

西日本旅客鉄道 正会員 曾我 寿孝
 鉄道総合技術研究所 正会員 高尾 賢一
 鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠

1. はじめに

レールの疲労寿命（通トン更換基準）は、検討された当時の列車荷重条件及び保守実態を前提として表—1のように定められている。しかしながら軽量化が図られた新製車両等が走行する線区や軌道状態が良好に管理されている線区では、表—1に比べてレール疲労寿命延伸の可能性があると考えられる。

表—1 累積通トンによる更換基準（単位：億トン）

レール種別	60		50N		50T	50	40N	37	30
	ロング	定尺	ロング	定尺					
累積通トン	8	6	6	4	5	4	3	2	1.5

本研究ではロングレール区間の通トン更換基準のベースである溶接部の疲労寿命に着目し、第一にレール溶接部の疲労寿命を検討するための基礎データを採取する目的で現地測定試験においてレール頭頂面の凹凸、輪重、レール曲げ応力の測定を行った。第二にその結果を基に疲労寿命シミュレーションを行い、レール疲労寿命延伸の可能性について検討を行った。その結果をとりまとめて報告する。

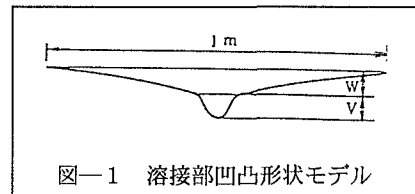
2. 現地測定試験

現地測定試験場所は東海道線嵯峨野保線区管内であり、軌道条件は60レール、有道床軌道である。レール頭頂面凹凸は溶接部において合計129箇所222口、輪重及びレール曲げ応力はそれぞれ中間部2点、溶接部4点の計6点の測点を設け、485系等の電車とEF65等の機関車をそれぞれ40列車測定を行った。なお頭頂面の凹凸測定は4年前にも同じ箇所で行われており、この間の累積通トンは約2億トンであった。

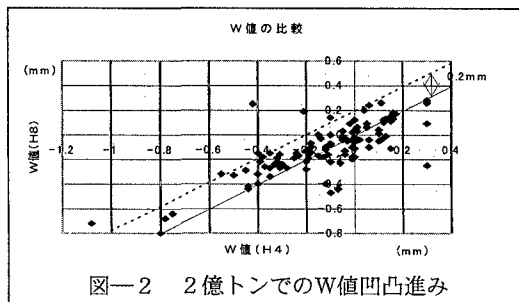
3. 現地測定試験結果

(1) レール頭頂面凹凸

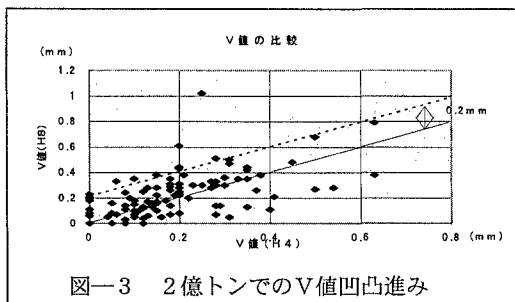
一般にレール溶接部の凹凸は、溶接部を中心とする1m間の凹凸（以下W値という）と溶接部の短波長の凹凸（以下V値という）の重ね合わせで表現される（図—1）。通トン2億トン間のW値とV値の凹凸進みを整理する目的で、W値、V値それぞれについて横軸に4年前の値、縦軸に今回の値をプロットしたものを図—2、図—3に示す。図—2、図—3から溶接部の凹凸進みは通



図—1 溶接部凹凸形状モデル



図—2 2億トンでのW値凹凸進み



図—3 2億トンでのV値凹凸進み

ン1億トンあたりW値、V値ともに概ね0.1mm程度であると推定できる。

（キーワード）レール疲労寿命、溶接部凹凸進み、レール削正

（連絡先）施設部保線技術基準 〒530 大阪市北区芝田2-4-24 TEL06-375-8960 FAX06-375-8906

(2) 輪重及びレール曲げ応力

最も溶接部凹凸が大きかった断面で測定された輪重及びレール曲げ応力の一例を表一2に示す。各測定値と速度との相関をみると必ずしも一致していないが、車輪フラット等のレール／車輪間の接触条件のバラツキ等が影響しているものと推察される。

