

移動荷重方式によるバラスト軌道の模型載荷試験

鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫 正会員 石川達也
東京農業大学 清水裕太 正会員 竹内 康

1. はじめに

道床バラストと呼ばれる粒状材料、まくらぎ、レールから構成される鉄道のバラスト軌道（図1）は、列車の繰返し荷重を受け、道床バラスト部分に塑性沈下が生じると、列車の走行安全性や乗り心地等に大きな影響を与えるため、軌道の変形（軌道の狂い）の測定を定期的に行い、基準値を超過した場合等には軌道の補修を行っている。このため、効率的な軌道の維持管理を行うには、道床バラスト部分の変形・沈下特性を解明する必要がある。従来、軌道や路盤を対象とした変形・沈下特性検討のための載荷試験では、定点載荷方式が用いられてきたが、定点載荷では、載荷点直下での局所的な変形・沈下が卓越し、現実と異なる変形挙動となる。そこで、バラスト軌道の変形挙動解明の一環として、より現実に近い移動荷重方式（車輪走行）を用い、粒状材料である道床バラストの粒度分布に着目した繰返し載荷試験を行った。

2. 試験概要

図2に試験に用いた装置・模型の概略を示す。模型は1/5スケールとし、土槽（高さ410mm、幅2000mm、奥行き30mm）内に道床バラストを想定した2種の粒度分布（図3、最大粒径13.2mm）の砕石を投入し、最大密度（粒度分布A： 1.57t/m^3 、粒度分布B： 1.61t/m^3 ）の90%程度を目標として締固めを行った後、レール、まくらぎ（15本、上部に2方向ロードセルを有している）を設置した。道床バラストの厚さ（まくらぎ下から路盤表面まで）は50mmである。土槽は、2次元平面ひずみ状態を確保するために、側面方向に対する変形の拘束と側面摩擦の低減（シリコングリスを塗ったゴムメンブレンを側面に貼り付ける）を考慮したものである。載荷は、空圧にて静的荷重4kNを作用させた載荷輪の定速度706mm/sの走行により行った。走行は200回（100往復）である。また、模型中心部のまくらぎNo.8付近の単粒度砕石に接するゴムメンブレンには、5mm間隔で標点が設けてあり、載荷・除荷時のデジタルカメラによる撮影画像から標点の動きを追跡した。また、2種の粒度分布の砕石については、直径15cm、高さ36cmの供試体を用いた単調載荷（軸ひずみ速度0.02%/min）による三軸圧縮試験（CD条件）も行った。

3. 試験結果

図4に三軸圧縮試験から得られた応力・ひずみ関係を示す。粒度分布Bの最大軸差応力、降伏点と見られる軸差応力は、粒度分布Aより大きく、均等係数のわずかな違いが粒状材料の強度に影響を与えている

