

まくらぎに着目した継目落ち対策工に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 城崎 孝博
 財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 河野 昭子
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 山口 義信

1. 目的

定尺レール区間の軌道保守において、構造的な弱点でもあるレール継目部が大きなウェイトを占めている。これまでに種々の継目落ち対策工が提案・検討されてきているが、必ずしも的確な施工方法まで確立されていないと考えている。今後、定尺レール区間の保守を継続的に維持するため、保守労力の低減を目指し軌道保守手法の検討をおこなった。

その中で今回、まくらぎ部に着目した試験敷設および解析をおこない、継目落ち抑制に効果がある対策工について考察をおこなったので報告する。

2. 現地敷設試験による検討

(1). 試験条件

当社管内において、表-1 に示す継目落ち対策工を施工し、対策工の評価をおこなうために表-2 に示す項目の測定をおこなった。工法 は基準となる従来のつき固めによる保守、工法 は継目まくらぎの下面に弾性剤を流し込み、まくらぎに付着させる工法、工法 は継目用 PC まくらぎ下面を弾性化したものに交換する工法である。なお、レール圧力はまくらぎ上下変位とともに、浮きまくらぎの検証に用いた。

なお試験敷設をおこなった線区の継目軌道条件は 50N レール・木まくらぎ(継目用)・H形継目用締結の単線区間で、主に走行する車両は 113 系列車、速度は上下線とも約 85km/h、通トンは約 480 万トン/年である。

(2). 営業列車通過時の応答測定結果

図-1 は、営業列車通過時の応答測定結果を各継目の施工前の状態を基準に、増減割合を $\frac{\text{施工後1ヶ月} - \text{施工前}}{\text{施工前}}$ で表している。

(3). 動的軌道狂い(高低 10m 弦)の測定結果

図-2 は、施工前および施工後 2 ヶ月までの 10m 弦動的軌道狂い(高低)の推移を表しており、施工前の状態を 0 としている。施工前～施工後 2 週間の傾きは試験施工の選定箇所の初期の落ち込み量に依存し、また初期沈下の影響があると考えられる。工法 は、初期のこう上量が 3mm 程度の箇所では 2 週間後にはほぼ施工前の状態に戻っている。施工後 2 週間～2 ヶ月については、施工後の落ち込みと捉える。その後の沈下量は、初期の改善量が大きいほど大きい。工法による違いは 2 ヶ月後では判断が難しい。また工法 において、

図-1 より、工法 ~ において道床振動加速度は減少しており、各工法とも効果があったと考えられる。まくらぎ上下変位は、まくらぎ下の弾性化より工法 で大きくなっている。

また、まくらぎ上下変位の応答時間とレール圧力の応答時間がずれていることから、各工法の施工前および施工後の工法については浮きまくらぎが発生していると考えられる。

(3). 動的軌道狂い(高低 10m 弦)の測定結果

図-2 は、施工前および施工後 2 ヶ月までの 10m 弦動的軌道狂い(高低)の推移を表しており、施工前の状態を 0 としている。施工前～施工後 2 週間の傾きは試験施工の選定箇所の初期の落ち込み量に依存し、また初期沈下の影響があると考えられる。工法 は、初期のこう上量が 3mm 程度の箇所では 2 週間後にはほぼ施工前の状態に戻っている。施工後 2 週間～2 ヶ月については、施工後の落ち込みと捉える。その後の沈下量は、初期の改善量が大きいほど大きい。工法による違いは 2 ヶ月後では判断が難しい。また工法 において、

