熱処理レールを使用した波状摩耗抑制対策について

○　西日本旅客鉄道（株）　正会員　溝口敦司
西日本旅客鉄道（株）　非会員　立林敏彦
西日本旅客鉄道（株）　非会員　松原光男

１．はじめに

JR 宝塚線は 1997 年 JR 東西線開業以降輸送量が大きく増加し、輸送力・収益力という観点でみれば当社の中で成長著しい線区である。しかし運行本数が大幅に増加して以降、急曲線部の内軌レールで波状摩耗が多数発生している。そういった箇所では、波状摩耗の成長とともに騒音や振動がひどくなり定期的にレールを削正して除去しているが、通過トン数増加に伴いレール削正による保守コストは増大している。そこで今回保守費用を低減させるように、波状摩耗対策として熱処理レール（以降；DHH レール）を使用した対策について実施し、得られた結果について報告する。

２．JR 宝塚線の波状摩耗の現状

波状摩耗は、レール頭頂面に一定の凹凸を持って波状に摩耗する現象で、発生箇所と波長より大別すると以下の 3 形態に分類される。
(1)半径 400m 以下の急曲線内軌に発生しているもの。波長は 50～150mm。
(2)曲線半径 800m 以下の曲線外軌に発生しているもの。波長は 400～500mm。
(3)直線に発生しているもの。波長は、30～60mm と短い。

表-1(1)　保守区間（6頭式レール削正）

ｷﾛ程	曲線半径	区間	削正回数
0K890～1k200　上下	**240・225**	定尺	12
W1k700～W1k900　上下	**300**	ロング	5
10K400～10K700　下	400	定尺	1
11K100～11k300　上下	400	定尺	2
12k000～12k240　下	400	ロング	1
16K400～16k800　下	400	ロング	1

当宝塚線で発生する波状摩耗は大多数が、(1)の急曲線内軌側に発生する波状摩耗である。この急曲線内軌側に発生する波状摩耗の原因の一つは内軌側前軸の横圧によるものである [1)] といわれている。宝塚線での波状摩耗の除去を目的とした 6 頭式レール削正の実績（1997 年以降）を表-1 に示す。年々増加傾向にあるが、波状摩耗対策を実施した 2001 年度以降削正数量が大幅に減少した。削正を行った作業区間に着目すると、R が 225m、240m となる急曲線で年 2 回（対策実施前）と保守回数が多い。

表-1(2)　6頭式レール削正延長

年度	削正延長
1997	620m
1998	1400m
1999	1960m
2000	1930m
2001	1230m
2002	1060m

３．内軌側 DHH レール使用による波状摩耗対策

波状摩耗対策として、内軌レール DHH レール使用、内軌側レール塗油や低バネ軌道パッド使用といったものがあるが、平成 13 年度外軌レール更換時に外軌側の発生 DHH レールを内軌側に投入する対策を実施した。

３．１　対策実施箇所

対策実施箇所は、福知山線尼崎 - 塚口間の曲線半径が下り 240m、上り 225m となる急曲線区間（有道床区間）で、上下線とも複心曲線となっている。年間通トンは 2000 万トンである。軌道構造については図-1 に示す。この区間は、供用開始時より波状摩耗の保守に苦慮しており、過去数年にわたり上下数箇所のレール頭頂面の凹凸について、レール頭頂面凹凸測定装置を用いて測定（年 4 回）を行っている。

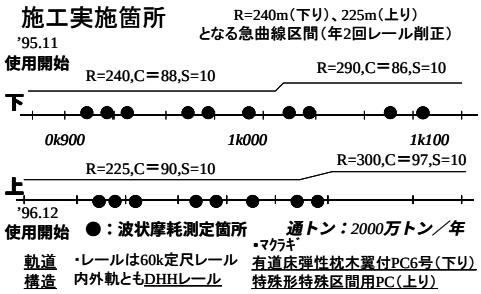


図-1　対策実施箇所の軌道構造

３．２　施工概要

今回のレール更換の概要は、図-2 に示すように 2001 年 7 月施工で、緩和曲線部までの上下線計 605m、上下合わせて 16 本の外軌側発生中古レール（以降；中古レールと表記）を内軌側に使用、それ以外の区間は新 DHH レール（以降；新品レールと表記）に更換して内軌レールを DHH レールにしている。更換時点での外軌側発生レールの累積通トンは 9000 万トン程度である。

