

軌道模型実験における載荷方法の影響

東京大学大学院 学 平川大貴 川崎紘誉

(財)鉄道総合技術研究所 正 桃谷尚嗣

東京大学工学部 正 龍岡文夫

1.はじめに；有道床軌道では、列車荷重が繰返し作用することによって、軌道面の不整（軌道劣化）が生じる。軌道劣化に関する今日までの研究では、大型軌道模型のある断面に繰返し載荷を行う定点載荷試験⁽¹⁾により、荷重条件（荷重強度、加振周波数等）と道床沈下量との相関関係を求めることが多い。バラストの物性試験は、三軸試験⁽²⁾が多い。本研究では、1) 中心まくらぎに集中荷重を与える「定点載荷試験」と、2) ローラーを用いて移動荷重を与える「移動載荷試験」を行い、載荷方法の違いによる道床沈下の実態を調べた。また、まくらぎ底面の粗度（smooth、rough）を変化させ、道床の沈下特性への影響を検討した。

2.実験概要；試験に用いた模型は、軌道と路床で構成される（図1）。軌道はスケール1/5相当を模擬しており、平面ひずみ状態を仮定した。路床は空気乾燥状態の豊浦砂を用い、多重ふるい落下装置を用いて相対密度 D_r = 約80%の地盤を作成した。土槽側壁には摩擦軽減層を施した。軌道模型のレールとまくらぎの間に1方向ロードセルを配置して、各まくらぎの荷重分担率を計測した。各試験の載荷パターンを図2に示す。定点載荷試験（図2-a）では、軸ひずみ速度 0.00563mm/sec （一定速）で繰返し載荷を行った。移動載荷試験（図2-b）では、ローラー移動時に鉛直荷重一定かつ側方向移動速度一定（ 1.345cm/sec ）となるように制御を行った⁽³⁾。まくらぎ底面の粗度では、smooth はまくらぎ（鉄製）表面が鍍金処理された状態、rough はまくらぎ表面にサンドペーパー（#150）が貼付けされた状態である。サンドペーパー等の圧縮性はほぼ無視できる。

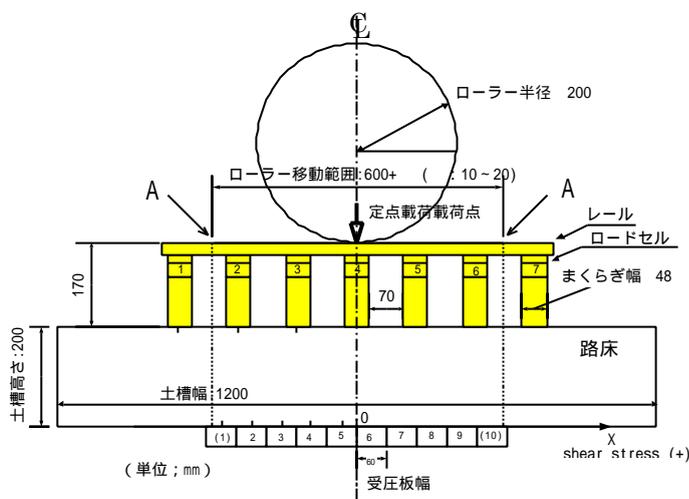


図1. 鉄道軌道載荷実験寸法図

移動時に鉛直荷重一定かつ側方向移動速度一定（ 1.345cm/sec ）となるように制御を行った⁽³⁾。まくらぎ底面の粗度では、smooth はまくらぎ（鉄製）表面が鍍金処理された状態、rough はまくらぎ表面にサンドペーパー（#150）が貼付けされた状態である。サンドペーパー等の圧縮性はほぼ無視できる。

