

IV-447

レール継目部における挙動解析

鉄道総合技術研究所 正会員 岡本 武明

鉄道総合技術研究所 正会員 阿部 則次

鉄道総合技術研究所 若月 修

鉄道総合技術研究所 正会員 宮垣 圭吾

1. まえがき

定尺レールの継目部は軌道構造の最弱点であり、軌道保守量の多い箇所の1つである。しかし、現在でもレール継目部およびその近傍におけるレールおよび継目板を含めた挙動が明確になっていない。本件では、数値解析法の1つである有限要素法を用いて、軌道破壊メカニズムの解明の一助とするためレール継目部における挙動解析を実施した。本解析法は道床、軌道パッドおよび締結ばねのばね定数を変更することにより、各種軌道構造に対応可能である。

2. 解析モデルの概要

解析した軌道構造の諸元は次のとおりである。

- (1) まくらぎ：3号PCまくらぎ
- (2) レール：50kgNレール
- (3) 継目板：50kgNレール用普通継目板
- (4) 軌道パッド：110MN/mパッド
- (5) レール締結装置：3号5形
- (6) 締結間隔：600mm
- (7) 継目の支持方法：支え継ぎ法

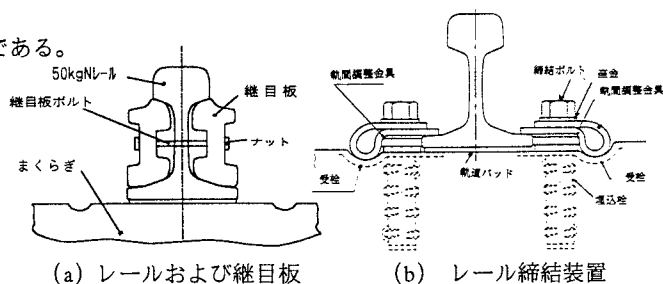


図1 継目板およびレール締結装置

解析モデルは、レール、まくらぎ、継目板、継目板ボルト・ナット、道床、軌道パッドおよび締結ばねから構成されている。レール、まくらぎ、継目板およびナットは六面体要素とし、道床、軌道パッドおよび締結ばねはばね要素とし、継目板ボルトは梁要素でモデル化した。図2に解析モデルの概観、表1に各部材の物性値を示す。レールの長さは、輪重および横圧による影響を考慮し全長 7.8m とした。まくらぎは締結間隔から 13 本とした。解析例の荷重条件として継目部の衝撃を考慮し、輪重は 200kN、横圧は軌間外方に 60kN とし、継目中央に載荷した。

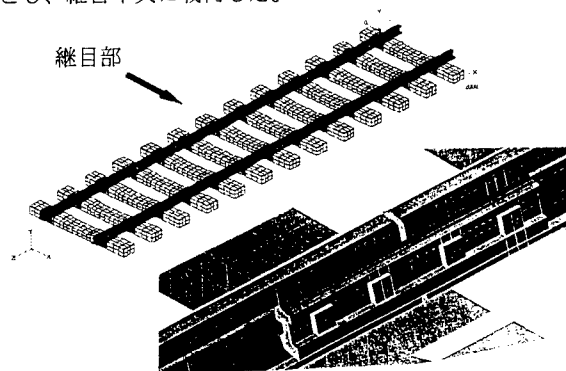


図2 解析モデル概観

表1 各部材の物性値

部 品	物 性	単 位	物性値
レール	ヤング率	N/mm ²	2.06×10^5
継目板	ポアソン比	—	0.3
継目板ナット	ポアソン比	—	0.3
継目板ボルト	ポアソン比	—	0.3
まくらぎ	ヤング率	N/mm ²	4.0×10^4
	ポアソン比	—	0.25
道床ばね定数	鉛直ばね定数	MN/m	60
	水平ばね定数	MN/m	2.5
軌道パッド定数	鉛直ばね定数	MN/m	110
	水平ばね定数	MN/m	11
締結ばね定数	鉛直ばね定数	MN/m	6.5
	水平ばね定数	MN/m	65

キーワード：レール継目、軌道構造、有限要素法

連絡先：軌道技術開発推進部 〒185 国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7276 FAX 042-573-7432

