

営業線軌道におけるレール下面圧力測定

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○須江 政喜
同上 正会員 堀 雄一郎

1. はじめに

まくらぎは、軌道における軌間保持およびレールが受ける列車荷重を広く道床に分散させる重要な役割がある。当社では、特殊区間を除き、コンクリート製のPCまくらぎが主に採用されているが、PCまくらぎの設計強度は、約50年前に開発された3号まくらぎの考えによるもので、現在もその考えが継続して採用されている。一方、PCまくらぎの耐用年数は明らかになっていないため、過去に敷設後30年から50年程度経過した不良まくらぎの強度を調査したところ、埋め込み栓を除いたまくらぎ本体は、ほぼ健全な状態であった¹⁾。そこで、現在、一律の値で考慮している²⁾まくらぎ設計時における荷重分散や衝撃等の割増について調査することとした。

本稿では、在来線での営業線軌道において、列車種別や列車速度の違いによるレール下面圧力等を測定し、荷重分散等について調査した内容を記述する。

2. 測定概要

2.1 測定箇所

今回行った、営業線におけるレール下面圧力等の測定は、以下の項目を条件とし、測定対象箇所を選定した。測定箇所を表1に示す。

- ✓ 特急列車、通勤型列車、貨物列車走行線区
- ✓ 継目部および構造物との境界部以外の比較的安定している有道床軌道で輪重変動を受けにくい箇所
- ✓ 直近で道床交換およびMTT等の施工履歴がない箇所
- ✓ 直線区間

表1 測定箇所

	軌道条件							
	線名	線別	線路等級	位置	線形	レール種別	まくらぎ・締結装置	路盤
No.1	常磐快速線	下	1	26K000M付近	直	60kg	3号5形	土構造
No.2	東北貨物線	下	2	22K850M付近	直	50N	3号5形	土構造
No.3	総武本線	上	2	40K700M付近	直	50N	3号5形	土構造

2.2 測定内容

測定は、列車荷重に対するまくらぎの荷重分散を把握するため、輪重に対するレール下面圧力から荷重分散率や分散範囲を調査することとした。調査項目は、輪重およびレール下面圧力の2項目とし、測定範囲および測定機器類の設置概要を図1、図2に示す。なお、分散範囲がまくらぎ何本分かを把握するため、測定箇所No.1については、連続する4本のまくらぎでレール下面圧力測定

を行った。また、測定対象とした列車は、特急列車、通勤型列車、貨物列車を含め、測定箇所No.1および測定箇所No.2では11本、測定箇所No.3で13本とし、列車種別の内訳を表2に示す。

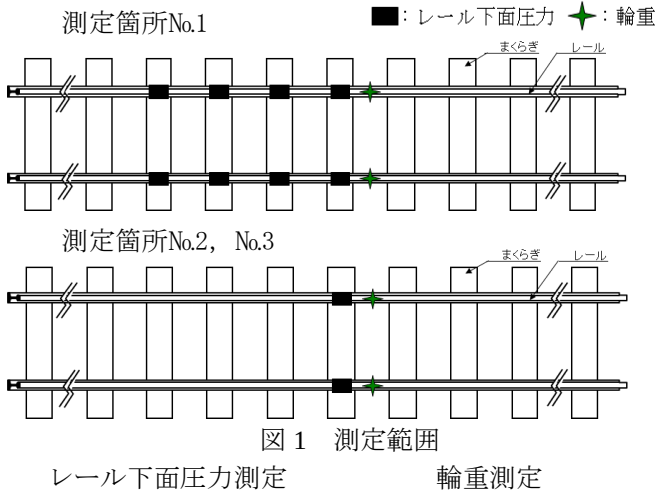


図2 測定機器類の設置概要

表2 測定列車の内訳

測定箇所	列車種別および測定本数			合計(本)
	特急列車	通勤型列車	貨物列車	
No.1	4	5	2	11
No.2	2	6	3	11
No.3	5	6	2	13

3. 測定結果

3.1 動的輪重とレール下面圧力との関係

輪重とレール下面圧力の抽出にあたっては、各列車通過時の最大輪重に対するレール下面圧力を代表値として抽出した(図3)。ここで、各箇所における輪重とレール下面圧力(片側)の関係を図4に示す。輪重とレール下面圧力では相関が高く、特に、元々静止輪重が大きい貨物列車では、他の特急列車および通勤型列車に比べ、輪重とレール下面圧力ともに最大でNo.1では2.2倍程度、No.2, No.3では1.8倍程度であった。なお、列車速度とレール下面圧力の関係について確認したところ(図5)、相関が低いことから、レール下面圧力は、主に輪重による影響が大きいものと考えられる。

