

レール継目部沈下対策工法におけるレール圧力の解析的検討

鉄道総研 正会員 ○堀池高広 鉄道総研 正会員 桃谷尚嗣

1. まえがき

下級線における保守コストの削減が保線における重要な課題であり、特にレール継目部における対策が強く求められている。そこで、本報告では、レール継目部における低廉な沈下対策工法を提案するために、列車がレール継目部を通過する際に発生する衝撃的な荷重を軌道ばね係数の低減により分散させる対策工法について、レール圧力に着目した動的FEM解析を行ったので報告する。

2. 提案する沈下対策工法

提案するレール継目部の沈下対策工法は「まくらぎ弾性化工法」であり、図1に示すように列車通過に伴い発生したレール継目部の浮きまくらぎ状態をタイタンパーを使用せず、継目部とその前後のまくらぎ下に10mm厚の弾性材を配し荷重分散を図り、残った隙間を樹脂で不陸調整を行う工法である。

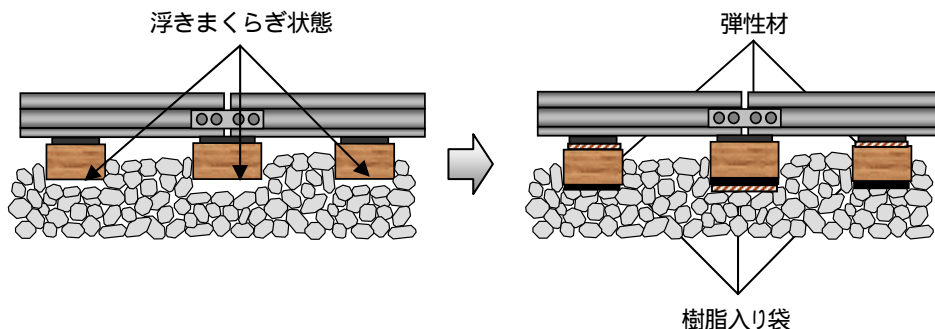
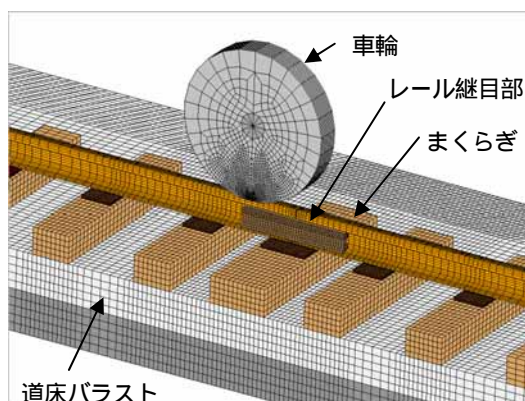


図1 まくらぎ弾性化工法

3. 動的FEM解析の概略

これまでの検討¹⁾でLS-DYNAを用いた動的FEMにより、レール継目部における衝撃荷重を評価することが可能であることから、同じ手法を用いて営業線での継目部における、衝撃的な荷重（レール圧力）の検討を「無対策」、「まくらぎ弾性化工法」について行うこととした。また、併せてこれまでも対策工法として実施されている「軌道パッド低ばね化（継目まくらぎ部のみ）」についても検討を行うこととした。対象とした軌道構造はコンクリート路盤上の有道床軌道とし、図2に示した解析モデルを用いた。車両は40系気動車を想定し、走行速度は95 km/hとした。車両のモデルはばね下、台車および車体の質量を考慮し、図3に示す構成とした。また、レール継目部のレール形状は図4に示すように、「段差なし」、「段差あり」、「落込みあり」の3種類とし、レール遊間量は7 mmに設定した。



項目	ヤング率 (MN/m ²)	ポアソン 比	密度 (g/cm ³)
車輪, レール, 継目板, タイプレート	210,000	0.3	7.85
まくらぎ	18,640	0.2	1.02
道床コン クリート	35,000	0.17	2.30
路盤コン クリート			
道床バラスト	150	0.3	1.6
弾性材	62.5	0.49	1.14
軌道パッド	110 kN/mm	減衰係数 C: 0.070 kN·s/mm	