3. 解析結果

前記の解析モデルおよび荷重条件を用い、解析条件として、一般区間、レール継目区間および継目板がない状態のレール継目区間の各3ケースとした。さらに、レール継目区間で軌道パッドのばね定数を 60MN/m と小さくした1ケースについても求めた。レール上下変位およびレール左右変位の解析結果を図3と図4に示す。また、レール継目区間のレール小返り角とレール圧力を図5と図6に示す。

表2 解析条件

ケース	解析条件	
A	一般区間	
B	レール	継目板付
C	継目	継目板無し
D	区間	継目板付(60MN/m)

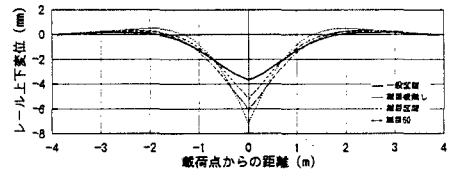


図3 レール上下変位

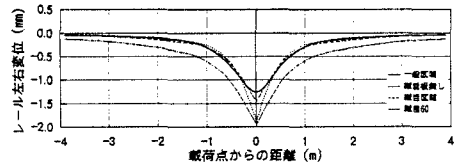


図4 レール左右変位

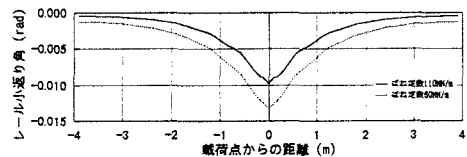


図5 レール継目区間のレール小返り角

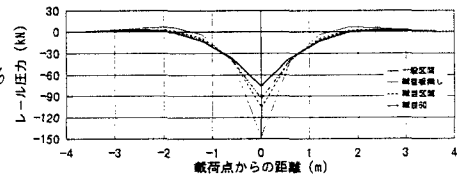


図6 レール圧力

4. 考 察

表3に载荷部におけるレール上下変位および左右変位を示す。表中の比率は、一般区間の上下変位、左右変位を100%としたときの各解析条件における比を表す。その結果、上下変位については、一般区間に比較して、継目区間が約40%、継目板無しが約95%、軌道パッドのばね定数を 60MN/m とした場合が約65%増加した。また、左右変位については、一般区間に比較し、継目区間が約25%、継目板無しと軌道パッドのばね定数を 60MN/m とした場合が約58%大きくなった。軌道全長について、アップリフト力による上方向の最大変位が発生する位置は、一般区間で载荷点より約2.6m、継目区間で約2.3m、継目板無しで約2.0mであった。また、左右変位については、载荷点より約30cm付近までは各条件による変位の差が大きくなるものの、30cmを超えた部分では一般区間および継目区間に関係なくほぼ同等であった。しかし、軌道パッドのばね定数を 60MN/m とした場合は、図5に示すようにばね定数を小さくしたことにより小返り角が増加し、軌道パッドのばね定数が 110MN/m の場合と比較して、左右変位も大きくなった。レール圧力については、図6に示すように、一般区間に比較して、継目区間は約38%、継目板無しの場合は約93%、軌道パッドのばね定数を 60MN/m とした場合は、約22%の増加に留まった。ただし、本解析において、一般区間も継目区間と同一の荷重条件としているが、実際は一般区間の衝撃率は継目区間の1/2以下であり、実挙動の比率は本解析の2倍程度になるものと推定される。

5. まとめ

レール継目区間と一般区間について、有限要素法により解析し、同一荷重条件においてレール上下変位、左右変位およびレール圧力について比較した。数値解析でレール継目部におけるレール変位およびレール圧力が1.2～1.4倍になることが確認された。今後、レール継目部における軌道破壊の評価およびレール継目部のレールに発生する応力を評価するため、数値解析の深度化と実測により精度の向上を図りたいと考えている。

表3 载荷部における変位および比率

条 件	上下変位 (mm)	比 率 (%)	左右変位 (mm)	比 率 (%)
A	3.7	100	1.2	100
B	5.2	141	1.5	125
C	7.2	195	1.9	158
D	6.1	165	1.9	158