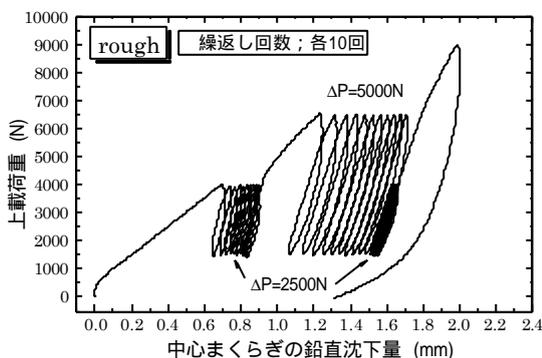


図2-a. 定点載荷試験の結果

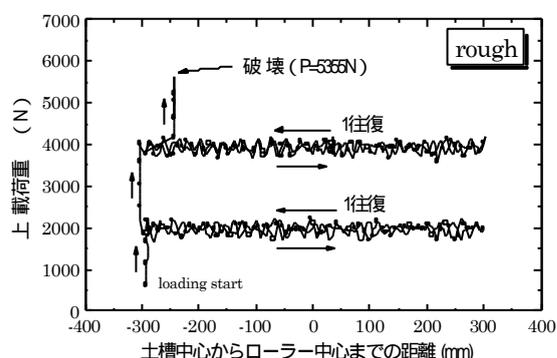


図2-b. 移動載荷試験の結果

3.実験結果；定点載荷試験での各まくらぎの鉛直荷重～各まくらぎの鉛直沈下関係を図3に示す。繰返し載荷の進行に伴って、中心まくらぎに作用する鉛直荷重は減少し、端部のまくらぎに働く荷重が増加している。

keywords；室内模型実験、有道床軌道、繰返し載荷、塑性変形

連絡先；〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-5841-6123 FAX 03-5841-8504

載荷点直下のまくらぎでの荷重分担率は載荷開始時で約30%であったのに対し、繰返し載荷により最終的には約10%まで減少している⁽⁴⁾。これは、繰返し載荷に伴って載荷点直下の路床表面が沈下し、支持まくらぎが外側に移行するためである。図4に、移動載荷試験におけるローラー沈下量～ローラー位置関係を示す。ローラー沈下量が右下がりの曲線を示しているのは、軌道模型が水平に設置されていないためである。このため、移動載荷による鉛直残留沈下量は、軌道中心からの移動載荷1往復における沈下量(図4中のA、B)で定義した。また、移動載荷を軌道中心から

1往復行った場合を、1回の繰返し載荷とする。移動載荷試験において、roughでは上載荷重 $P=5,355\text{N}$ 、smoothでは $P=4,000\text{N}$ で路床は破壊した。各まくらぎの荷重分担率は端部以外で安定的であり、ローラー直下：隣り：2つ隣りで約3:2.2:1.3であった⁽⁴⁾。端部のまくらぎでは応力集中しており、ローラーが端部(図1のA)に来た時に上載荷重の約50%を分担している。図5に各試験での残留沈下～繰返し回数関係を示す。図5から、定点載荷試験では残留沈下が収束しにくいこと、同じ荷重振幅であっても荷重履歴により沈下特性が変化することが分かる。また、定点載荷試験結果は移動載荷試験結果よりも小さな値を示しており、定点載荷試験では残留沈下を過小評価する可能性を示唆している。まくらぎ底面の粗度の影響に関して、定点、移動載荷ともにroughの方が残留沈下量は小さく、まくらぎ底面を粗にすることで沈下抑制が期待できる。

4. まとめ; 実現象を大幅に簡略化した実験ではあるが、軌道のある一断面に載荷を行う定点載荷試験では、軌道面沈下量を過小評価する可能性がある。移動載荷では、地盤内の主応力面が連続的に回転すること、軌道結合部(本実験では軌道端部)に応力集中しやすいことから、残留沈下が著しいと考えられる。また、まくらぎ底面を粗にすることで、軌道の沈下抑制が期待できる。