表一2 輪重、レール曲げ応力の測定結果の一例（単位—輪重：kN、レール曲げ応力：Mpa）

列車種別	4 8 5系							E F 6 5							
速度(km/h)	119	121	122	123	124	125	全体	69	73	81	89	91	94	全体	
輪重	データ数	20	40	40	20	40	40	200	6	6	6	6	6	6	36
	平均値	115	108	107	118	106	116	111	163	160	158	159	144	152	156
	標準偏差	9.6	10.6	11.5	17.0	9.5	9.6	11.8	11.6	16.4	14.2	16.4	6.1	12.2	13.8
応力	データ数	20	40	40	20	40	40	200	6	6	6	6	6	6	36
	平均値	79	76	81	79	72	84	79	103	101	100	100	94	97	99
	標準偏差	6.7	5.9	11.2	9.1	6.2	6.4	8.7	6.0	7.9	7.8	7.1	4.5	5.7	6.8

4. レール疲労寿命シミュレーション

(1) 計算方法

現地測定試験結果から軌道動的応答シミュレーションモデル¹⁾を用いて、在来線の485系特急車両とEF65電気機関車走行時にレール溶接部に発生する曲げ応力推定式（V値、W値、速度の関数）を求め、レール溶接部の曲げ疲労寿命の計算²⁾を行った。なお計算の前提条件は以下の通りである。

- ①溶接部の削正効果 一様削正の効果としては凹凸V値に対してのみあるものと仮定した。削正頻度は通トン1億トン毎とし、削正量はV値で0.04mm程度とした。
- ②温度応力 レール軸力については圧縮側の軸力を無視し、引張側の軸力による応力100MPa（設定温度からの温度変化約40℃）が年間の1/4だけ作用するとした。この応力は平均応力として与えた。
- ③まくらぎ下の浮きの影響 軌道状態の悪さ具合を考慮するため、まくらぎ下の1mm程度の浮きの有無をパラメータとした。
- ④破壊確率 過去10年間程度の溶接部のレール折損事例を鑑み、破壊確率を0.1%とした。

(2) 計算結果

表一3に50Nレール及び60レールの計算結果を示す。溶接部近傍に1mm程度の浮きまくらぎがある場合では、50Nレールで6.5億トン、60レールで9.3億トンの寿命となり、概ね現行基準を少々上回る結果となった。また1億トン毎に0.04mm程度のレール削正を実施する場合、レール寿命延伸効果はかなり大きく、50Nレールで6.5億トンが7.8億トンに、60レールで9.3億トンが11.5億トンとなり、大幅に現行基準を上回る結果となった。また浮きの有り無しで比較するとそれぞれ2億トン程度の寿命差が生じている。

表一3 レール疲労寿命シミュレーション結果（単位：億トン）

レール種別	50N		60	
レール削正(mm/億トン)	なし	0.04	なし	0.04
浮きなし	8.7	10.8	11.6	14.8
浮き有り(1mm)	6.5	7.8	9.3	11.5

5. おわりに

本研究から得られた結論は以下の通りである。

- 1億トン毎に0.04mm程度のレール削正を実施することによって、レール通トン更換基準を50Nレールで7億トン、60レールで10億トン程度にまで延伸が可能である。

今後、高性能削正車の導入等による効率的なレール削正手法の検討や探傷精度の向上などによる管理手法の検討を行い、在来線レール疲労寿命の延伸を図っていきたいと考えている。

（参考文献）1)石田誠ほか：軌道動的応答モデルとその解析結果、鉄道総研報告11-2、1997.2

2)阿部則次ほか：レール寿命延伸のための溶接部凹凸管理、鉄道総研報告8-11、1994.11