

継目板の疲労寿命に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○田中 俊史
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 楠田 将之

1. はじめに

軌道の弱点箇所のひとつに継目部があり、継目部材の損傷は輸送障害に直結することから保守管理が重要となる。継目板に発生する応力と輪重との関係は相関が高いこと、また、浮きまくらぎ区間の発生応力は標準状態の区間に比べて高くなる傾向にあることが確認されているものの、継目板の疲労寿命に関する知見は少ない。そこで列車荷重による変動輪重およびバラストの支持状態と継目板の疲労寿命の関係を数値解析により検討した。

2. 継目板の疲労寿命に関する検討

2.1 継目板のS-N曲線

継目板の疲労寿命を算出するため、継目板の材質であるS45CのS-N曲線を定めた。S-N曲線の傾きは疲労強度に関するデータ²⁾から算出し、折れ点は鉄道構造物等設計標準に記載される疲労限度328 N/mm²を採用した。検討に用いるS-N曲線を図1に示す。なお、本検討では疲労限度以下の応力による損傷も考慮する修正Miner則を適用した。

2.2 継目板に発生する曲げ応力

継目板に発生する曲げ応力はZimmermannの解法による理論式で算出し、適応する継目板圧力モデルは静的載荷試験と整合のとれている三角形の分布荷重³⁾とした。算出する軌道条件を表1に示す。ロングレール区間は接着絶縁レール用継目板とし、定尺区間は普通継目板を対象とした。走行する列車は貨物列車と特急列車を想定し、レール種別は50kgNおよび60kgレールとした。

図2に結果を示す。まくらぎ間隔および各継目板の断面二次モーメントの違いからロングレール区間に比べて定尺区間が、また60kgレール区間に比べて50kgNレール区間が継目板応力は大きくなることを確認した。また、輪重の大きさの違いから電車に比べて機関車が継目板応力は大きくなることを確認した。

2.3 継目板発生応力に関する係数の検討

営業線に敷設された継目板に作用する輪重は、列車種別、列車速度、レール頭頂面の形状、レール段違いの有無など様々な影響を受ける。また、バラス

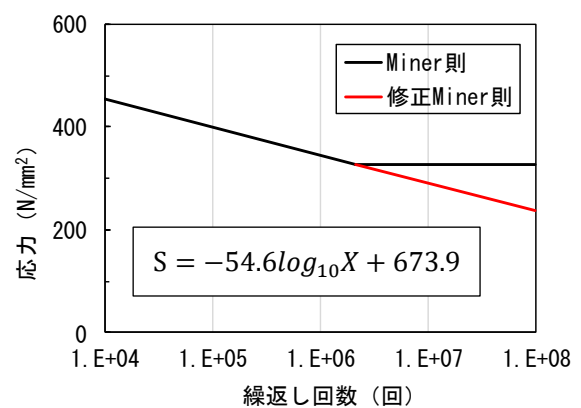


図1 S-N曲線

表1 軌道条件

継目構造		かけ継ぎ	
まくらぎ 間隔 (mm)	ロング (IJ)	A : 641	B : 641
	定尺	A : 380	B : 423
輪重 (kN)		機関車 77.2	電車 51.8
レール種別		50kgN レール 60kg レール	

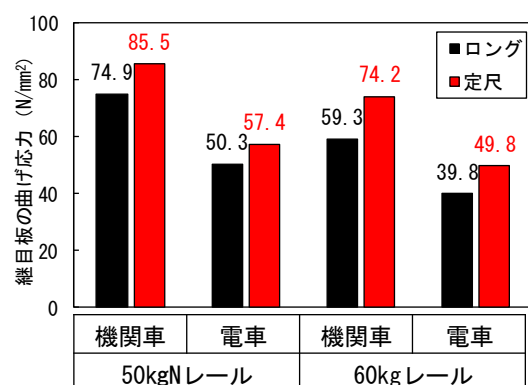


図2 継目板応力の結果

キーワード 継目部、継目板、疲労寿命、S-N曲線、輪重

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道(株) 施設部 施設技術室 TEL 070-8690-8488

トの支持状態によって継目板に発生する応力も変化する．そこで上記の Zimmermann の解法によって求めた継目板応力に乗じる係数 α ($=\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3$) を検討した．

