

波状摩耗レールによる影響の測定結果

大阪市立大学工学部 安 山 信 雄
 京都大学工学部 榎 本 正 雄
 〃阪急電鉄土木部 山 向 昭
 京都大学大学院 清 水 好 三

1 まえがき

阪急電鉄新増設高架線では、開通後まもなく半径300m曲線部の内側レールに波状摩耗が発生した。そのうち波高のとくに大きい光立寺曲線上り線ではレール3本を新品に更换し、またその部分のバッドをバネ常数の小さい厚さ10mmのものとし、波状摩耗の進行状況の調査とともに、本年8月4～7日にわたり京大小林研究室・大阪市大岡部研究室・阪急電鉄土木部協同のもとで、波状摩耗有無の両現場につき、その軌道などに対する影響の比較測定を行った。

2 軌道状態 表-1参照

表-1 軌道状態（光立寺曲線，上り線）

レール	第1現場（波状摩耗なし）：PS 50kg新品 第2現場（波状摩耗あり）：PS 50kg，高周波焼入れ } 継目板 伊藤式
まくら木	ポストテンション型PCまくら木（HB-Ⅲ型），48本/25m
タイバッド	第1現場：10mm厚，バネ常数50t/cm；第2現場：6mm厚，バネ常数80t/cm
道床	碎石，まくら木底面下，23cm厚
曲線	半径300m，カント136mm，スラック10mm
こう配	第1現場：下り10°/60；第2現場：L
列車回数	211

なお波状摩耗の発生は曲線の内側レールに限られ、緩和曲線の中間部に始まり、円曲線部で甚だしく、再び緩和曲線部で小さくなって消える。その波長は5～15cmの短波長、波形は正弦曲線に近く、波高は0.2～0.4mmのことが多い。

3 測定用列車

本測定はすべて営業電車について行い、したがってその編成・車種・自重・乗客数などはきわめてまちまちであつた。車両の自重はM車23～52t，C・T車22～33t，定員は92～150人で、測定用車両の実重量にかなり広範囲の差異の生じたことは遺憾であつた。また測定

点通過時の列車速度は測定記録より求め、概略40～65km/h、大部分は50km/h前後であった。

4 測定項目および測定装置

これらは表-2に示すとおりで、そのうち軌道関係の1～4はすべて新興通信6成分トランジスター動歪計と三栄測器電磁オツシログラフによつて記録せしめた。なお軌道測定は両現場別、曲線の内外側レール部につき行つたが、さらに両現場の内側レール部の同一列車に対する測定も行つた。

表-2 測定項目と測定装置

1 レール直圧	歪皿式圧力計
2 レール底垂直・水平曲げ応力	底部両縁端にワイヤストレンゲージ接着
3 まくら木上下方向振動加速度 振動数	新興通信U _A 型加速度計 使用範囲±20g・固有振動数420%
4 道床上下方向振動加速度・振 動数	共和無線A型加速度計 使用範囲±20g・固有振動数420%
5 車外・車内騒音	日本電子測器SL-18型指示騒音計

5 測定結果とその考察

次に測定結果の概要とその簡単な考察を述べる。

a) レール直圧P 両現場において列車の各車輪ごとに生ずるPの測定値を車両の別なく、その分布状態を求めると、概略表-3のようになる。すなわち波状摩耗を有する第2現場内側レール直圧 P'_i は他の部分の直圧に比し、分布範囲も広く、かつ最大値・平均値とも1t以上も大きい。また同一列車、同一車輪による内側直圧 P_i 、 P'_i を調査比較すると、 P'_i は P_i より最大3.5t、平均1.4t程度大きな値を示した。もちろんレール直圧の測定値はまくら木下の道床突

表-3 レール直圧P(t)

第1現場, P		第2現場, P'	
曲線内側, P_i	曲線外側, P_o	曲線内側, P'_i	曲線外側, P'_o
$\Sigma N=513$	379	367	240
0.2～3.0 (平均1.20)	0.2～2.4 (1.10)	1.0～4.2 (2.30)	0.2～1.6 (0.8)

固め、圧力計設置の正否などによつてかなりの差異を生ずるが、上記の事実は波状摩耗の影響が相当存在するものと認めてよい。

b) レール底垂直曲げ応力 σ_v σ_v はまくら木間隔中央においてレール底面縁端の応力を測定して、その平均値より求めた。その分布状態を両現場につき求め、これを一括表示すると表-4のごとくである。 σ_{vi} は他部に比しいくらか大きいようであるが、大差は認められない。なお別に同一列車、同一車輪による ($\sigma'_{vi} - \sigma_{vi}$) を調べると $-80 \sim 180 \text{ Kg/cm}^2$ 、平均 45 Kg/cm^2 程度大きい値を示した。