図2 解析モデル（有道床軌道）

なお、軌道パッドのばね係数は110 MN/mを基本とし、「軌道パッド低ばね化」では、レール継目部の軌道パッドのばね係数を70 MN/mとした。また、「まくらぎ弾性化工法」を用いるケースでは、レール継目部を含むまくらぎ3本の下に設置する弾性材のばね係数を片レールあたり30MN/mとした。

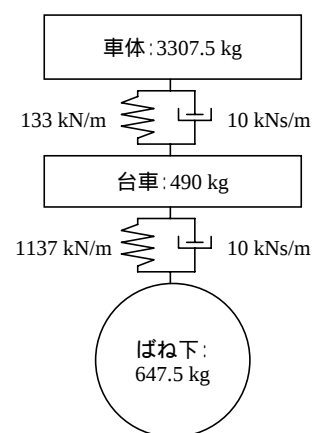


図3 営業線車両モデル

キーワード：レール継目，継目落ち対策，まくらぎ弾性化工法，軌道パッド低ばね化，レール圧力

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL(042)573-7276 FAX(042)573-7432

4. 解析結果

レール形状と輪重およびレール圧力の時刻歴波形を図5に示す。輪重は車輪とレール間の接触力、レール圧力はレール継目部のまくらぎに作用する荷重である。輪重、レール圧力ともに、「段差あり」の場合が最も大きく、「落ち込みあり」、「段差なし」の順に小さくなっている。

「段差あり」の場合ははじめに比較的短い周期で大きな衝撃荷重が生じ、その後に再び小さな衝撃荷重が生じていることが分かる。「落ち込みあり」の場合は「段差あり」の場合よりも衝撃荷重の周期は長くなり、その大きさは「段差あり」の場合より小さくなっている。一方、「段差なし」では段差や落ち込みがある場合と比較して、衝撃荷重は非常に小さいことが分かる。これより、レール継目部において発生する衝撃荷重の大きさはレールの形状に大きく依存していることが分かる。

図6(a)に「段差あり」の場合について、各沈下対策工法のレール圧力の時刻歴波形を示す。対策なしのレール圧力が最も大きく、これに比べ「軌道パッド低ばね化」は約17%、「まくらぎ弾性化工法」は約36%低減した。図6(b)に「落ち込みあり」の場合を示す。「落ち込みあり」の場合は全体としてレール圧力は「段差あり」の場合よりも小さいが、対策なしに比べ「軌道パッド低ばね化」で約27%、「まくらぎ弾性化工法」で約28%のレール圧力が低減した。「落ち込みあり」に対しては、「軌道パッド低ばね化」と「まくらぎ弾性化工法」のレール圧力はほぼ同等の低減であった。

以上のことから、対策工法に「軌道パッド低ばね化」や「まくらぎ弾性化工法」を用いると、レール継目部におけるレール圧力が低減することが確認された。特に、「まくらぎ弾性化工法」は、レール継目部に段差がある場合の衝撃荷重を大きく低減させることが分かった。

5. おわりに

動的FEM解析の結果、継目部の軌道ばね係数を低減させ荷重分散させることにより、レール継目部に生じる衝撃的な荷重を低減できることが明らかとなったことから、「まくらぎ弾性化工法」や「軌道パッド低ばね化」を施すことで、保守周期の延伸が期待できるものと思われる。

