

1. まえがき

土路盤上有道床軌道の破壊軽減に関する新たな提案を検証するため、昭和51年1月の高崎線における振動測定に引続き、同じ場所において、軌道破壊軽減対策（軌道パッドばねの低減、マクラギ重量化、道床厚増）を施した試験軌道に対し、輪重・圧力・変位・振動加速度等の測定を行ない、これらを含めて解析した結果について報告する。

2. 測定概要

(1) 測定場所：高崎線 本庄～神保原間

上り線 57.9 km 付近。

(2) 測定時期と試験軌道構造：1級線ロングレール軌道（50Nレール、PC3号5型、44²/₂₅mm、砕石250^{mm}）を基準タイプとし、これに対して以下のような対策を施した（表-1）。

軌道パッドばねの低減：110²/₄₀mm²→70→40

マクラギ重量化：PC3号→統一PC

道床厚増：道床厚 250^{mm}→350^{mm}

(3) 測定項目と測定配置：（図-1）

(4) 測定列車：列車は、特急・急行・機関車に

大別したものと、表-2のように静止輪重およびばね下重量別に分類したもののについて検討した。また、速度条件については、60、90、120^{km/h}の3段階とした。

3. 測定結果

3.1 動的ばね係数

測定された輪重・圧力と変位から算出された軌道構造別のばね係数を表-2に示す。

(1) 軌道ばね係数は、おおむね30~33²/₄₀程度の値となつたが、重量低減および道床厚増については、レール圧力/輪重比が小さいことなどから、測定直下のバラストのぬれにより、25²/₄₀程度の小さな値になったと考えられる。

(2) 基準および低減1、2のレール支持ばね係数は約10²/₄₀程度であり、軌道パッドばね係数は40~110²/₄₀程度、バラストばね係数は100~300²/₄₀程度の範囲にあると仮定すると路盤ばね係数は11~15²/₄₀程度と考えられる。

(3) 軌道パッドばね係数低減化によるレール支持ばね係数の低減効果は顕著には現れていない。

3.2 輪重変動

輪重変動の標準偏差が次式で与えられており、これに基づいて検討を進めた。

表-1 測定時期と試験軌道構造

測定時期	試験条件	軌道構造					路盤状態
		線形	レール	マクラギ	軌道パッドばね係数(1/40mm)	道床厚(1/40mm)	
第1回 51年3月	基準(1)	直線	50N	PC3号	5型	110	普通
	低減1				5F型	70	
	低減2					40	
	重量低減(1)			統一PC	統一型	70	
第2回 51年4月	基準(2)	レール117L	50N	PC3号	5型	110	普通
	道床厚増(1)					350	
	重量低減(2)			統一PC	統一型	70	
第3回 51年4月	道床厚増(2)			PC3号	5型	110	350

番号	測定項目	測定年月		
		54.3	54.10	55.3
①	レール振動加速度	○	○	○
②	道床振動加速度	○	○	○
③	輪重	○	○	○
④	橋圧	○	○	○
⑤	レール圧力	○	○	○
⑥	路盤圧力	○	○	○
⑦	締結ばね圧力	○	○	○
⑧	レール変位	○	○	○
⑨	レールマクラギ間変位	○	○	○

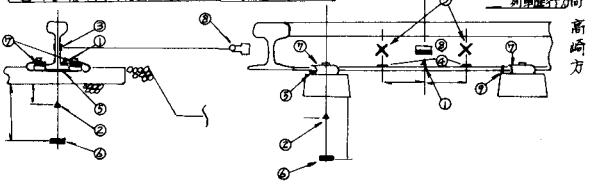
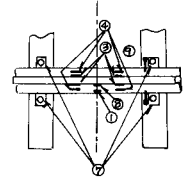


図-1 測定項目と測定配置

大別したものと、表-2のように静止輪重およびばね下重量別に分類したもののについて検討した。また、速度条件については、60、90、120^{km/h}の3段階とした。

3. 測定結果

3.1 動的ばね係数

測定された輪重・圧力と変位から算出された軌道構造別のばね係数を表-2に示す。

(1) 軌道ばね係数は、おおむね30~33²/₄₀程度の値となつたが、重量低減および道床厚増については、レール圧力/輪重比が小さいことなどから、測定直下のバラストのぬれにより、25²/₄₀程度の小さな値になったと考えられる。

(2) 基準および低減1、2のレール支持ばね係数は約10²/₄₀程度であり、軌道パッドばね係数は40~110²/₄₀程度、バラストばね係数は100~300²/₄₀程度の範囲にあると仮定すると路盤ばね係数は11~15²/₄₀程度と考えられる。

(3) 軌道パッドばね係数低減化によるレール支持ばね係数の低減効果は顕著には現れていない。

3.2 輪重変動

輪重変動の標準偏差が次式で与えられており、これに基づいて検討を進めた。

表-2 軌道構造別各種ばね係数(1締結装置あり)

