

軌道模型実験によるまくらぎ荷重分担率と路盤圧力の検討

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 桃谷尚嗣
東京大学工学系研究科 学生会員 平川大貴 川崎紘誉
東京大学工学系研究科 正会員 龍岡文夫

1.はじめに：鉄道の有道床軌道では、路盤上に碎石を敷設し、その上にまくらぎとレールが設置される。碎石層の重要な役割の一つが、路盤面に作用する圧力の分散である。従来、有道床軌道の設計ではまくらぎの荷重分担率を載荷点の直下から順に 0.4:0.2:0.1 とし、まくらぎの荷重は碎石層内部では矩形に平均的に広がって路盤表面に作用するとされてきた。本報告では、模型軌道と実大試験軌道でまくらぎの荷重分担率を、模型実験では路盤圧力を検討した。また測定された路盤圧力を FEM による線形弾性解析の結果と比較した。

2.実験方法と結果：軌道模型は 1/5 スケールで 7 本のまくらぎを有し、豊浦砂の地盤上に設置した¹⁾。各まくらぎの荷重はレールとまくらぎの間に設置された 1 方向ロードセルで測定し、路盤圧力は土層の底板に設置された 2 方向ロードセルで測定した。ロードセルは軌道模型を設置した状態でゼロ点としたので、測定された荷重は載荷荷重による増分である。定点載荷試験は図 1 に示す載荷パターンで行い、繰返し荷重履歴のない Point a と繰返し荷重履歴を受けた Point b において各まくらぎの荷重分担率と路盤圧力の比較を行った。移動載荷試験は載荷荷重 4000N で 1 往復の載荷を行った。

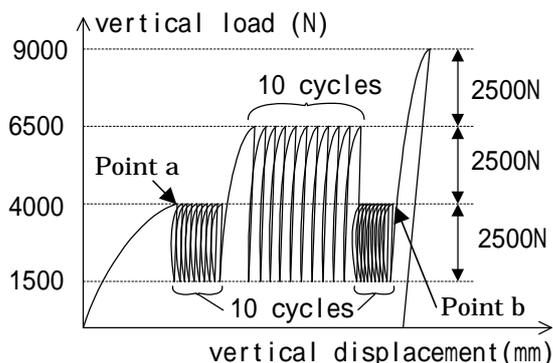


図 1 定点載荷試験載荷パターン模式図

各まくらぎの荷重分担率を図 2 に示す。定点載荷試験では、荷重履歴を受けることにより次第に外側のまくらぎが荷重を受け持つようになり、載荷点直下におけるまくらぎの荷重分担率が小さくなっている。移動載荷試験では、定点載荷の荷重履歴を受けない状態 Point a での荷重分担率とほぼ等しい。移動載荷試験では載荷回数が少ないため、荷重履歴を受けた後の検討を行うことができなかった。定点載荷試験では実軌道の試験においても、各まくらぎが次第に平均的に荷重を支持するようになるため、軌道の支持力を過大に評価する可能性が考えられる。

図 3 は (財)鉄道総合技術研究所日野土木実験所において行ったまくらぎ下面荷重の測定結果である。ロードセルを底面に並べたまくらぎを試験軌道に敷設し、モーターカーの車輪位置を段階的に移動させてまくらぎの荷重を測定した。この結果からまくらぎの荷重分担率は 0.4:0.23:0.07 となり、従来の知見とほぼ一致した。また、模型実験での荷重分担率もこれに近い値であり、軌道模型の妥当性を示すものと考えられる。

深さ 20cm での路盤鉛直圧力の測定結果を図 4 に示す。定点載荷試験では、まくらぎの荷重分担率同様、荷重履歴を受けた後は路盤圧力分布が外側に広がっている。また、移動載荷試験では定点載荷と比較すると、路盤圧力が載荷点直下に集中する。荷重の集中が主応力の回転などの、移動載荷特有の原因によるのであれば、定点載荷試験による路盤圧力の検討は危険側の設計となる可能性が考えられる。

測定された路盤鉛直圧力と図 5 に示す FEM 解析結果の比較が図 6、図 7 である。FEM では、実験で測定されたまくらぎ荷重を入力荷重とした。全体的に弾性解析による路盤鉛直圧力の集中度の方が、測定結果よりもやや大きい。荷重履歴を受けた定点載荷試験の結果は弾性解析の結果とほぼ等しい。せん断応力についても同様の傾向であった。これは地盤が荷重履歴を受けることによって、より弾性的な性質を持つようになったためであると考えられる。

キーワード：有道床軌道，路盤圧力

連絡先：軌道技術開発推進部 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel:042-573-7276

