

バラスト軌道の道床横抵抗力試験に関する寸法効果

横浜国立大学大学院 学生会員 ○富田ひかる
元横浜国立大学院 Phan The Anh
横浜国立大学大学院 正会員 早野公敏

1. はじめに バラスト軌道の水平安定性確保に重要な道床横抵抗力は現場や室内の試験により評価される。室内で試験を実施する際には、実物大の模型寸法が望ましいが、寸法を 1/3 や 1/5 に縮小した模型でしばしば行われている²⁾³⁾。一方で粒径を縮小したバラストを用いた実験結果と実物大の関係について未解明な部分があり、特に道床横抵抗力に模型寸法が及ぼす影響については調べられていない。そこで本研究では道床横抵抗力試験における寸法効果について調べた。

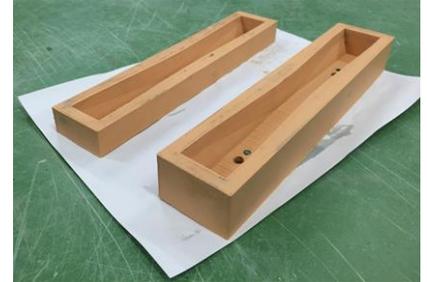


図 1: 3D プリンタで作製したまくらぎの型枠

2. 模型作製 本研究では、3D プリンタを用いて 3H と 4T まくらぎの 1/10 スケール模型の型枠を作製した(図 1)。材料は ABS 樹脂である。ここにモルタルを流し込み、硬化して脱型し模型まくらぎを作製した(図 2)。

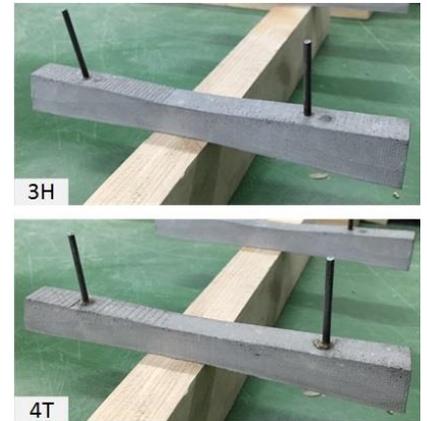


図 2: 1/10 スケールのまくらぎ

3. 実験方法 作製したまくらぎを用いて実物の 1/10 スケールの模型実験を行った。図 3 に道床模型の概要を示す。バラストには、図 4 に示す 1/10 スケールの粒度となるように調整した碎石を用い、道床密度 1.60g/cm³ となるように締固めた。水平載荷は各まくらぎ単体について実施した。実験は、それぞれのまくらぎに対して 2 回ずつ行った。

4. 実験結果 図 5 に水平荷重と水平変位の関係を示す。それぞれのまくらぎについて、2 回の試験結果のばらつきは少なかった。また、質量の大きい 3H まくらぎの方がより大きな抵抗力を示した。図 6 は、道床横抵抗力 $LR_{1/10}$ と模型寸法の関係を示した。1/10 スケールの実験結果 $LR_{1/10}$ と、既往の研究で得られた 1/1, 1/3, 1/5 スケール(粒度は図 4 参照)の試験結果 $LR_{1/1}$, $LR_{1/3}$, $LR_{1/5}$ を示してある。なお道床横抵抗力は実験結果の最大値をプロットした。スケール 1/n の道床横抵抗力 $LR_{1/n}$ は実物大実験で得られた $LR_{1/1}$ の $(1/n)^3$ 倍になると考え³⁾、 $(1/n)^3$ 則で推定される道床横抵抗力を図 6 中に実線で示した。道床横抵抗力が $(1/n)^3$ に比例するとした理由は以下の通りである。道床横抵抗力は底面、側面の抵抗力および端面の抵抗力からなる。底面の摩擦力は、まくらぎとバラストとの間の摩擦係数に重量をかけて求められる。側面の摩擦力は摩擦係数に側面積と静止土圧合力をかけて、端面の抵抗力は受