参考文献; (1)石川、名村、堀池(1994); 道床バラスト部の繰返し変形特性の定量化に関する検討、鉄道総研報告、Vol.8、No.11、pp.31-36、(2)Kohata、Jiang、Sekine(1999); Deformation properties of railroad ballasts subjected to monotonic and cyclic loadings、Proc.4th World Congress on Railway Research、(3)川崎、平川、龍岡(2000); 転圧時における砂地盤内応力分布の実験的検討、第35回地盤工学研究発表会、(4)桃谷、平川、川崎、龍岡(2000); 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、土木学会第55会年次学術講演回

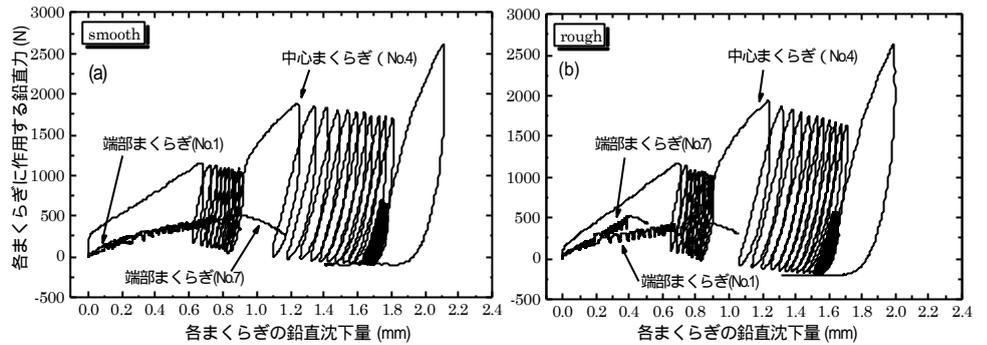


図3. 定点載荷試験における各まくらぎ鉛直荷重～鉛直沈下関係; a) smooth、b) rough

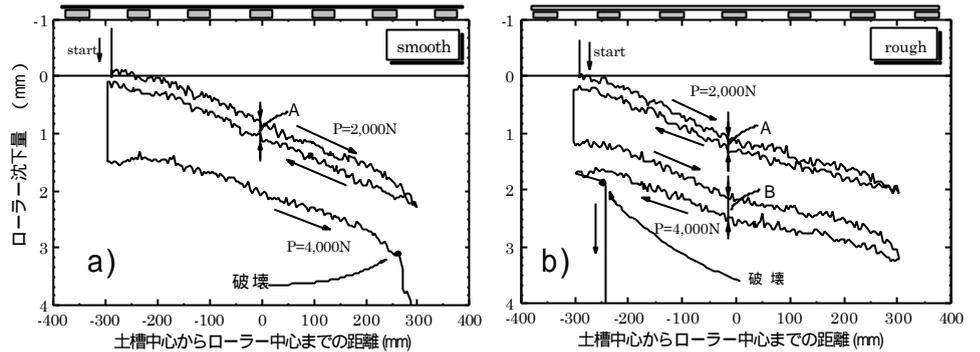


図4. 移動載荷試験におけるローラー沈下量～ローラー位置関係; a) smooth、b) rough

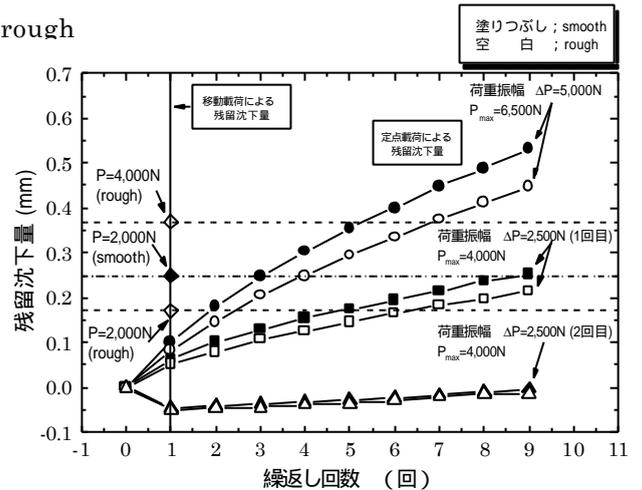


図5. 残留沈下～繰返し回数関係