

継目部のレール端部に発生する応力および軸箱加速度の測定試験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○相澤 宏行

鉄道総合技術研究所 正会員 佐野 国光

鉄道総合技術研究所 正会員 細田 充

鉄道総合技術研究所 正会員 山本 隆一

1. 目的

レール継目部は軌道の弱点箇所であり、レール損傷が発生する場合がある。継目部におけるレール損傷のうち、ボルト穴からき裂が進展する破壊形態に関してはレール部材の疲労強度について検討されている¹⁾が、継目部遊間のレール端面からき裂が進展する場合²⁾については検討されていない。一方、軸箱加速度等の車上データをを用いることでレール損傷のリスクが高い継目部のスクリーニングが期待される。そこで、様々なレール頭頂面凹凸を設定した継目部を対象に列車走行試験を行い、継目部遊間のレール端面に発生する応力と、継目部通過時の軸箱加速度を取得し、それぞれの特徴と両者の関係について調査した。

2. 列車走行試験の概要

鉄道総研の所内試験線のレール継目部区間において車両の走行試験を行った。図1に走行試験の様子を、図2に測定対象の継目部を示す。継目部は50kgNレールの直線部にあり、木まくらぎ区間上で、かけ継ぎ（継目部がまくらぎで支持されていない）である。また、明瞭な浮きまくらぎは確認されなかった。

継目部は普通継目板および2mmの段差を有する異形継目板で両レールを拘束する条件を設けた。継目板の設定条件を表1に示す。異形継目板の設置では元のレール高さが低い側を上昇させる「正」およびレール高さが高い側を上昇させる「逆」の2条件を設定した。図3に設定条件ごとにレール踏面測定器で測定した1mスパンのレール頭頂面凹凸を示す。

レールの応力は、車両の進行方向と反対側のレールの、継目部遊間のレール端部に設置した単軸のひずみゲージによって取得した。ひずみゲージは過去のレール損傷の事例でのき裂発生位置を参考にレール頭頂面から下に50mmの位置に、レール上下方向の応力が測定できるよう貼り付けた（図4）。

試験車両は一般的な通勤型車両（静止輪重30kN）を模擬したものであり、けん引車によるけん引で速度10、20、30km/hで走行した。試験車両の台車前軸の軸箱支持装置に加速度計を設置し、上下方向の軸箱加速度を取得した。加速度計は上向きが正でその応答周波数は1~4000Hzである。

3. 走行試験の結果

(a) レール応力の測定結果

走行試験に先立って、継目板の取り付け前後の応力の変化を測定した。表2に応力の変化量を示す。継目板を取り付けたことによって47.9~67.0MPaの引張応力が発生しており、車両走行時には表の応力に対して車輪



図1 列車走行試験の様子



図2 測定対象の継目部

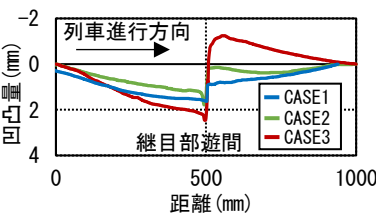


図3 継目の頭頂面凹凸

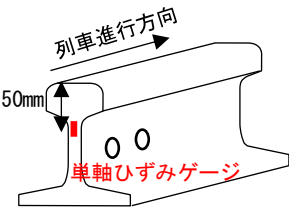


図4 応力の測定箇所

キーワード 継目部、軸箱加速度、車両走行試験、頭頂面凹凸

連絡先 〒185-8504 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研レールメンテナンス TEL 042-573-7272

の通過に伴う応力の変動がゲージ貼り付け位置に発生することになる。

図5にCASE1 (30km/h) で得られた応力の波形を示す。応力は車輪がゲージを設置したレールに接触した瞬間に圧縮側に変動する波形となっており、いずれの条件においても概ね同様の傾向となる。図6に各走行試番の応力振幅を示す。応力振幅はいずれの条件についても速度とともに増加する傾向にあり、CASE3 の場合が最も大きい。CASE1 と2 は同程度の段上り量であるが、異形継目板を取り付けたCASE2の方が普通継目板のCASE1より大きくなっている。