表-1.各種対策工法

	施工方法	数量(箇所)
工法	HTT	2 箇所
工法	まくらぎ下弾性化	4 箇所
工法	HTT + PC 弾性まくらぎ	4 箇所

表-2.測定項目

	測定項目	測定方法
A	まくらぎ上下変位	非接触変位計
B	道床振動加速度	加速度計
C	レール圧力	圧力パット
D	動的高低 10m 弦	軌道検測車

- 測定項目 A～C：営業列車通過時の応答測定
 施工前・施工 1 ヶ月後 1 測点
- 測定項目 D：高速軌道検測車 4 回/年で全数

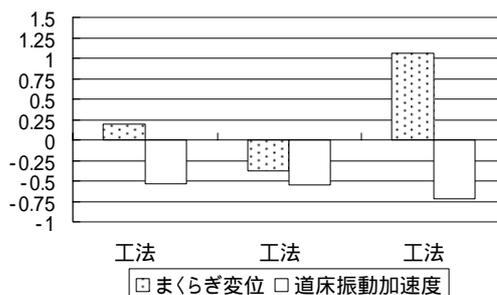


図-1.測定結果(測定項目 A～B)

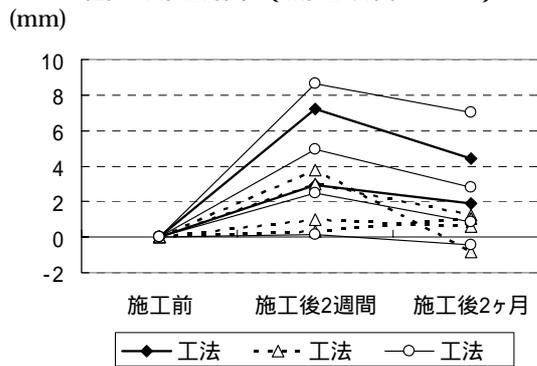


図-2.測定結果(測定項目 D)

キーワード 継目落ち, 継目落ち対策工法, まくらぎ諸元, 軌道動的応答シミュレーション

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目 4 番 24 号 西日本旅客鉄道(株)鉄道本部技術部 TEL 06-6376-8136

1 箇所で施工後の落ち込みが激しい箇所が見られ、現地確認をおこなった結果、まくらぎ下面から弾性剤が剥離し、まくらぎと弾性剤の間に隙間ができていた。同工法の施工箇所と比較し、原因検討中である。なお工法における測定項目A~Cは、剥離が見られた箇所で測定している。施工後2週間の項目Dの測定から施工後1ヶ月の項目A~Cの測定の間に剥離した可能性もあるため、参考値として比較したい。

3. 軌道動的応答シミュレーションによる検討

各対策工の効果を定量的に把握するため、軌道動的応答シミュレーションによる解析(車両・軌道の剛性等を設定して応答を推定するモデル¹⁾)により解析をおこなった。まくらぎのパラメータで何の影響が大きいのか判断するため、まくらぎ諸元のみ変更(木まくらぎ継目用を基準に、まくらぎ底面積・まくらぎ質量・まくらぎ本体の弾性・まくらぎ下の弾性)し、他は試験敷設をおこなった線区に合わせた。各まくらぎの諸元を表-3、解析の結果を図-3に示す。表-1と同様に施工前の標準的な条件と比較している。工法と解析の傾向が一致しており、質量・まくらぎ下弾性化の影響が確認できたと考える。

4. 1/3 オクターブ分析

道床沈下に影響があるといわれている道床振動加速度について、周波数帯の分布を確認するために1/3オクターブ分析をおこなった。現地試験の結果を図-4、解析の結果を図-5に示す。工法および解析・解析については数百~数千Hzの周波数で加速度レベルの減少が見られる。まくらぎの卓越周波数と言われている帯域である。一方、800Hz以上の周波数では現地試験では加速度レベルを維持、解析では減少している。1,000Hz以上はレールの卓越周波数と言われている帯域である。レール端部の形状を解析は一定としており、試験施工と異なると考えられる¹⁾。

5. まとめ

試験施工・解析より、まくらぎに着目した継目落ち対策工の傾向をまとめる。一般にまくらぎ下面圧力・道床振動加速度の減少が沈下抑制につながると考えられており、解析と工法が満たしている(質量・まくらぎ下弾性)。

