

側線におけるレール締結装置設計荷重の提案

鉄道総研 正会員 弟子丸 将
 鉄道総研 正会員 小佐野浩一
 鉄道総研 若月 修
 鉄道総研 正会員 阿部 則次

1. はじめに

現在、在来線の側線におけるレール締結装置は、本線を想定した設計荷重に準じている。在来線の最小曲線半径の標準は本線では300m、側線では160mとなっている。また近年、機関車が入線しない側線も増加している。

そこで本研究では、最小曲線半径が160mで、かつ機関車が入線しない側線におけるレール締結装置の設計荷重を提案するため、側線の急曲線区間（曲線半径 $R=160\text{m}$ ）において現地測定を実施し、列車荷重等の測定結果を統計分析することにより、機関車が走行しない側線に適用するレール締結装置の設計荷重を提案するものである。

2. 現地測定

現地測定は2004年10月、九州旅客鉄道株式会社の鹿児島本線博多～竹下間に並行する博多駅～竹下運転所間の通称小運転線上回りと呼ばれる回送用の側線において実施した。測定現場の概況を図1に示す。また当該箇所の軌道諸元を表1に示す。測定区間は単線で、営業列車の通過はなく両方向に列車が走行し、列車の通過速度は30km/h程度であった。

測定項目および測点配置を図2に示す。外軌・内軌側それぞれについて輪重、横圧、レール上下変位およびレール頭部左右変位を測定した。なお測定列車の諸元は表2に示す通りで、全て旅客用車両であり機関車の通過はなかった。

3. 測定結果と統計分析

輪重の測定結果について、外軌・内軌側それぞれの全軸データより得たヒストグラムの一例を図3に示す。その結果、輪重はほぼ正規分布に従っていると考えられる。ただし、外軌側の測点において最大値が平均値(m)+標準偏差(σ)の3倍を超える輪重が1回測定された。横圧の測定結果について、各編成の台車前軸(1・3軸)と台車後軸(2・4軸)で値の発生傾向が異なるため、測定値が大きい傾向にある台車前軸の測定結果を整理した。外軌・内軌側それぞれの全ての台車前軸データより得たヒストグラムの一例を図3に示す。その結果、横圧はほぼ正規分布に従っていると考えられる。また外・内軌側とも最大値および最小値は $m \pm 3\sigma$ の範囲内であった。

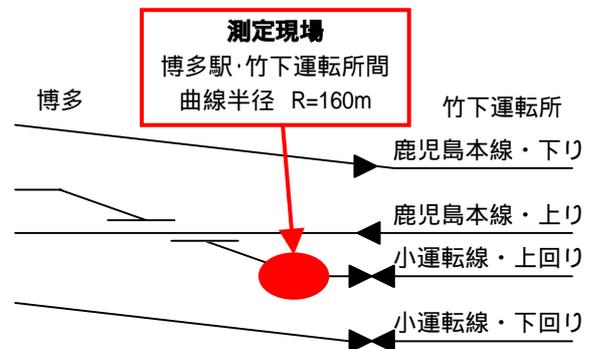


図1 測定現場概況

表1 測定箇所の軌道諸元

軌道構造	有道床
レール種別	50kgNレール
レール締結装置	特殊形50N特殊区間用
線形	曲線(曲線半径 $R=160\text{m}$)
カント	35mm
まくらぎ種別	特殊区間用PCまくらぎ
まくらぎ間隔	640mm

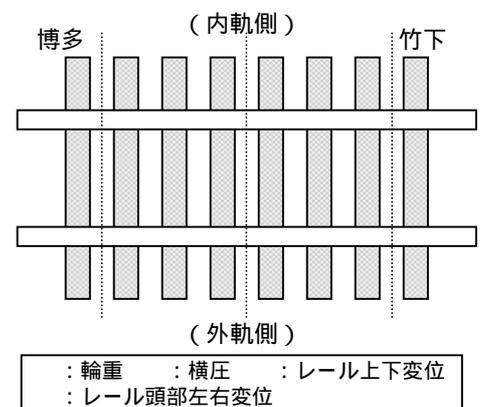


図2 測点配置

表2 測定列車諸元

車両種別	平均静止輪重(kN)
電車・特急形	46.7
電車・通勤形(軽)	38.7
電車・通勤形(重)	47.0
ディーゼル・特急形	52.7
ディーゼル・通勤形	43.1
全車種平均	44.8

キーワード レール締結装置，設計荷重，側線，急曲線

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道構造 TEL 042-573-7275

車種別に輪重および横圧の統計分析を行った結果、輪重の全軸データについては内軌・外軌側とも電車・特急形および全車両種別総計の場合に最大値が $m+3$ を超過した値が1回測定されたのみであった。横圧の台車前軸データについては全車両種別で最大値が $m+3$ を超過しなかったことから、 $m+3$ の値を用いれば横圧の最大値を推定することが可能である。

4. 設計荷重の検討

(1) 静止輪重と動的輪重の関係

測定列車の車両諸元から得られた各車両の静止輪重（空車時）と現地測定で得られた各測点における動的輪重の関係の一例を図4に示す。回帰係数に関して、静止輪重に対する動的輪重は外軌側で5~12%増加し、内軌側で7~12%減少していた。