参考文献 1) 堀池高広, 桃谷尚嗣: 動的解析によるレール継目部の挙動, 土木学会第59回年次学術講演会論文集, No.4-061, 2004.9

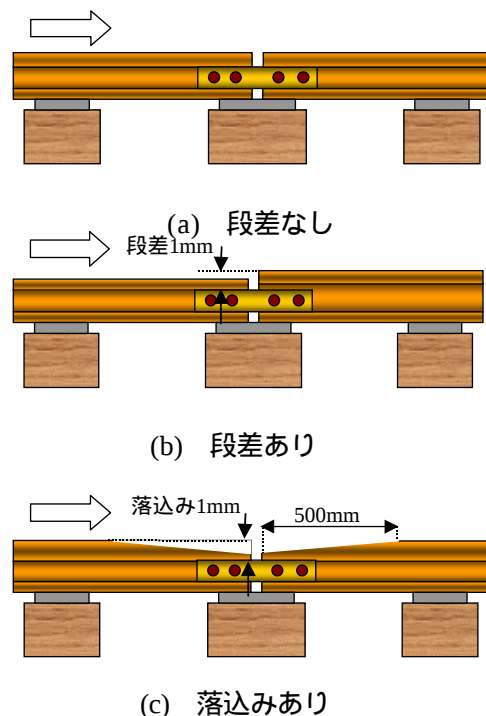


図4 レール継目部の形状

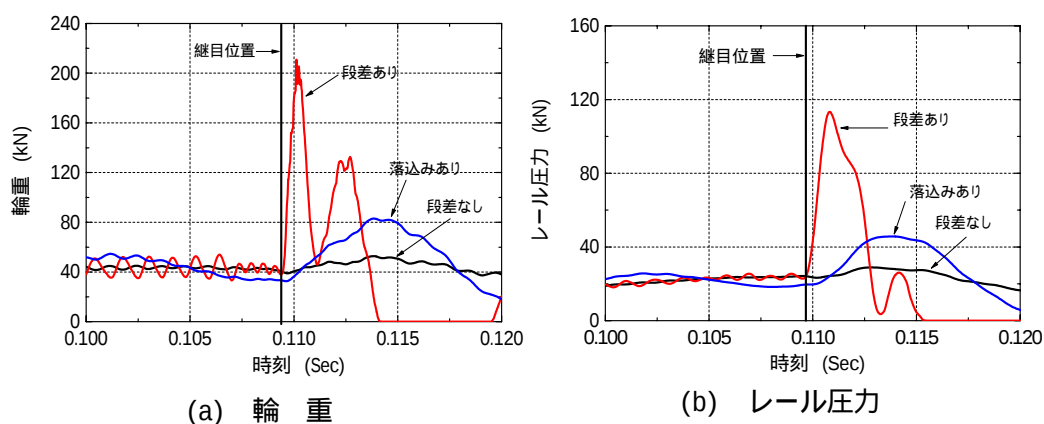


図5 レール継目形状と輪重, レール圧力波形

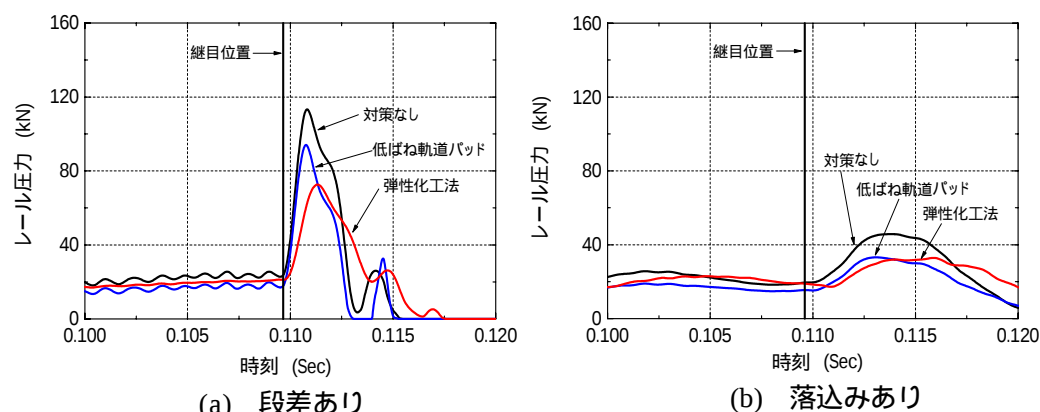


図6 沈下対策工法のレール圧力波形