1/3オクターブ分析より工法は解析と同様の傾向だが、工法については傾向が合致しない。工法は、まくらぎ下の弾性剤剥離・浮きまくらぎ発生から、適切な効果が期待できないと考える。工法では浮きは発生していないが、レール端部凹凸形状の影響等、現地との違いが考えられる。

6. 今後の課題

実際の軌道で継目落ち発生に影響を与える軌道の要因は、まくらぎだけではない。レールや道床等、種々の項目及びその組み合わせについても分析をおこなう。また解析による定量的な評価と実施工結果を比較検証することで実施工の精度等を含め、継目落ち対策工の評価をおこない、定尺レール区間の保守労力の低減を目指す。

<参考文献>

1) 鈴木貴洋、紅露一寛他;レール継目部動的挙動の実測と解析結果, 鉄道総研報告, pp.29~34, 2004年

表-3.解析におけるまくらぎ諸元

検査項目	標準条件	比較条件	
解析 まくらぎ底面積(1/2)	1.05m x 0.3m	1.0m x 0.24m ... 0.76倍(PC3号)	
解析 まくらぎ質量(kg)	45	129 ... 2.87倍(継目PC)	
解析 まくらぎ弾性(MN/m)	まくらぎ圧縮バネ	100	
	まくらぎ曲げバネ	77 / 612.7	563.2 ... 7.3倍(PC3号)
	まくらぎ支持バネ	739.2	563.2
解析 まくらぎ下弾性(MN/m)	77	18.5 ... 0.24倍(弾性剤)	

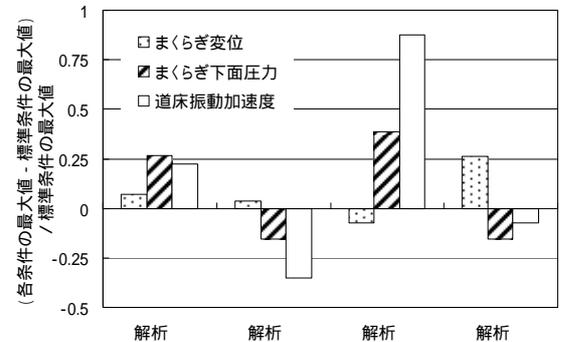


図-3.解析結果

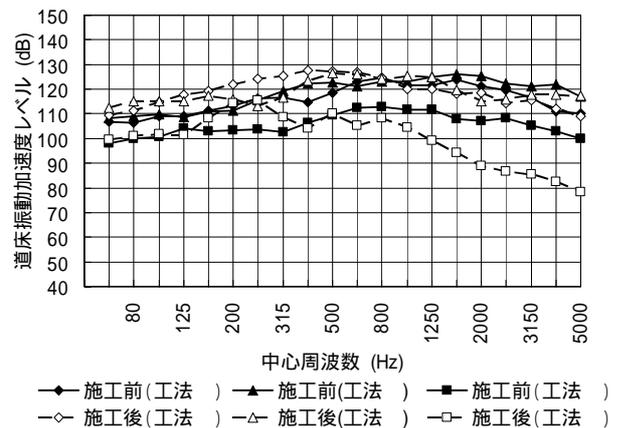


図-4.1/3 オクターブ分析(現地試験)

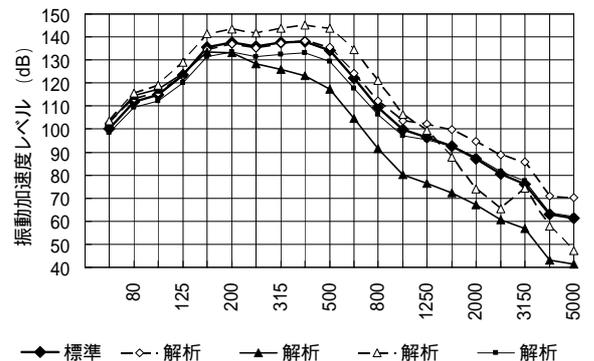


図-5.1/3 オクターブ分析(解析)