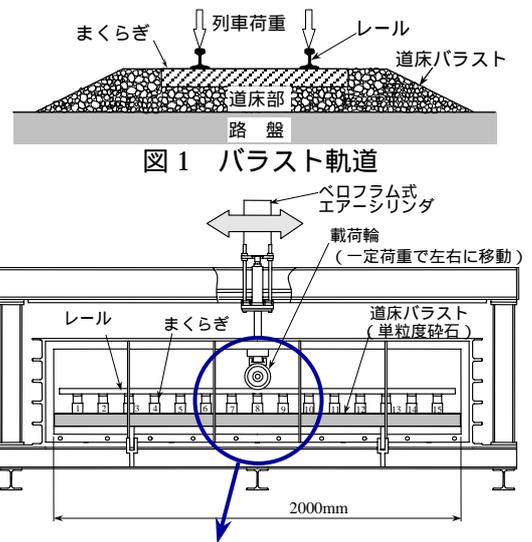


図1 バラスト軌道

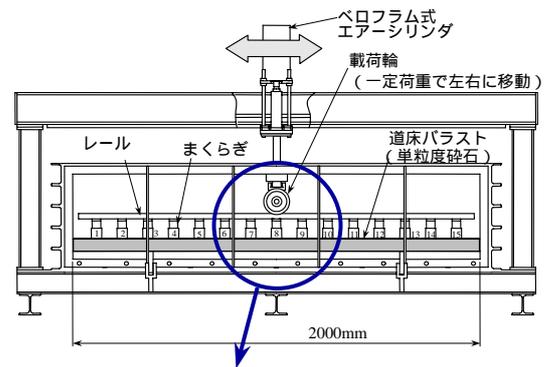


図2 試験装置・模型の概略

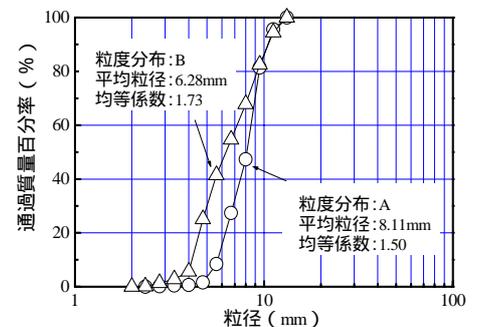


図3 試料の粒度分布

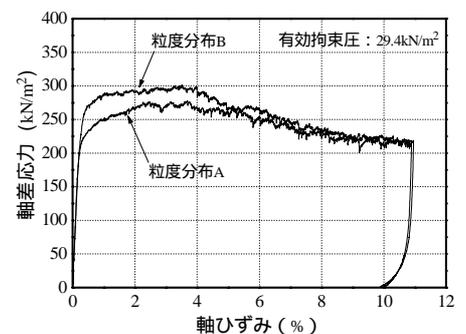


図4 三軸試験による応力・ひずみ関係

キーワード：粒状材料、道床バラスト、模型試験、移動載荷

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7431

ことがわかる。

図5に粒度分布Aと粒度分布Bの鉛直荷重・沈下量の関係を示す。同図は、載荷輪がまくらぎ No.8 直上にある時のもので、載荷輪からレールを介してまくらぎに伝わる鉛直荷重をまくらぎ上部のロードセルにて測定したものである。載荷1回(N=1)より前の値は予備載荷のものである。載荷輪がまくらぎ直上にある時は、砕石の粒度分布によらず、作用荷重の約50%程度が作用しているが、粒度分布Bの載荷初期における沈下・荷重曲線は、Aより立っており、