2.3.1 作用値による検討

車両条件や軌道条件による様々な輪重に対応するため上下軸箱加速度から式 1 により動的輪重を算出した．

$$P = \kappa_1 P_0 + \kappa_2 M \beta \cdots \text{式 1}$$

ここで、 P ：動的輪重、 P_0 ：静止輪重、 κ_1 、 κ_2 ：軌道構造による係数、 M ：ばね下質量、 β ：上下軸箱加速度とする．ロングレール区間の検討として営業線の接着絶縁レール 274 箇所の上軸箱加速度 5 g ごとの発生割合を確認し、式 1 によりそれぞれの継目板応力に乗じる係数 α_1 ($=P/P_0$) を求めた (図 3)．また、軸箱加速度測定時の平均列車速度の速度衝撃率を 1 とし、各列車の最高速度における速度衝撃率の増加割合を求めた (α_2)．

2.3.2 応答値による検討

次に、バラストの支持状態の違いによるレールの曲げモーメントの比率が継目板の応答倍率と同じであると仮定し、有限要素法による有限間隔支持モデルにてバラスト支持状態と浮きまくらぎを想定した場合のレール曲げモーメントの比率を求めた (α_3)．なお、継目を中心として 4 本分のまくらぎ下のばね定数を一般部の約 3 割と設定して浮きまくらぎを模擬した．表 2 に継目板応力に乗じるそれぞれの係数を示す．

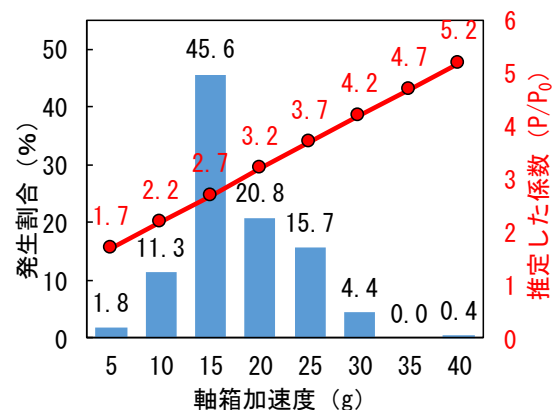


図 3 軸箱加速度の発生割合と推定した係数

表 2 継目板応力に乗じる係数

軸箱加速度 (g) 区分	記号	5未満	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	
発生割合 (%)	—	1.8	11.3	45.6	20.8	15.7	4.4	0.0	0.4	
軸箱加速度から推定した係数	α_1	1.7	2.2	2.7	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	
速度衝撃率の増加割合	α_2	1.09								
バラスト支持状態から推定した応答倍率	α_3	1.34								
継目板応力に乗じる係数	α	2.5	3.2	4.0	4.7	5.4	6.1	6.9	7.6	

3. 結果および考察

Zimmermann の解法によって得られた継目板応力に検討した係数に乗じた値に対して S-N 曲線を適用し、疲労被害を算出した．次に列車の通過割合を考慮し、疲労被害の逆数により継目板の疲労寿命を算出した．算出した結果を表 3 に示す．営業線の実態に即した軌道条件においては接着絶縁レール用継目板および普通継目板について十分な疲労寿命を有していることを確認した．一方で、算出した疲労寿命より早く継目板が折損する場合がある．接着絶縁レール用継目板については継目板底部に発生する腐食孔を起点とした折損が多くメカニズムが異なる場合があること、普通継目板についてはレール頭頂面の状態やバラスト支持状態により継目板に発生する応力が定常的に著大となることで早期に折損に至ることが推測される．

今後は、継目部材損傷の実態把握を進めるとともに、継目支持状態の改善手法を検討し、継目板の折損防止に努めたい．

参考文献

- 1) 若月修他：改良形接着絶縁レールの開発，鉄道総研報告，Vol. 21 No. 6，2007
- 2) 金属材料疲労強度の設計資料 I，日本機械学会，1982
- 3) 高原崇他：普通継目板の曲げ応力に関する解析的検討，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011

表 3 継目板の疲労寿命結果

構造	LR 区間 (IJ)		定尺区間	
	50kgN 用	60kg 用	50kgN 用	60kg 用
疲労寿命 (億トン)	73.0	327.9	10.4	30.9