軌道構造	係数	係数(1/40mm)			
		軌道ばね	レール支持ばね	マクラギ支持ばね	バラストばね
基準(1)	31.0	10.4	11.6	0.337	
低減1	30.3	9.2	10.0	0.289	
低減2	30.2	10.2	11.6	0.328	
基準(2)	32.4	10.0	10.2	0.318	
道床厚増(1)	34.1	13.5	12.2	0.380	
"(2)	24.2	4.5	4.6	0.186	
重量低減(1)	25.9	5.1	5.4	0.200	
"(2)	25.0	4.0	4.2	0.156	

$$\sigma\{W\} = \sqrt{\frac{A}{\pi} \cdot \frac{m_0}{2} \cdot K \cdot (1+Q) \cdot V} \quad (3.1)$$

ただし

A; 軌道不整パワースペクトルの係数(以下では、 2.0×10^{-6} を用いた)

m_0 ; はね下質量(1軸分)

$$Q = 1/2\zeta$$

$$\zeta = C / \{2\sqrt{K \cdot (m_0/2)}\} \quad (C: \text{軌道減衰係数})$$

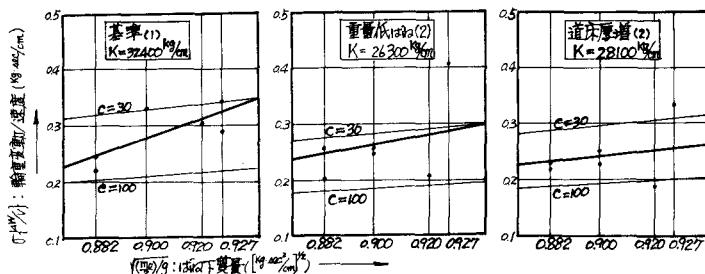


図-2 輪重変動とはね下質量との関係

(1) 輪重の突刺値とその平均値との差を列車速度で除した値の標準偏差とはね下質量との関係は図-2のようになり、式(3.1)が示す

$$\sigma\{W\} \propto \sqrt{m_0/2} \quad \text{という傾向が認められる。}$$

(2) 式(3.1)を用いて、輪重値Wが次式の範囲内にあると考える。

$$W = W_0 \pm 2\sigma\{W\} \quad (3.2)$$

ただし W_0 : 平均輪重

図-3は輪重と列車速度の関係を示す1例であり、輪重は $\zeta=0.3$ と仮定した場合の式(3.2)で示す限界線の範囲内におおむね分布し、また式(3.1)が示す $\sigma\{W\} \propto V$ という速度効果が認められる。

3.2 振動加速度レベル

(1) レール振動加速度レベルについては、速度効果は明確であるが、軌道構造による差は顕著ではない。

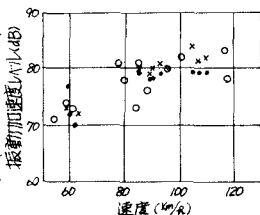


図-4 レール振動加速度レベル

(2) 道床振動加速度レベルについては、速度効果はレールほど明確ではないが、軌道構造による差は顕著であり、中間支持質量による振動加速度の低減効果が認められる(図-5)。

(3) 振動加速度の周波数分析結果と三重梁モデルによる理論計算結果の対比を図-6に示す。この場合、両者は比較的良好一致しており、有効支持質量として1000~1500 kg程度を見込むのが妥当と推定できる。

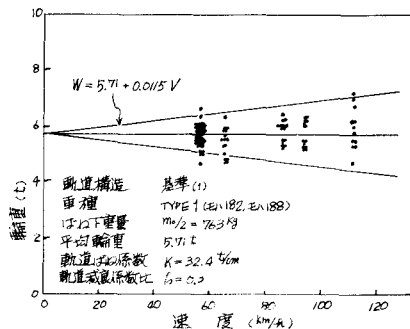


図-5 輪重の速度効果

図-5 道床振動加速度レベル

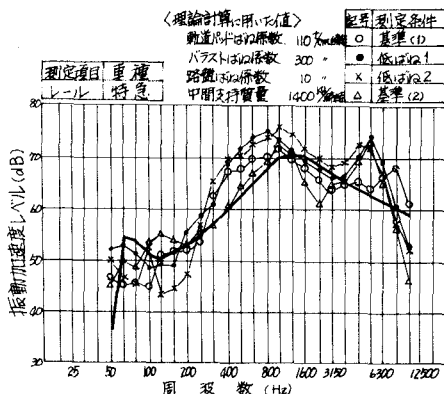


図-6 レール振動加速度スペクトル

《参考文献》

- 1) 佐藤吉彦「新軌道破壊理論の構成」第32回土木学会年次学術講演会講演概要集, 昭和52年10月。
- 2) 平野雅文、長藤敬晴「高崎線における土路盤上有道床軌道の振動判定」第33回土木学会年次学術講演会講演概要集, 昭和53年9月。
- 3) 佐藤吉彦「軌道高周波振動の理論解析」鉄道技術研究報告 No.1013, 昭和51年8月。