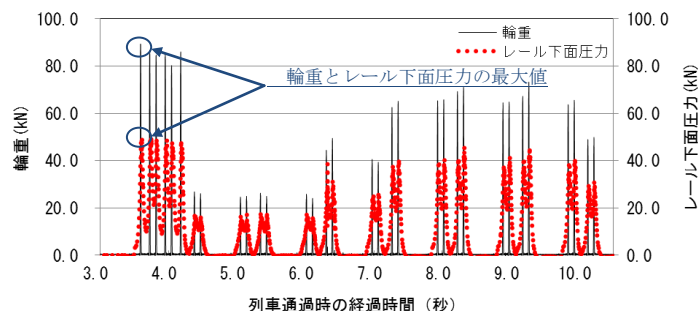


図3 列車通過時の輪重とレール下面圧力

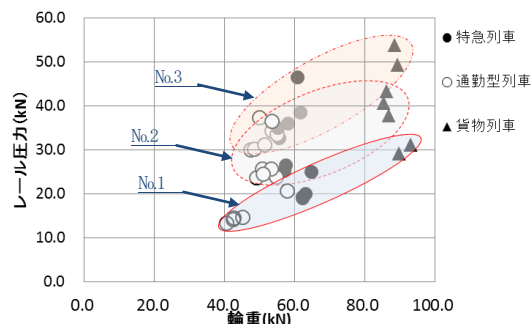


図4 動的輪重とレール下面圧力の関係

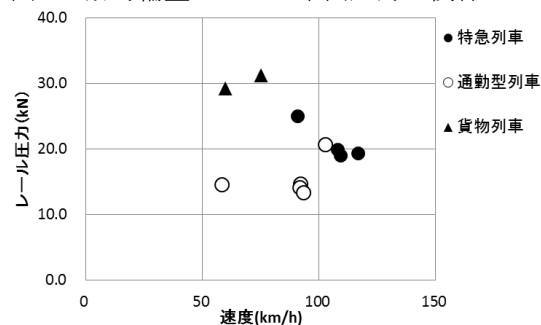


図5 速度とレール下面圧力の関係(測定箇所No.1)

3.2 荷重分散率

前項で抽出した動的輪重に対するレール下面圧力から、まくらぎ1本あたりの荷重分散率について算出した(表3)。各箇所の平均値をみると、No.1が3割程度、No.2が5割程度、No.3が6割程度となり、列車種別による荷重分散率の差異は無かった。また、軌道部材の設計では、継目部等で生じる衝撃を考慮し、輪重変動分として動的輪重の平均値に標準偏差 3σ を加えることになっており³⁾、これに基づき算出するとNo.1が5割程度、No.2が9割程度、No.3が8割程度となり、今回のような輪重変動を受けにくい安定した箇所では、輪重変動分を考慮しても輪重以下のレール下面圧力となった。なお、No.1の箇所が他の箇所と比べ荷重分散率が良い傾向となったのは、No.2、3の箇所が50N レール区間でまくらぎ間隔が平均660mmに対して、No.1の箇所は、60kg レール区間でまくらぎ間隔が平均580mmであったため、レールの剛性およびまくらぎ間隔の違いにより、荷重分散率に差異が生じたことと考えられる。

表3 測定箇所毎の荷重分散率

	荷重分散率		
	No.1	No.2	No.3
箇所毎の平均値: μ	32.0%	55.4%	64.8%
$\mu + 3\sigma$	45.0%	88.6%	83.1%

3.3 荷重分散範囲

No.1の箇所において、まくらぎ上を車輪が通過した際、荷重がどの程度の範囲まで分散しているかを調査した。なお、分散範囲の調査にあたっては、隣接する車輪影響を避けるため、列車の先頭台車である1軸目が載荷した際の分散範囲を抽出した。また、荷重分散率は、前項で算出された平均値である32%とした。全ての車両において、車輪直下のまくらぎから1本目および2本目のまくらぎで輪重に対して10%程度、3本目のまくらぎでは5%未満の荷重を受けていることから、車輪直下のまくらぎから3本程度のまくらぎ範囲で荷重を負担していると考えられる(図6)。これは、文献⁴⁾でもいわれている輪重直下が0.4、1本目が0.2、3本目が0.1の割合で分散する内容とほぼ同様な傾向にあることがわかる。なお、列車種別でみても分散範囲がほぼ同等であったため、分散範囲は、速度および輪重には起因しない結果となった。

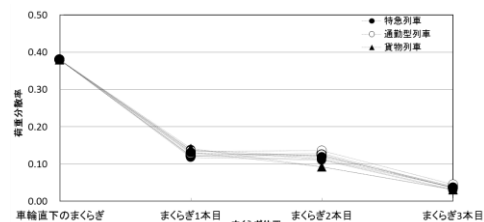


図6 列車通過時の荷重分散範囲

4. まとめ

レール下面圧力は、主に列車荷重に影響するとともに、レール種別およびまくらぎ間隔の違いにより差があるものの、輪重直下から一定の範囲で分散することを確認した。なお、今回のような比較的安定している軌道では、輪重変動を考慮してもレール下面圧力は輪重未満の値であることから、まくらぎを設計する際に考慮する荷重分散や衝撃等の割増を見直すことが期待できると考えられる。本稿では、比較的安定している軌道を対象とし調査したが、今後、継目等を含めた様々な条件で同様な調査を行い、使用条件を考慮した最適なまくらぎ構造等を検討していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 須江他, 「既設 PC まくらぎの劣化状態に関する研究」, 第21回鉄道技術・政策連合シンポジウム, 2014年12月
- 2) 新版軌道材料編集委員会 「新版 軌道材料」, 2011年5月
- 3) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造【有床軌道】(案)」, 1997年3月
- 4) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」, 1992年10月