表-4 レール底垂直曲げ応力 σ_v (Kg/cm^2)

第1現場, σ_v		第2現場, σ'_v	
曲線内側, σ_{vi}	曲線外側, σ_{vo}	曲線内側, σ'_{vi}	曲線外側, σ'_{vo}
$\Sigma N = 470$	274	210	114
100~500 (平均 270)	100~500 (280)	100~550 (320)	200~450 (300)

c) レール底水平曲げ応力 σ_H σ_H はレール底両縁端応力の差の $\frac{1}{2}$ をとり、表-5に示す。 σ'_{Hi} は平均値については他部と差異を生じているが、その応力分布範囲は大略相等しい結果を示した。

表-5 レール底水平曲げ応力 σ_H (Kg/cm^2)

第1現場, σ_H		第2現場, σ'_H	
曲線内側, σ_{Hi}	曲線外側, σ_{Ho}	曲線内側, σ'_{Hi}	曲線外側, σ'_{Ho}
$\Sigma N = 470$	274	210	114
-100~400 (平均 120)	-150~450 (120)	-150~300 (60)	-50~300 (110)

d) まくら木の振動加速度 α と振動数 f 各台車通過ごとに生ずる α , f の最大値の状態を表示すると、概略表-6のごとくである。すなわち波状摩耗を有する第2現場のまくら木は内外側とも他に比し、 α は3倍程度を示し、 f は30~40%程度少なくなっている。

表-6 まくら木の振動加速度 α (g) と振動数 f (%)

第1現場, α, f		第2現場, α', f'	
曲線内側, α_i	曲線外側, α_o	曲線内側, α'_i	曲線外側, α'_o
$\Sigma N = 118$	78	152	138
0~25 (0.9)	1.0~5.0 (2.1)	1.5~8.0 (4.)	3.0~12.0 (7.6)
曲線内側, f_i	曲線外側, f_o	曲線内側, f'_i	曲線外側, f'_o
$\Sigma N = 110$	64	171	126
180~400 (280)	200~320 (280)	100~240 (170)	100~280 (200)

e. 道床の振動加速度 α と振動数 f まくら木におけると同様、各台車ごとの最大値は表-7に示すように、第2現場の α は50%ほど大きく、 f は25%ほど小さい。

表-7 道床の振動加速度 α (g)と振動数 f (%)

第1現場, α, f		第2現場, α', f'	
曲線内側, α_i	曲線外側, α_o	曲線内側, α_i'	曲線外側, α_o'
$\Sigma N=124$ 0.2~1.1 (0.6)	84 0.5~1.3 (0.8)	180 0.4~1.9 (1.1)	132 0.7~1.7 (1.2)
曲線内側, f_i	曲線外側, f_o	曲線内側, f_i'	曲線外側, f_o'
$\Sigma N=124$ 100~220 (160)	83 140~220 (180)	174 80~140 (110)	128 100~200 (140)

f) 車外騒音と車内騒音 表-8に示すように、波状摩耗区間では車外で5ホン、車内で10ホン程度騒音が大きい。

表-8 車外および車内騒音 (ホン)

(1) 車 外 騒 音									(2)車内騒音
測 定 番 号	1	2	3	4	5	6	7	平均	平 均
波状摩耗ある区間	76	78	79	80	78	79	76	78	68
波状摩耗ない区間	74	73	73	75	74	74	73	73	58

(1) 軌道中心より8 m離れた地点で測定

(2) 車内の窓(開放) ぎわ、シート上で測定

6 むすび

上述のように波状摩耗発生区間では、とくにレール直圧。まくら木および道床の振動加速度・騒音に相当大きな悪影響が現われ、またレール垂直曲げ応力もいくらか大であることが認められた。ただ本実験では営業列車を対象としたため列車速度の変化少なく、速度影響を知りえなかったことは残念であつた。

波状摩耗の発生原因とその防止対策については目下鋭意追究中であるが、一応の対策として焼入れしない生レールの使用、弾性締結の改造すなわちバツドの厚き増大によりバネ常数を低下せしめて縦横の弾性を増す、スラックの増量・カントの減量・レール面の塗油などを考えている。

終りに、本実験にあたり現地作業・記録整理に多大の労苦を煩わした京大大学院学生飯間仁・勝見雅・西頭常彦の諸君、大阪市大・阪急電鉄国司精一・鈴木伸彦・白石連三氏らの方々に深く謝意を表し、またこの実験は一部文部省科学研究費によつたことを付記する。