無道床橋りょう上に発生する内軌波長摩耗の発生要因と抑制策の検討

鉄道総合技術研究所	正会員	〇田中 博文
鉄道総合技術研究所	正会員	弟子丸 将
鉄道総合技術研究所	正会員	梶原 和博
四国旅客鉄道(株)	正会員	片山雄一朗

1. はじめに

急曲線の内軌には波長数~十数 cm 程度の波状摩耗が発生 することが広く知られている.一方で,曲線中であっても無 道床橋りょう上では波状摩耗は発生しないことが経験的に知 られている.しかし,ある線区において,緩曲線の無道床橋 りょう上において,波長の短い内軌波状摩耗が発生している 事例が確認された.

そこで、本研究では、緩曲線の無道床橋りょう上で発生す る内軌波状摩耗を対象に、その発生要因と抑制策を検討した 結果を報告する.

2. 発生状況調査

図1に、レール波状摩耗モニタリング装置¹⁾を用いて調査 した、ある線区の内軌波状摩耗の波長と列車速度の関係を示 す. 横軸は、本装置で取得した車内騒音のパワースペクトル (PSD)のピークから推定した波状摩耗の波長である. 同図 より、半径300~600m程度のバラスト軌道の曲線において内 軌波状摩耗が発生しており、その凹凸によって励起される周 波数は、列車の走行速度と波状摩耗の波長の関係から、約 145Hz であることがわかった. なお、約 215Hz はその1.5 倍 であり、高調波成分であると考えられる. ここで、列車が約 120km/h で走行する半径 600mの曲線中の一部で波長 5cm 程 度、周波数に換算して約 660Hz の波状摩耗が確認された.

図1に示した 660Hz の波状摩耗は、その周波数特性から、 通常の内軌波状摩耗とはその発生状況や発生要因等が異なっ ていると考えられる.そこで、当該区間を、レール凹凸連続 測定装置³⁾を用いて、レール凹凸を詳細に測定した.その結 果、図2に示すように、無道床橋りょう上の内軌に、波長 5cm 程度の波状摩耗が確認された.なお、当該曲線中には、同種 の無道床橋りょうが3つ存在したが、その何れにおいても同 様の波状摩耗が発生していた.ただし、調査時には1つを残 して既に削正したとのことであった.なお、同じ線区の半径 600mで曲線で、かつ複数の無道床橋りょうが介在する別の区 間を同様に調査したが、同種の波状摩耗は確認されなかった.



図1 波状摩耗の波長と列車の走行速度の関係



表1 内軌波状摩耗の発生状況と軌道条件の調査結果

	無道床橋りょう	無道床橋りょう	バラスト軌道	
内軌波状摩耗 の発生状況	有り (削正済を含む)	無し	無し	
締結装置	橋上Ⅳ形 F形タイプレート		ナブラ Ⅱ 形	
まくらぎ	合成・木	合成	6S号	
スパン	2.8m	2.2~8.0m	- - ロング	
まくらぎ 本数	8	7~21		
ロング/定尺別	ロング	定尺		
調査数	3橋りょう	3橋りょう	-	

表1に、半径 600m の曲線において、無道床橋りょうとその前後のバラスト軌道における内軌波状摩耗の発生状況を起動条件を調査した結果を示す.同表より、無道床橋りょうで敷設されている締結装置が橋上IV形の場合では内軌波状摩耗が発生しており、バラスト軌道や無道橋りょうであっても締結装置が F 形タイプレートの場合は発生していないことがわかった.このことから、締結装置の違いが、内軌波状摩耗の発生に寄与していることが推定された.

3. 締結装置の構造に着目した発生要因の検討

図3に、無道床橋りょう上で用いられる各種締結装置の構造³⁾を示す.橋上IV形は、ロングレール用で橋りょうに縦抵抗力を伝達しない滑動用の締結装置であり、小返り抵抗金具が用いられている.F 形タイプレートは、板ばねでレールを締結する木まくらぎ用の代表的な2重弾性締結装置であり、小返りに対して一定の自由度を有している.また、弾性材の配置が、橋上IV形ではタイプレート下であるのに対し、F形ではレール直下にあることも異なる点である.

