. はじめに

東北新幹線は開業から 30 年以上が経過し、スラブ軌道では列車荷重や凍結融解作用の繰り返し等により、軌道スラブとスラブてん充層（CAM、図-1）の隙間及び CAM 端部の損傷が顕在化している。さらに、列車通過時には軌道スラブがばたつく“あおり現象”による軌道変位・列車動揺が確認される箇所もある。そのため、CAM の補修においては、スラブあおり箇所を優先的に施工することが望ましい。しかし、当社の軌道スラブの検査・調査体系は、外観によるものとなっており、補修の優先度とは必ずしも一致しないという課題がある。

そこで、調査労力削減と適切な補修箇所の選定を目的とした新しいスラブあおり箇所把握の手法として、営業列車の上下動揺加速度の周波数分析を用いた手法の提案と CAM の補修施工による効果の検証を実施した。

2. 現在の軌道スラブあおり箇所把握方法

(1) 軌道スラブ検査

軌道スラブ検査（1 回/年）は、軌道スラブの保守状態及び材料状態の各項目に関して、目視または目測、スケール、隙間ゲージ等を用いて実施しており、CAM の隙間及び欠損に関しては、表-1 のランク判定を設けて静的な状態での管理を行っている。

しかし、この検査は、列車通過時の軌道スラブのあおりを考慮していないため、無ランク箇所であおりがあがる箇所がある一方、有ランク箇所でもほとんどあおりがあがる箇所も散見される。

(2) 現場での動的確認

現場動的確認は、写真-1 のように列車通過時の軌道スラブの動的挙動を検査員が目視で確認する方法である。

この方法によれば、あおりのある軌道スラブの位置を正確に把握することができる。しかし、あおり量を定量的に評価する指標はないため、検査員の判断に差が出る。また、1 列車の通過で軌道スラブ 1,2 枚程度の確認を行うため、全線あるいは軌道スラブ検査での全有ランク箇所を確認するためには膨大な時間と労力を要している。

以上を踏まえ、新たなスラブあおり箇所の把握方法の検証を実施した。

3. 周波数（PSD）分析の活用

(1) PSD 分析の概要

本稿で記す手法は、営業列車の上下動揺加速度の周波数分析を行い、特定の周波数のパワースペクトル密度（以下 PSD 値）の卓越傾向から軌道スラブのあおり箇所を把握する手法である。

キーワード 東北新幹線，軌道スラブ，周波数解析

連絡先 〒321-0965 栃木県宇都宮市川向町 1-48 JR 東日本 宇都宮新幹線保線技術センター TEL 028-625-1743

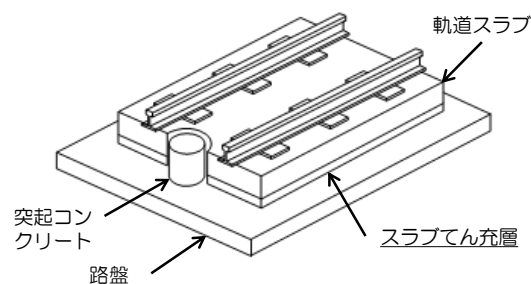


図-1 スラブ軌道概略図

表-1 軌道スラブ検査判定基準

項目	不良判定ランク	検査結果
すき間(t)	Cランク	$t \geq 2.0\text{mm}$
	Bランク	$2.0\text{mm} > t \geq 1.5\text{mm}$
	Aランク	$1.5\text{mm} > t \geq 1.0\text{mm}$
欠損(s)	Cランク	$s \geq 10\text{cm}$
	Bランク	$10\text{cm} > s \geq 5\text{cm}$
	Aランク	$5\text{cm} > s \geq 2\text{cm}$
記事		

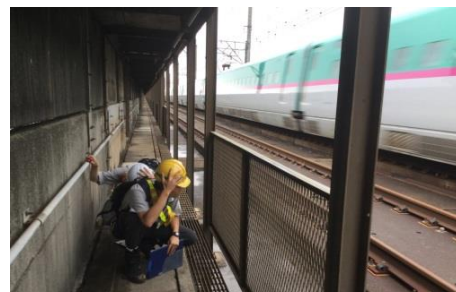


写真-1 現場動的確認

これは、軌道スラブのあおりの波長は約 5m で捉えることができるという知見を利用したものである(図-2)。波長(5m)と管理線区の営業列車速度から、式①を用いて周波数を求めると約 16Hz となる。

$$f \text{ (周波数)} = \frac{v \text{ (速度)}}{\lambda \text{ (波長)}} \cdots \text{(式①)}$$

