

地域鉄道における遊間付伸縮継目構造の検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山本 智之
 鉄道総合技術研究所 正会員 西宮 裕騎
 鉄道総合技術研究所 正会員 及川 祐也

1. はじめに

地域鉄道のような閑散線区では、少ない輸送量であるにも関わらず、線路設備を保守し安全・安定輸送を実現しなければならず、費用対効果の高い軌道構造強化策が必要となる。特に、ロングレール化は軌道の弱点であるレール継目を除去でき、保守費を大幅に削減できるため、効果が高いと考えられるが、現状の構造は基幹線区向けに設計されており高価である。特に、伸縮継目はレールの斜め加工を伴うため、ロングレール施工単価に占める割合が大きい。そこで、本研究では、レールの斜め加工を行わない安価な遊間付伸縮継目構造の検討を行った。その結果について報告する。

2. 構造検討

遊間付伸縮継目では、レールの加工費削減のため、レールの斜め加工は行わず、列車進行方向に対し直角にレールを切断し、著大遊間を設けることで、レールの伸縮を吸収する構造とした。現行の 50kgN レールの伸縮継目の許容伸縮量は $\pm 62.5\text{mm}$ だが、道床縦抵抗 5kN/m 、温度変化量 40°C と仮定した場合、設計上の伸縮量は $\pm 28\text{mm}$ とされている。また、遊間の開口量を 100mm 以上に拡大した場合は、走行安全性に与える影響が大きいとされているため¹⁾、安全性の観点から遊間付伸縮継目の著大遊間は $\pm 45\text{mm}$ とし、最大開口量を 90mm とした。なお、今回の遊間付伸縮継目は 50kgN レール、直線区間を対象とした。図1～3に遊間付伸縮継目の構造案を示す。構造案Aは、通常的合成まくらぎ+大床板、構造案Bは、井桁合成まくらぎ+床板、構造案Cは、井桁合成まくらぎ+大床板とした。なお、各構造における締結はレールプレスとした。

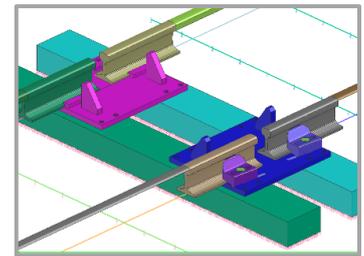


図1 構造案A
(合成まくらぎ+大床板)

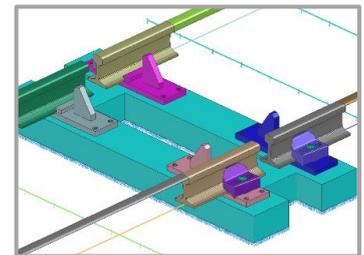


図2 構造案B
(井桁合成まくらぎ+床板)

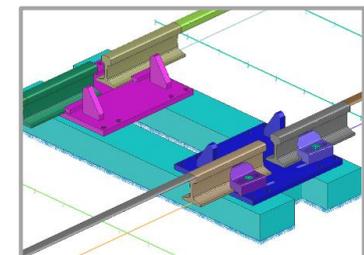


図3 構造案C
(井桁合成まくらぎ+大床板)

3. 走行解析

構造案A～Cの走行安全性および部材強度を評価するため、走行解析を行った。解析条件を表1に示す。走行解析は、過去の研究により妥当性が確認された解析手法²⁾を用いた。解析モデルは、図1～3に示すように、レール、床板、レールプレス、まくらぎをソリッド要素でモデル化し、まくらぎ下はばねで支持している。車両は、図4に示すMBDモデルとした。表2に各項目の変化量の最大値の結果を示す。レールおよびまくらぎの上下変位は鉛直上向きを正としている。表2より、輪重および横圧は各構造案で大きな差はなく、脱線係数は各構造案で0.1程度であり、走行安全性が確保されることを確認した。レールプレスのボルト（以下、ボルトという）軸力について、初期軸力は 63kN であるが、各構造案の列車通過時の軸力変動量は $3\sim 4\text{kN}$ であり、列車通過による影響は小さいことが分かった。応力について、床板の最大応力は構造案Aが、レールプレスの最大応力は構造案Bが最も小さい結果となったものの、各構造案で大きな差は生じなかった。なお、開口部のレール頭部の塑性変形進みは、繰り返し载荷により一定値に収束することがわかっているため³⁾、評価の対象

表1 解析条件

項目	諸元
解析種別	非線形動解析 (弾塑性)
軌道の線形	直線
走行速度	120km/h
車両形式	通勤型相当 (150%乗車)
静止輪重	54.4kN
開口量	90mm