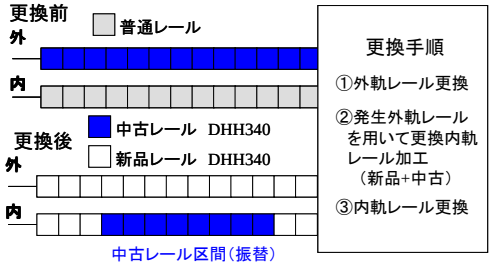


図-2　DHH レール更換概要

３．３　波状摩耗管理

当社では、レール波状摩耗の処置として整備目標値を定めている。波状摩耗は整備目標値を目安に、努めてレール削正により整備することとしている。対象とする箇所では最高速度 60km/h に応じて、凹凸勾配 I=0.003 を整備目標値

キーワード：波状摩耗　熱処理レール　レール削正　凹凸勾配　レール断面形状
連絡先：〒665-0845 兵庫県宝塚市栄町 2-7-13　JR 西日本　宝塚線保線区，TEL0797-86-3084，FAX0797-86-3083

としている。この凹凸勾配は、図-3 に示すようにレールの表面に見られる凹凸部の山と山の一区間を波長、山と谷の高低差を波高として以下のような式で定義される。

$$i = 2a/\frac{1}{2} = 4a/l$$

ここで、i：凹凸勾配，$2a$：波高（mm），l：波長（mm）である。

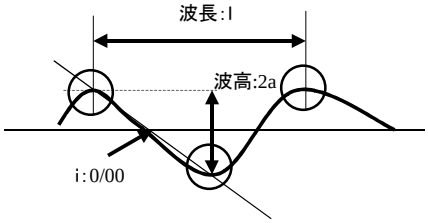


図-3　凹凸勾配の考え方

３．４　波状摩耗の推移

波状摩耗の目安となる凹凸勾配を用いて、対策工実施前後の最大凹凸勾配ならびに最大波高を図-4 に示す。波状摩耗の進み具合を見るために近似曲線を示しているが、普通レールではレール削正後約 6 ヶ月（通トン 1000 万 t）程度で整備目標値 0.003 に達するのに対し、DHH レールでは 1 年過ぎた時点(通トン 2000 万 t 強)でも整備目標値には到達していないことが確認できた。耐摩耗性に優れた DHH レールの効果であると考えられる。

波高は通トンが増えるにつれて大きくなっている。実施後は最大波高 0.15mm 前後と対策実施前の普通レールの約 0.23～0.40mm に比べ大幅に摩耗進みが遅くなっている。線別で比較すると、普通レール、DHH レール、いずれのケースも上り線の方が下り線より 1.8 倍ほど波高が大きくなっている。また波長の進みは一度波状摩耗が形成されるとほぼ一定となり、下りは 70mm 前後の波長、上りは 120mm と上下線で波長が異なっていることが確認された。内軌側 DHH レール使用後約 1 年 9 ヶ月経過しているが、きしみ割れ等のレール傷はみられない。