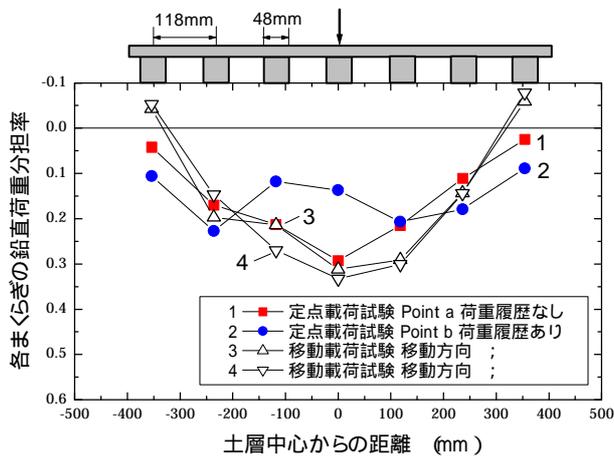


図2 各まくらぎの荷重分担率

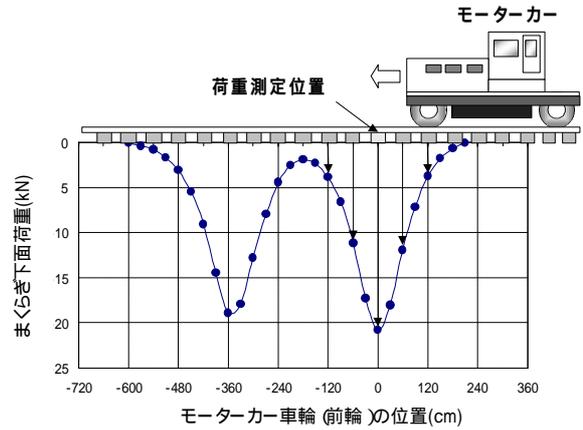


図3 実試験軌道におけるまくらぎ下面荷重

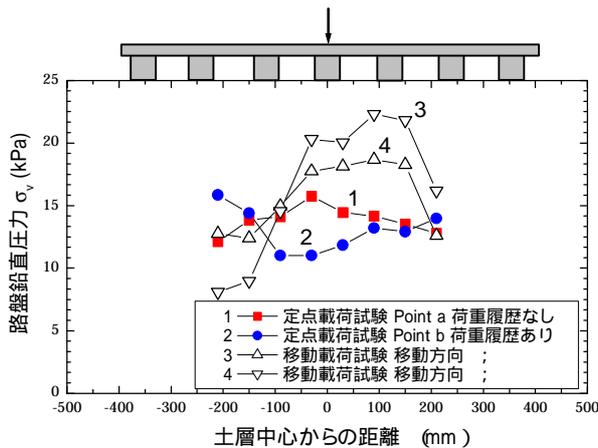
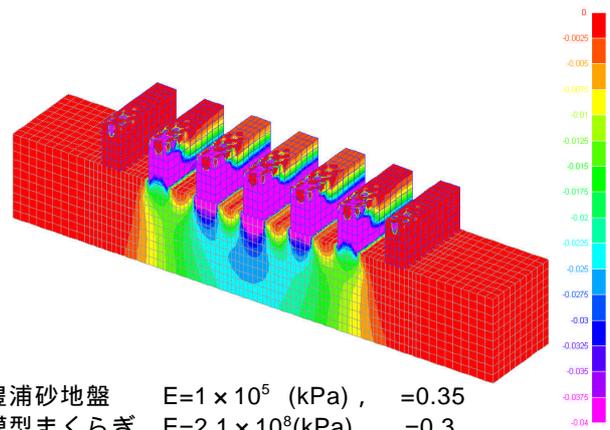


図4 路盤圧力測定結果



豊浦砂地盤 $E=1 \times 10^5$ (kPa), $\nu=0.35$
 模型まくらぎ $E=2.1 \times 10^8$ (kPa), $\nu=0.3$

図5 FEM 解析モデル

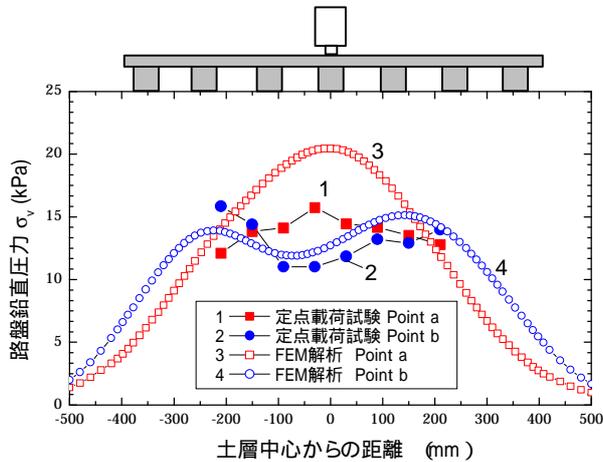


図6 路盤圧力とFEMの比較(定点載荷)

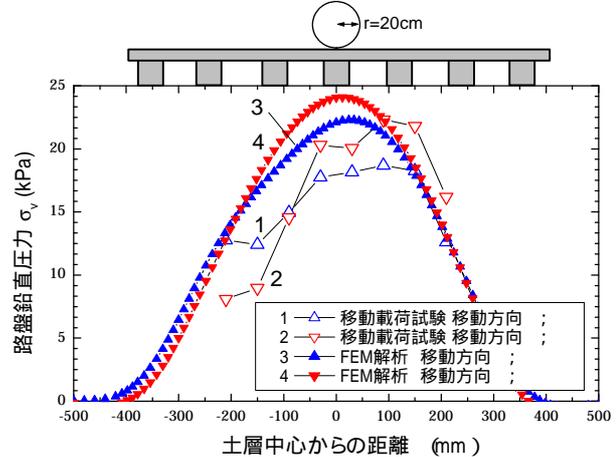


図7 路盤圧力とFEMの比較(移動載荷)

3.まとめ：定点載荷試験では繰返し荷重を受けると、まくらぎの荷重分担率が変化する。これは載荷点直下の地盤が変形することにより、まくらぎの荷重分担率が外側に広がるためである。また、荷重履歴を受けていない地盤の路盤圧力の集中荷重は線形弾性解よりも小さくなる。これは変形に非線形特性があるために、より広く荷重が分散されるためであると考えられる。今後は、繰返し移動載荷試験を行い、荷重履歴を受けた後の路盤圧力分布について検討し、適切な解析モデルの適用を検討したい。

<参考文献>

1)平川大貴,川崎紘誉,桃谷尚嗣,龍岡文夫：軌道模型実験における載荷方法の影響,土木学会第55回年次学術講演会