(b) 軸箱加速度の測定結果

図7にCASE1 (30km/h) で走行した際の軸箱加速度波形の原波形および車上での輪重変動を分析する場合と同じ100Hzのローパスフィルタで濾波した波形(LPF100Hz波形)を示す。継目部通過時に大きな上向きのピークが見られるが、これは段上りの凹凸を車輪が通過した際の輪重変動を反映していると推測される。図8に継目部通過時の軸箱加速度のpeak to peak (p-p) 値を示す。原波形、LPF100Hz波形ともCASE3の値が最も大きい。原波形の場合はCASE3、1、2の順に速度依存性が大きい。LPF100Hz波形の場合はCASE1および2の差が小さくなっている。図9にCASE1および3で速度30km/hで走行した試番の軸箱加速度波形の振幅スペクトルを示す。図8(b)を見るとLPF100Hz波形の場合はCASE3のみ著大な値となっているが、これはCASE3と1を比較した場合50Hz付近に大きいスペクトルのピークが存在するためと考えられる。また、CASE3の段上り量はCASE1、2の3～5倍であるが、LPF100Hz波形のp-p値は概ね段上り量に比例して大きくなっている。

(c) 考察

レール応力、軸箱加速度ともに、段上り量が著大なCASE3では大きい値が観測されていることから、段上りの影響によって著大な軸箱加速度が観測される継目部においては、遊間部のレール端部に発生する応力も大きくなっている可能性が示唆される。一方、CASE1と2のように応力と軸箱加速度が大きくなる条件は必ずしも一致しないことから、継目部通過時の輪重変動と継目部を構成する部材の力学的な応答についてはより詳細な検討が必要である。

4. おわりに

レール継目部通過時にレール端部に発生する応力と軸箱加速度を取得し、両者には一定の関係性が見られることが分かった。今後は、これらの知見をレール継目部の管理に活かすべくより定量的な検討を進める。

参考文献

- 1) 片岡宏夫, 阿部則次, 若月修, レール継目部の発生応力と疲労寿命推定, 鉄道総研報告, Vol.15, No.4, pp.9-14, 2001.
- 2) 栗原利喜雄, レール損傷に関する研究, 鉄道技術研究報告, No.1188, pp.1-329, 1981.

表2 継目板取り付け前後の応力の変化の幅

CASE	応力(MPa)
1	47.9
2	55.8
3	67.0

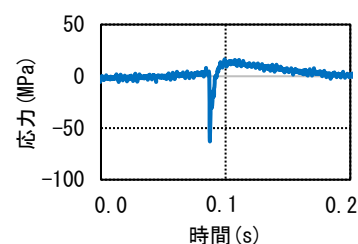


図5 応力の波形 (CASE1, 30km/h)

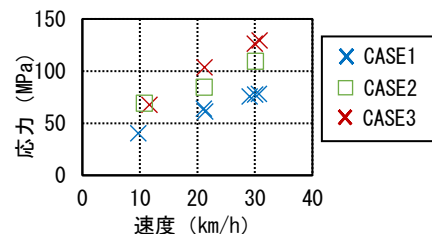


図6 各走行試番の応力振幅

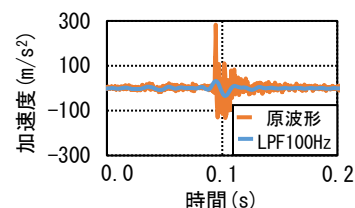
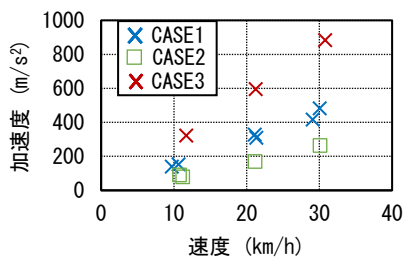
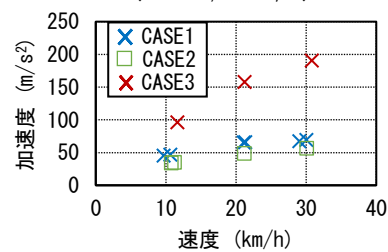


図7 軸箱加速度の波形 (CASE1, 30km/h)



(a) 原波形



(b) LPF100Hz 波形

図8 各走行試番の軸箱加速度のピーク値

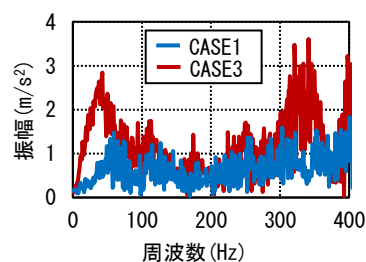


図9 軸箱加速度 (CASE1, 3) の振幅スペクトルの比較