キーワード:波状摩頼	6, レール凹凸, 無道橋りょう,	締結装置,軌道構造		
連絡先:〒185-8540	東京都国分寺市光町 2-8-38	(公財) 鉄道総合技術研究所	軌道管理	TEL042-573-7277

ここで、橋上IV形とタイプレートが共通の締結装置として、 橋上III形³⁾がある.**図4**に、橋上III形の構造を示す.本締結 装置は、ロングレール用で橋りょうに縦抵抗力を伝達する固 定用の締結装置であり、板ばねが用いられている.今回は、 延長の短い無道床橋りょうであったため、ロングレール縦荷 重が橋りょうに与える影響が小さいことを確認した上で、橋 上III形を内軌波状摩耗の抑制策として用いることとした.

4. 現地敷設による効果の確認

図2に示した曲線において、無道床橋りょう上の内軌波状 摩耗の削正前後、また締結装置を橋上Ⅳ形から橋上Ⅲ形に交 換する前後において、地上 PQ やレール各部の変位等を測定 した.また、比較のために、同じ曲線内の内軌波状摩耗が発 生していなかったバラスト軌道でも測定した.なお、バラス ト軌道の締結装置は、ナブラⅡ形であった.

図5に、無道床橋りょう上の内軌の削正前後のレール凹凸を示す.レール削正は、1頭式レール削正機で10パス施工した.同図より、削正前に発生していた波長5cm程度、振幅0.1mm程度の波状摩耗の凹凸が除去されたことがわかる.

図6に、削正前後の地上PQの測定結果の一例を示す.同 図より、削正前には波状摩耗の凹凸に起因する高周波の輪重 変動が発生していたが、削正後にはそれが緩和されているこ とがわかる.なお、締結装置交換後には、高周波の輪重変動 はほぼ完全に解消されていた.



(a) 橋上Ⅳ形
(b) F形タイプレート
図3 無道床橋りょう上で用いられる各種締結装置の構造³⁾





図7に、内軌側のレール上下変位と輪重の関係を示す.な お、レール上下変位は、レール底部・まくらぎ間で測定した. 同図より, 削正前後ともに, 列車通過時には 2mm を超える上 下変位が発生していたが、締結装置交換後には 0.5mm 以下と なっており、バラスト軌道と同等になった.これは、橋上IV 形では、図3(a)に示したように滑動用の締結装置であるため レールを上下方向に拘束しておらず、レールとタイプレート 間に隙間が生じていたことを示している.一方で、橋上Ⅲ形 に交換後は、図4に示したように板ばねでレールを締結する ことによって、レールが上下方向に拘束され、その隙間が無 くなり、タイプレートパットの弾性変形分のみの変位になっ たと考えられる.ここで、橋上IV形では、レール・タイプレ ート間にパッドが配置されていないことから、列車通過時に は、上下変位に伴って衝撃的な振動が発生していたと考えら れる. なお, 内軌側のレール小返り角と横圧の関係について も,バラスト軌道と同等になった.以上の結果より,これら の列車通過時の軌道の挙動の差が、軌道の振動やレール・車 輪間の接触位置に影響し、当該箇所での内軌波状摩耗の発生 に寄与していたと考えられる.

5. まとめ

本研究では,緩曲線の無道床橋りょう上の内軌に発生した 波長の短い波状摩耗を対象に,その発生要因と抑制策を検討 した.

- (1) 発生していた波状摩耗の波長は 5cm 程度であり、その上 を列車が走行した際に励起される振動は約 660Hz と通常の 内軌波状摩耗よりも高周波であった. 当該箇所の軌道構造 を調査した結果、橋上IV形締結装置が敷設されている橋り ようでのみ波状摩耗が発生していた.
- (2) 締結装置の構造に着目し,橋上Ⅳ形から橋上Ⅲ形に交換す る抑制策を検討し,試験敷設と現地測定を行った.その結 果,レール各部の変位は,波状摩耗の発生していない同じ 曲線内のバラスト軌道と同程度に変化することを確認した. なお,対策後約1年経過時点で,内軌に顕著な波状摩耗の 再発生は確認されていない.今後は,継続してその推移を調 査し,本対策の有効性を検証する予定である.

参考文献

- 1) 田中博文,芳賀昭弘:車上からレール波状摩耗をとらえる, RRR, Vol.68, No.4, pp.10-13, 2011.
- 田中博文,清水惇:波状摩耗管理のため可搬型レール凹凸 連続測定装置の実用化,鉄道総研報告, Vol.29, No.8, pp.35-40, 2015.
- 3) 軌道材料研究グループ編:締結装置便覧(昭和55年改訂), 日本鉄道施設協会発行, pp.47,61, 1980.