

IV-267

レール横圧力測定法に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正 員 船田 智巳

鉄道総合技術研究所 正 員 長藤 敬晴

鉄道総合技術研究所 正 員 阿部 則次

1. はじめに

鉄道の安全かつ高速輸送は社会の要請であり、各鉄道会社はそれぞれの地域に応じ、列車速度の向上に取り組んでいる。高速化において、列車の騒音・振動を抑制することが重要な課題である。また、軌道部材の寿命延伸および寿命を定量化する上で、軌道部材に対する外力の変化を把握することが重要である。

車両から軌道に負荷される輪重、横圧およびレール／支承体間のレール圧力の測定法については、既に一般化され、各種性能試験等に活用されている。しかし、レールからPCまくらぎ等の支承体に作用するレール横圧力については、測定法が未だ確立されていない。そこで、軌道部材の劣化メカニズムを解明する立場からレール横圧力を正確に把握する測定法の基礎試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 横圧力による板ばねの応力変化

現在、PCまくらぎ用レール締結装置として、2重板ばね方式が主流となっている。2重板ばね方式の板ばねはレール横圧力を板ばねが支持しているため、板ばねの圧縮応力を測定することによりレール横圧力を推定できる可能性がある。レール締結装置の設計におけるレール横圧力による締結ばねの応力変動は、図1に示すようにモデル化し、式(1)により求めている。

$$\sigma = -\frac{Q}{A} \pm \left\{ \frac{P_0 l + Q h}{D} \right\} \quad \text{----- (1)}$$

ただし、

- ±：板ばねの上面を＋、下面を－
- Q：レール横圧力
- P₀：レール押さえ力の変動
- A：板ばね断面積
- D：板ばね断面係数
- h：レール横圧力作用点高さ
- l：レール押え点と応力照査点の間隔

である。

式(1)における第1項はレール横圧力による圧縮応力成分を表し、第2項はレール小返りによる板ばね先端の上下変位に伴う曲げ応力成分を表している。このように、板ばねの応力からレール横圧力を推定する場合、レール小返りによる応力変動も考慮しなければならない。

3. 試験方法

レール横圧力と板ばねの応力変動、レール圧力およびレール小返りの関係を把握するため、図2に示すように、レール締結装置用2軸試験装置上に6号PCまくらぎを設置し、下ばねの上下両面にひずみゲージを接着した板ばねを用いて試験用レール金具を締結し、

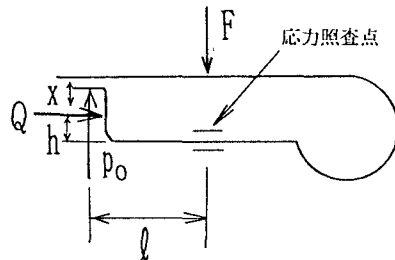


図1 板ばねの応力解析モデル

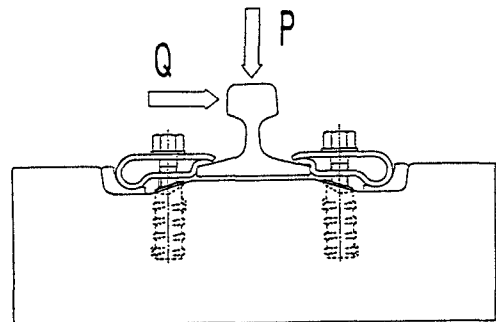


図2 試験方法

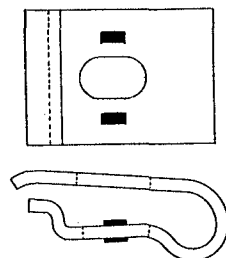


図3 応力測定位置

2方向からレール圧力とレール横圧力に相当する荷重を載荷し、板ばねの応力変動とレールの小返り量を測定した。試験条件として、表1に示すように、2種類のレール締結装置に対し、レール金具高さおよび軌道パッドのばね定数を変化させた。試験における荷重条件は、レール圧力に相当する鉛直荷重を0～80kN、レール横圧力に相当する水平荷重を0～45kNとした。

4. 試験結果

試験条件毎の板ばね上下面の応力変動とレール小返りおよびレール圧力の4項目を説明変数とし、レール横圧力を従属変数とする重回帰分析を行った。

その結果、表2に示すように、重回帰係数が0.990以上であり、レール横圧力を十分な精度で推定できることが明かとなった。ただし、レール種類により板ばねが異なるため、板ばね応力と小返り角の回帰係数に違いがある。

一例として、レール高さ110mm、軌道パッドばね定数90MN/mの分析結果を図4に示す。また、重回帰分析結果によると、レール横圧力を説明する上で最も寄与している因子は板ばねの下面応力変動であり、次に板ばねの上面応力変動である。板ばねの上面応力変動の標準係数は、下面応力変動の約55～68%である。また、レール小返り標準係数は下面応力変動の約3～8%であり、レール圧力の場合は2%以下と非常に小さく、殆ど影響していないことが明かとなった。

5. まとめ

以上のように、軌道部材の破壊メカニズムを解明し、寿命を推定する上で重要なレール横圧力の測定方法について基礎試験を行った結果、静的な試験荷重に対し十分に精度の高いレール横圧力を推定できる可能性が得られた。今後は、動的な荷重およびレールねじりを考慮した軌道および動的な荷重に対する確認試験を実施し、測定法の一般化を図りたいと考えている。

表1 試験条件

試験No.	レール金具種別	レール締結装置	レール金具高さ(mm)	軌道パッドばね定数(MN/m)
1	50kgN	9形50N用	90	110
2	50kgN	9形50N用	90	70
3	60kg	9形60用	90	110
4	60kg	9形60用	110	110
5	60kg	9形60用	90	60
6	60kg	9形60用	110	60

表2 重回帰分析結果

試験No.	相関係数	偏回帰係数				
		下面応力	上面応力	レール圧力	小返り角	定数項
1	0.994	-0.316	-0.357	-0.009	-88.665	0.66
2	0.996	-0.302	-0.321	-0.030	-159.73	0.67
3	0.998	-0.340	-0.388	-0.002	-262.30	0.36
4	0.995	-0.374	-0.433	0.002	-250.83	0.53
5	0.996	-0.337	-0.403	-0.001	-260.55	-2.89
6	0.996	-0.347	-0.422	-0.039	-292.27	0.73

表3 重回帰分析結果の標準係数

試験No.	標準係数			
	下面応力	上面応力	レール圧力	小返り角
1	-1.701	-0.967	-0.011	-0.053
2	-2.125	-1.451	-0.038	-0.135
3	-2.256	-1.328	-0.003	-0.067
4	-2.853	-1.857	0.002	-0.113
5	-2.334	-1.363	-0.002	-0.093
6	-2.192	-1.196	-0.048	-0.170

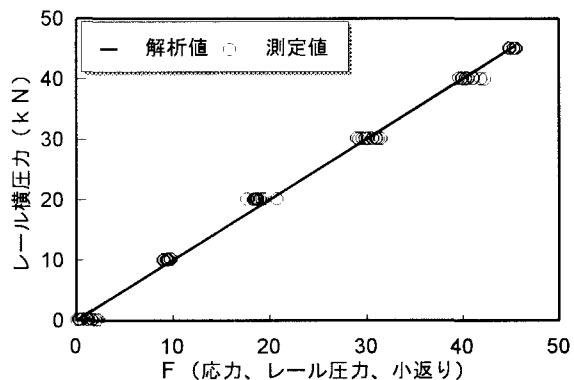


図4 重回帰分析結果の例