従って、周波数 16Hz の PSD 値が卓越する箇所は、軌道スラブのあおりがある箇所を含んでいる可能性が高いと判断される。

(2) 動揺加速度測定

PSD 分析を行うため、営業列車の動揺加速度の測定を実施した。測定は、写真-2 に示す「列車巡視支援装置」を用いた。この装置は、3 軸加速度センサーを用いて車上で上下・左右・前後の動揺加速度を測定することができるもので、車両の速発パルスの情報から在線キロ程を記録することができる。

(3) PSD 分析結果

特定の区間に対して、以下の条件で分析を行った結果を図-3 に示す。

- ・解析区間：東北 下り 127k000m~127k400m
- ・周波数：16Hz
- ・ポイント数(評価範囲)：128P(前後約 0.25 秒)

図-3 の縦軸は、PSD 値であり、周波数 16Hz が元の上下動揺加速度波形に与える成分の大きさを表している。従ってこの値が卓越する箇所は、軌道スラブのあおり箇所を含む可能性が高いと推察される。

実際、現場での動的確認により当該区間にスラブあおりが生じていることを確認した。

4. スラブ CAM 補修施工及び結果

図-3 で示した区間において、スラブ CAM 補修を実施した。スラブ CAM 補修は、CAM の角部分を 50mm、中間部を 20mm それぞれはつり、型枠を設置し、ビニルエステル系樹脂を流し込んで硬化させる「簡易はつり型枠工法」である。

施工完了後に再度当該箇所の動揺加速度測定を実施し、図-3 と同様の条件で PSD 分析を実施した。施工前後の比較結果を図-4 に示す。

図-4 より、CAM 補修区間において施工後の PSD 値が減衰している。これは、CAM 補修の施工により、スラブあおりが解消され、周波数 16Hz の成分が小さくなったためと推察される。

5. おわりに

今回の検証から、動揺加速度の周波数分析により軌道スラブのあおり箇所を把握することに関して一定の成果が得られた。しかし、波長 5m に影響を与える軌道スラブのあおり以外の成分の除去や PSD 値とスラブあおり量の相関性に関して課題もある。今後も当初の目的である調査労力の削減と適切な補修箇所の選定を達成するため、定量的な検証を継続し本手法の有効性を評価していく。

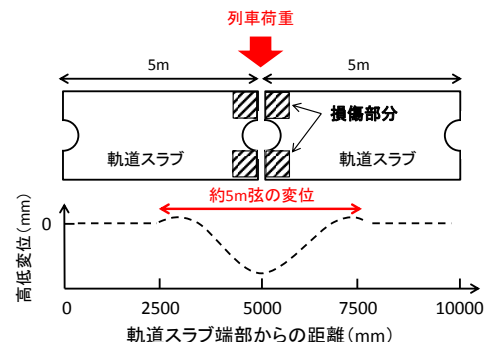


図-2 軌道スラブあおり概念図



写真-2 列車巡視支援装置



図-3 PSD 分析結果① (東北 下り 127.0k~127.4k 16Hz 128P)

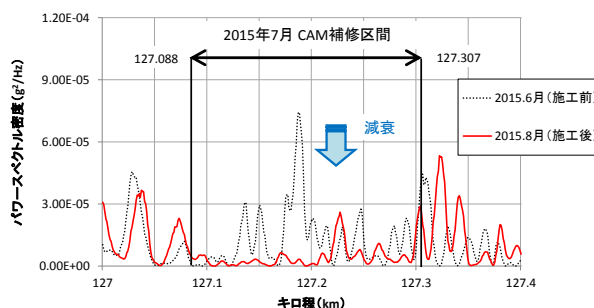


図-4 PSD 分析結果 (CAM 補修施工前後比較)