

FEM 解析による井桁まくらぎの改良効果の検討

北海道大学大学院工学研究科 学生会員 ○亀井威彦
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 石川達也
 株式会社 日本線路技術 正会員 佐々博明

1. はじめに

レール継目部では、継目落やレール間に目違いが発生する場合がある。この様な部位を列車が走行すると衝撃荷重を生じ、軌道変位進みが速くなる事から、軌道保守効果が持続する期間が他の箇所よりも短い。そのため、レール継目部に対する有効な沈下対策工法の開発が必要である¹⁾。本報告では、レール継目部のまくらぎの敷設方法をかけつぎ工法から井桁工法に改良した場合の改良効果をFEM(有限要素法)を用いて比較・検討する。

2. 解析概要

(1)解析モデル

本研究ではCTC製Soil Plusを用いて静的弾性解析を行った。図1、図2にかけつぎ工法、井桁工法のFEM解析モデルの概略図を示す。図3に両工法のレール継目のモデル化方法を示す。解析モデルは軌間中心を対称軸とした1/2対称3次元モデルである。本報告で用いる解析モデルは以下の三つである。

Model A : かけつぎ工法構造、軌道パッドばね定数 88.2MN/m

Model B : 井桁工法構造、軌道パッドばね定数 980.0MN/m

Model C : 井桁工法構造、軌道パッドばね定数 88.2MN/m

解析モデルでは、レールと継目板はビーム要素で図3の様にモデル化し、軌道パッドは一つの線形ばね要素で表した。なお、遊間量は6mmである。

(2)解析条件

レールは60kgレール、まくらぎは鉄まくらぎ、路盤はK₃₀値(68.6MN/m³)をそれぞれ想定し、線形弾性要素と仮定した。用いた解析パラメーターを表1に示す。境界条件は図1,2に示すように、線路横断方向の解析モデル側面についてはY方向の変位を、縦断方向側面についてはX方向の変位を、解析モデル底面については全方向の変位を、レール・軌道パッド端部についてはX方向の変位に加え全方向の回転を、それぞれ拘束した。ここで、X軸：レール長手方向、Y軸：レール横断方向、Z軸：鉛直方向である。解析は自重による安定解析を行わず、軸重による変形解析のみ実施した。

(3)荷重条件

荷重は一軸のみとし、輪重245kNとした。また、荷重位置を変えて、鉛直荷重荷重位置の違いにより発生

キーワード FEM まくらぎ かけつぎ工法 井桁工法 継目落

連絡先〒060-8628 北海道札幌市北区北13西8 北海道大学大学院地盤環境解析学研究室 TEL(FAX)011-706-6202

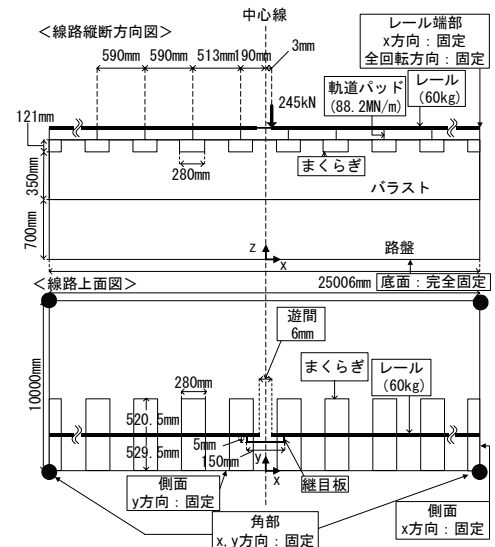


図1 かけつぎ工法解析モデル概略図

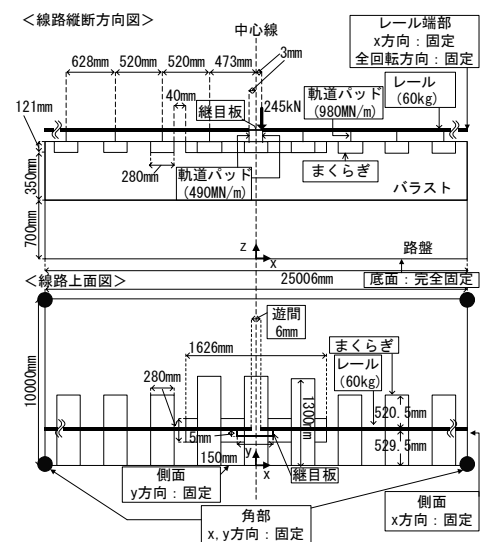


図2 井桁工法解析モデル概略図

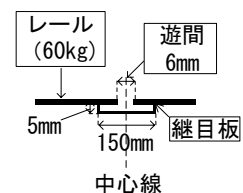


図3 レール継目のモデル化

する沈下量とばね力に及ぼす影響について検討した。ただし、「**載荷位置**」とは継目中心からの距離であり、「**3mm 点沈下量**」とはレールが一番端すなわち継目中心から 3mm の位置のレール面沈下量、「**ばね力**」とは**載荷点**から最も近いまたは**載荷点下**の軌道パッドのばね力、「**載荷点沈下量**」とは荷重**載荷点**のレール面沈下量を指す。検討の結果、鉛直荷重の**載荷点**が継目中心から離れるにしたがって、3mm 点沈下量・ばね力が共に減少し、3mm 点沈下量が**載荷点沈下量**より常に大きくなった。このため、以降の解析では継目中心から 3mm の位置を荷重**載荷点**として解析を実施する。