(2) 設計輪重の割増係数および設計荷重の提案

レール締結装置の設計荷重の基本となる割増係数について、外軌・内軌側の静止輪重に対する測定輪重値のA荷重 ($m+3$)、B荷重 ($m+$)、C荷重 (m) の値と現行の基準を表3に示す。その結果、輪重、横圧とも外軌側で全車種を総計した場合の割増係数が最も大きくなった。

また本研究で提案する設計荷重は側線用であるから、空車状態の軸重を考慮し、かつ側線の最小曲線半径 $R=160m$ で発生する輪重、横圧のごく希に発生する荷重条件を想定することとした。この際、軸重には現在 JR 各社が保有する機関車を除く在来線用の旅客車両の中で最も重いモハネ 582 の $120kN$ を想定した。

以上を考慮し、表3の最下段の静止輪重 $60kN$ に対する設計輪重および横圧の割増係数を提案した。現行の設計荷重（静止軸重 $150kN$ ）、静止軸重 $120kN$ で現行の割増係数を用いた場合、および 静止軸重 $120kN$ で提案する割増係数を用いた場合の輪重、横圧の設計荷重の比較を表4に示す。

この場合、輪重、横圧いずれも測定値の $m+3$ が車両種別によっては設計荷重を超過する可能性があるが、この場合では、輪重および横圧とも測定値の $m+3$ がいずれの車両種別でも設計荷重に十分に含まれることが明らかとなった。

5. まとめ

曲線半径 $R=160m$ の区間を選定し現地試験により列車荷重の測定結果を統計分析し、最小曲線半径 $R=160m$ で、かつ機関車が入線しない側線におけるレール締結装置の設計荷重を提案した。その結果、現在本線の曲線用として使用されているレール締結装置は、側線の急曲線でも使用可能であることが明らかとなった。

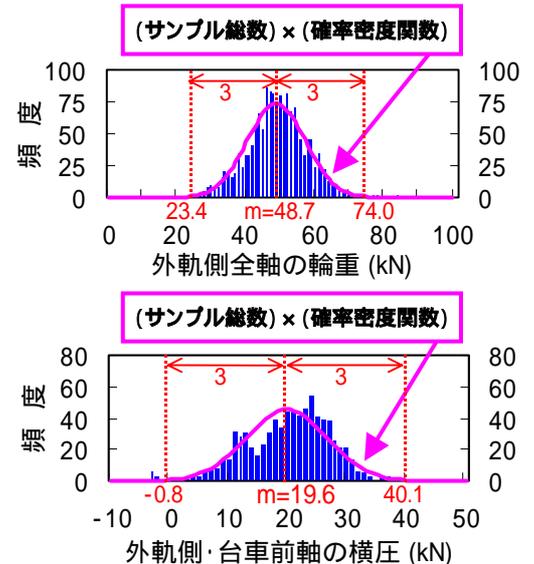
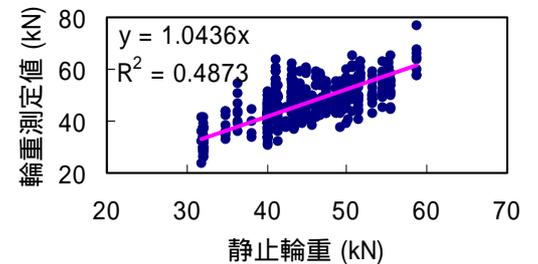
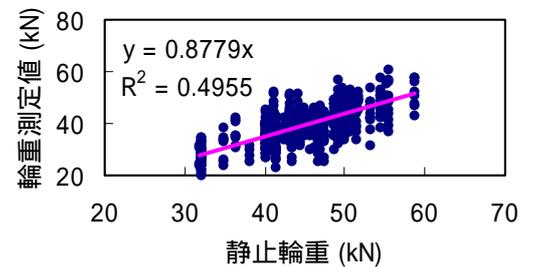


図3 輪重と横圧のヒストグラムの例



(a) 外軌側 測点 P12



(b) 内軌側 測点 P22

図4 静止輪重と動的輪重の関係

表3 静止輪重と設計荷重の割増係数

外軌 内軌	車両種別	静止輪重 (kN)	輪重の割増係数			横圧の割増係数		
			A 荷重	B 荷重	C 荷重	A 荷重	B 荷重	C 荷重
外軌側	全車種総計	44.8	1.65	1.27	1.09	0.91	0.59	0.44
内軌側	全車種総計	44.8	1.40	1.07	0.90	0.82	0.56	0.42
外・内軌	現行の基準	75	1.30	1.15	1.00	0.80	0.40	0.20
外・内軌	提案値	60	1.60	1.30	1.15	0.90	0.60	0.30

表4 側線用レール締結装置の設計荷重（単位：kN）

設計荷重の 種類	静止 軸重	輪 重			横 圧		
		A 荷重	B 荷重	C 荷重	A 荷重	B 荷重	C 荷重
現行荷重	150	95.6	84.5	73.5	60.0	30.0	15.0
現行割増係数	120	78.0	69.0	60.0	48.0	24.0	12.0
提案荷重	120	96.0	78.0	69.0	54.0	36.0	18.0