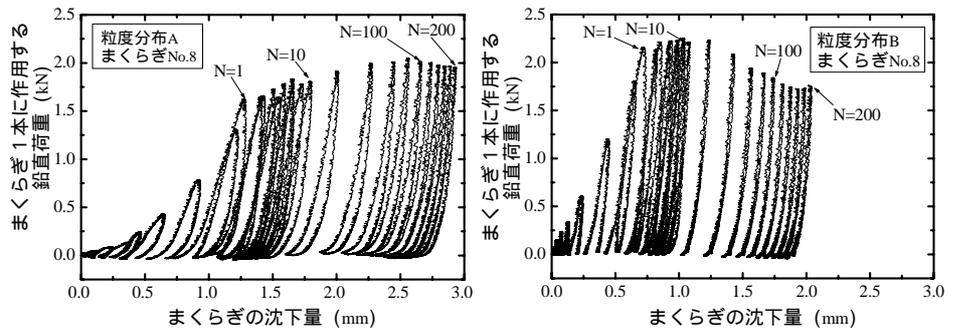


図5 鉛直荷重・沈下量関係

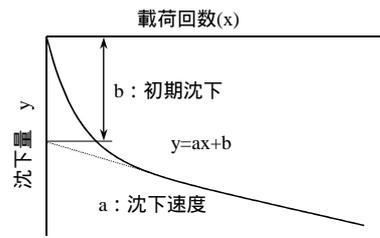


図6 載荷回数と沈下量との関係

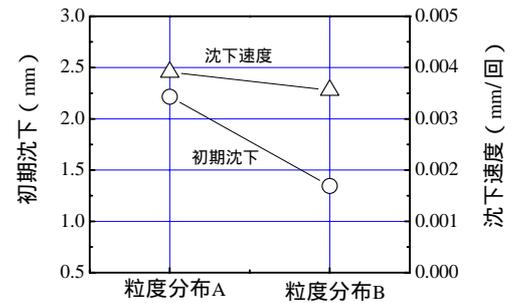


図7 沈下特性の比較

図8に、まくらぎ No.8 付近の標点の変位のベクトルを示す。同図は、載荷前と載荷回数 200 回との間の標点の動きを示したものである。粒度分布 A, B とも、まくらぎ中央下では、鉛直方向への移動が卓越しており、まくらぎ端部では、主に斜め下方へ動いている。まくらぎ間では、水平または、上方への動きも見られる。ベクトルそのものの大きさは粒度分布 B より A が大きい。図9に載荷前から載荷 200 回の間には生じたせん断ひずみ（標点の動きから求めた）の分布を示す。せん断ひずみは、まくらぎ端部近傍で発達しており、粒度分布 A が B よりその発達は大きい。また、載荷幅（まくらぎ幅）が砕石の層厚とほぼ同じであるために、土槽底面の影響により砕石層下部にひずみの発生が見られる。

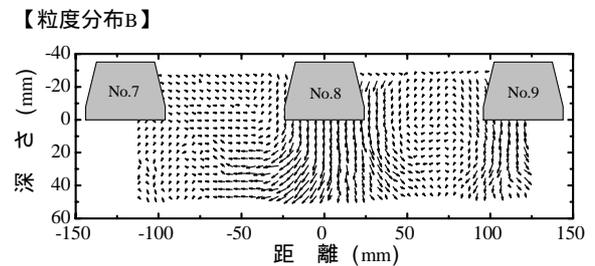
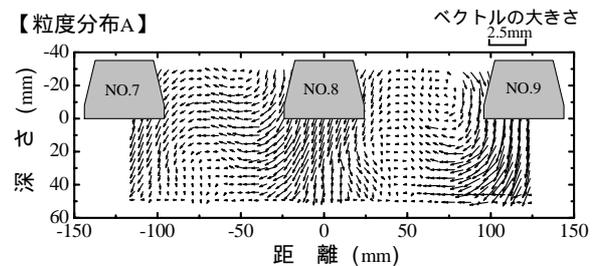


図8 変位ベクトル

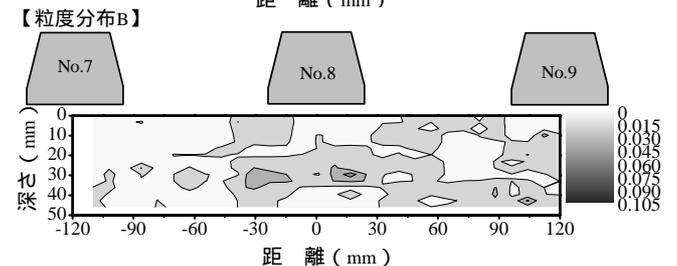
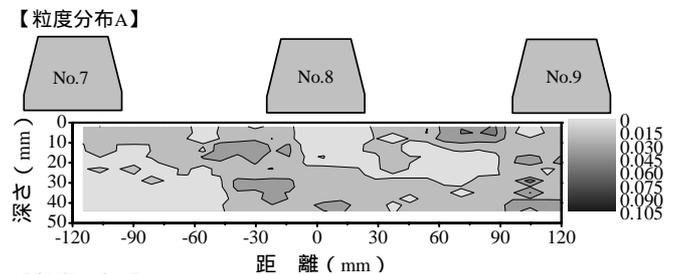


図9 せん断ひずみの分布

4. おわりに

今回の載荷試験により、粒状材料のわずかな粒度分布の違いが、強度や車輪走行による移動荷重下での沈下特性に影響を与えることがわかった。今後、砕石層の厚さや路盤剛性等の影響についての検討を進める予定である