キーワード ロングレール、伸縮継目、地域鉄道

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7275

外とした。変位について、構造案 B は開口部のレール底面を支持する部材がないため、レールおよびまくらぎ上下変位が比較的大きい結果となった。したがって、構造案 B は不採用とした。なお、構造案 A、C を比較すると、大床板+井桁合成まくらぎとした構造案 C の方がレール上下変位は小さい結果であるが、井桁合成まくらぎはコスト面で合成まくらぎよりも高価であるため、供用箇所の地盤剛性や通トン数などに応じて構造案 A、C を選定するものとした。

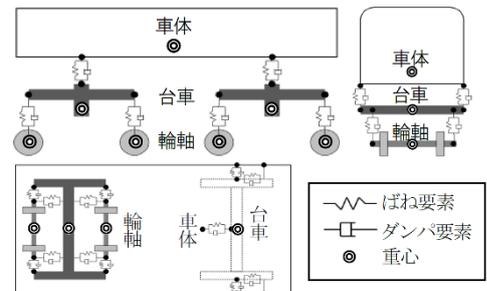


図4 車両モデル

表2 解析結果

項目	単位	構造案			
		A	B	C	
輪重	kN	91.1	92.8	87.3	
横圧	kN	9.2	10.9	11.6	
脱線係数		0.11	0.11	0.11	
ボルト軸力	最大	kN	64.7	64.5	64.3
	最小	kN	60.7	61.5	61.2
	変動量	kN	4.0	3.0	3.1
床板応力	MPa	242.4	244.6	268.4	
レールプレス応力	MPa	273.6	267.2	270.4	
上下変位	レール	mm	-1.43	-2.03	-1.16
	まくらぎ	mm	-1.47	-1.99	-1.48

4. 実車走行試験

走行解析の結果より、供用箇所の地盤剛性や通トン数などによって構造案 A、C を選定することとしたが、本研究では、構造案 C の実車走行時の安全性を確認するため、構内試験線に敷設し、走行試験を行った。構造設計では、直線区間を想定しているが、より厳しい条件を模擬する目的で急曲線区間を対象とした。試験条件を表3に、敷設写真を図5に示す。測定項目は、車上で輪重、横圧、脱線係数を、地上でボルト、ねじくぎの軸力を測定した。なお、ボルト、ねじくぎの測定は外軌側とした。試験結果を表4に示す。表4より、輪重と横圧からなる脱線係数は0.6であり、急曲線での走行試験のため、解析結果よりも大きな結果となったが、目安値0.8よりも小さく、走行安全性が確保されることを確認した。また、ボルトおよびねじくぎの軸力は、初期値が60.7kN、40.7kNであるのに対し、変動値はそれぞれ、6.1kN、1.6kNであり、列車通過による影響は小さかった。

表3 実車走行試験条件

項目	諸元
曲線半径	160m
カント	90mm
走行速度	10~25km/h
車両形式	通勤型
静止輪重	30.9kN

表4 実車走行試験結果

項目	結果
輪重	37.3kN
横圧	16.8kN
脱線係数	0.6
ボルト軸力変動	6.1kN
ねじくぎ軸力変動	1.6kN



図5 敷設状況

5. まとめ

地域鉄道に適したロングレール軌道を開発するため、レールの斜め加工を行わない、構造案 A (合成まくらぎ+大床板)、構造案 B (井桁合成まくらぎ+床板)、構造案 C (井桁合成まくらぎ+大床板) の遊間付伸縮継目構造に対し、動的な走行解析を実施し、走行安全性および部材強度の評価を行った。結果として、走行解析では、走行安全性が確保されることを確認した。床板とレールプレスの応力は、各構造案で大きな差は生じておらず、また、レール上下変位は、構造案 C が最も変化量が小さい結果であった。構造案 C に対し、実車走行試験を行った結果、脱線係数は0.6であり、走行安全性は確保されることを確認した。

また、ボルト、ねじくぎの軸力変動は、列車通過による影響は小さいことを確認した。今後は、50kgN レール、直線区間の実軌道に遊間付伸縮継目構造を敷設し、その効果を確認する予定である。

参考文献

- 1) 西宮裕騎、片岡宏夫：軌道変位を考慮した新幹線の直結系軌道のレール開口部走行時の影響評価、鉄道工学シンポジウム論文集、No. 22、pp. 123-130、2018。
- 2) 西宮裕騎：動的陽解法有限要素法を用いた鉄道車両の走行解析手法の構築、土木学会論文集A2(応用力学)、Vol. 74、No. 2、pp. 649-660、2018。
- 3) 浦川 文寛、太田 晋一、清水 紗希、西宮 裕騎：繰り返し重錘落下試験による開口部のレール塑性変形進み特性の把握、第25回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 (J-RAIL2018)、U00034、2018。