3. 解析結果・考察

各解析モデルの 3mm 点沈下量、まくらぎ沈下量、ばね力、段差を表 2 に、レール継目付近の道床表面の鉛直圧力分布を図 4 に示す。ここで、「まくらぎ沈下量」とは**載荷位置**から最も近いまくらぎの沈下量を、「**段差**」とは継目部における両レール端部のレール面沈下量の差を表している。また、鉛直圧力は引張が正、圧縮が負である。表 2 をみると、段差以外の値について Model C の解析結果は、Model A の解析結果より小さいことから、継目落に対して井桁工法の適用が適している事がわかる。また、Model B と Model C の解析結果を比較すると軌道パッドのばね定数による影響を確認できる。例えば、Model C に比べ Model B の 3mm 点沈下量は 2/3 程に減少したが、まくらぎ沈下量、ばね力は増加した。これは軌道パッドのばね定数が大きくなったため、レール近傍に応力集中が生じるものの変位量がさほど増えなかった事によると考えられる。一方、道床表面の鉛直圧力分布(図 4)を見ると、かけつぎ工法(Model A)に比べ、井桁工法(Model B、Model C)の場合、鉛直圧力が分散し、その最大値が減少する事がわかる。このことから、井桁工法の導入により道床の塑性沈下は抑制されると推察される。なお、軌道パッドのばね定数の選択については、Model C に比べ Model B で鉛直圧力(圧縮)の高い領域が若干減少してはいるものの、両モデルの圧力分布の差は小さいことから、解析結果の妥当性の検証も含め、今後さらに検討する必要がある。

4. まとめ

本報告では、井桁まくらぎを導入した場合、解析上は継目部での沈下量が小さくなり継目落が軽減される事や、道床への鉛直圧力が小さくなり継目直下周辺部の道床の塑性沈下抑制に有効である事を示した。

[参考文献]

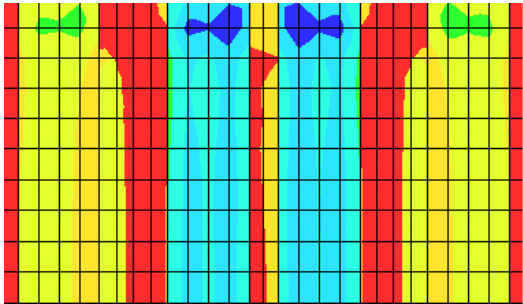
1) 須田征男, 長門彰, 徳岡研三, 三浦重編:「新しい線路-軌道の構造と管理-」, (社) 日本鉄道施設協会, 1997

表 1 解析パラメーター

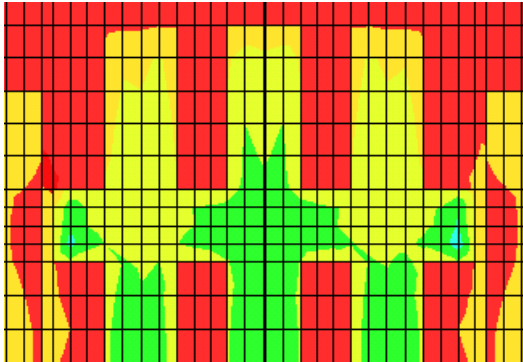
材料	レール	継目板	まくらぎ	道床	路盤
ヤング率E(kN/m ²)	2.10×10 ⁸	2.10×10 ⁸	2.10×10 ⁸	8.80×10 ⁴	3.39×10 ⁴
単位体積質量ρ(t/m ³)	7.85	7.85	7.85	1.61	1.50
ポアソン比ν	0.30	0.30	0.30	0.28	0.28
断面積(cm ²)	77.50	68.60	—	—	—
Iy(cm ⁴)	512	0	—	—	—
Iz(cm ⁴)	3090	399	—	—	—

表 2 解析結果

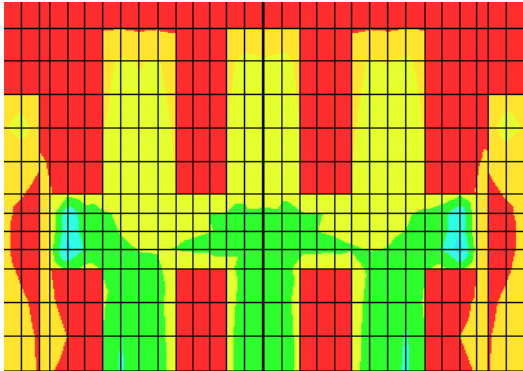
	3mm点沈下量(mm)	まくらぎ沈下量(mm)	ばね力(kN)	段差(mm)
Model A	3.887	2.329	88.13	0.067
Model B	2.005	1.748	125.86	0.060
Model C	3.253	1.720	67.68	0.067



(a) Model A



(b) Model B



(c) Model C

図 4 道床表面の鉛直圧力分布(凡例単位:kPa)