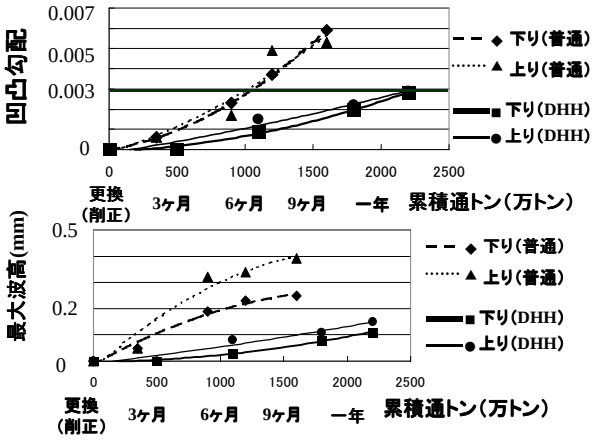


図-4　波状摩耗推移（凹凸勾配と波高）

３．５　波状摩耗発生分布

図-5 は上り線の波状摩耗発生箇所の時系列推移を示しているが、中古レールを使用した区間の方が発生しにくい傾向が見られた。また図-6 では中古レールと新品レールでのレール照り面を示しているが、中古レールではフィールドコーナーが偏摩耗して新品と断面形状が異なるため、レール頭部と車輪の接触幅が新品レールに比べ 5mm ほど小さく軌間内に寄って走行していることが考えられ、中古レールにおいて車輪は新品レール走行時とは異なる部分で接触しながら走行することが予想される。レール断面形状が波状摩耗の発生・成長に影響を及ぼすのではないかと考えられ、車輪とレールの接触位置および断面形状の観点からレールと車輪の接触と波状摩耗の影響について、今後レール断面等を調査する予定である。

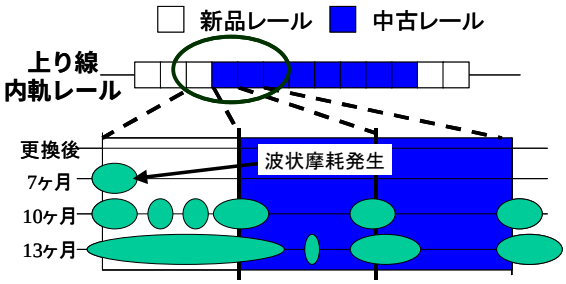
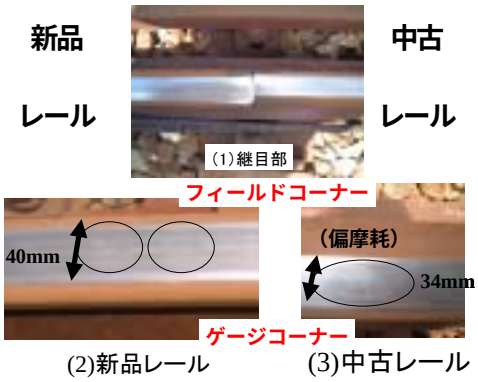


図-5　新旧レールでの波状摩耗の発生箇所

３．６　波状摩耗抑制による保守量低減効果

波状摩耗対策実施後 1 年 3 ヶ月経過した時点でのレール削正では対策実施前に比べ削正パス数を半分にでき、熱処理レール使用により 6 頭式レール削正周期を約 3～4 倍に延伸できることが考えられる。従って、内軌側に DHH レールを使用することでレール削正回数を低減させ、保守費用削減が可能であると考えられる。



(2)新品レール　　(3)中古レール

図-6　新旧レールでのレール・車輪接触位置（レール照り面）

4．まとめ

今回取組んだ急曲線部での波状摩耗対策をまとめると以下のようになる。

① **内軌側に** DHH **レールを用いると波状摩耗の進みが** 1/2 **以下になることが確認された。**

② **さらに偏摩耗した中古** DHH **レールを使用することにより波状摩耗の群がりを抑え、一様に波状摩耗が発生するまで普通レールの約** 4 **倍遅くなり、レール削正の周期を** 3 **倍から** 4 **倍に延伸でき、波状摩耗に対する保守量低減および保守コスト削減が可能と考えられる。**

参考文献：1）石田　誠：「レール波状摩耗の原因と対策」第 115 回鉄道総研月例発表会、平成 10 年 11 月