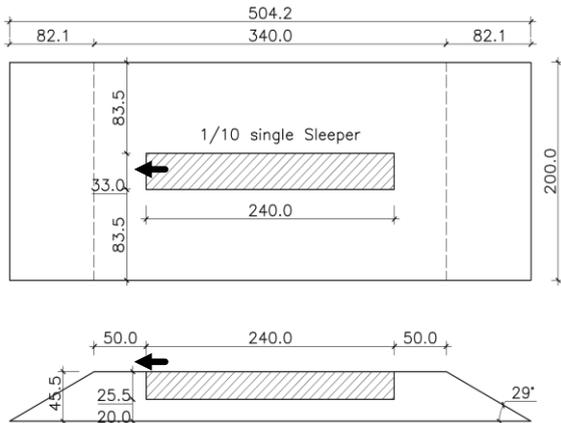


図 3: 1/10 スケールの道床模型 (単位: mm)

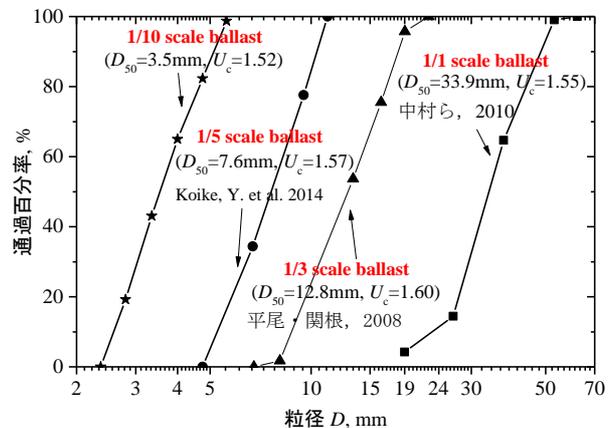


図 4: 1/10, 1/5, 1/3, 1/1 スケールの粒度分布

キーワード 道床横抵抗力 バラスト軌道 寸法効果

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 土木工学棟

働土圧合力に端面積をかけて得られる。仮に摩擦係数が模型寸法で変わらないとすると、どの力もスケールの3乗で変化すると考えられる。詳しくは文献3)を参照されたい。しかしながら図6では、模型スケールが小さいほど、実験で得られた道床横抵抗力が $(1/n)^3$ 則で推定した値よりも大きくなった。図7では、実物大の道床横抵抗力 $LR_{1/1}$ で正規化した道床横抵抗力と模型寸法の関係を示した。 $(1/n)^3$ 則で推定した値との違いは、1/5スケールでは2~3割程度だが、1/10スケールでは7割以上の過大評価となっている。

5. 摩擦係数 直方体形状をした模型まくらぎを実物大の1/5, 1/7, 1/10スケールで準備した。そして、それぞれのまくらぎを1/5, 1/7, 1/10スケールのバラストで作製した道床上に設置し、水平荷重を行って各まくらぎ底面の摩擦係数を計測した。その結果を、図8に摩擦係数とまくらぎスケールとの関係として示す。図から、まくらぎの寸法が小さいほど摩擦係数が大きくなること分かる。このことにより実験結果と $(1/n)^3$ 則との差が生じたと考えられる。

6. まとめ 1/10スケールの模型を用いた道床横抵抗力試験により、模型寸法の道床横抵抗力への影響を検討した。実験から、模型スケールが小さくなるほど、実験値と $(1/n)^3$ 則による推定値との差が大きくなること分かった。この理由として摩擦係数の影響が考えられる。まくらぎが小さくなるほど、まくらぎとバラスト間の摩擦係数は大きくなった。

【参考文献】 1) 中村貴久, 関根悦夫, 白江雄介: 大型振動台試験によるバラスト軌道の耐震性能評価, 鉄道総研報告24(12), 23-28, 2010. 2) 平尾博樹, 関根悦夫: 模型バラスト起動の振動台試験 その2 道床抵抗力, 土木学会第63回年次学術講演会, 2008. 3) Koike Y., et al., 2014. Numerical Method for Evaluating the Lateral Resistance of Sleepers in Ballasted Tracks, Soils and Foundations, Soils and Foundations 2014;54(3):502-514

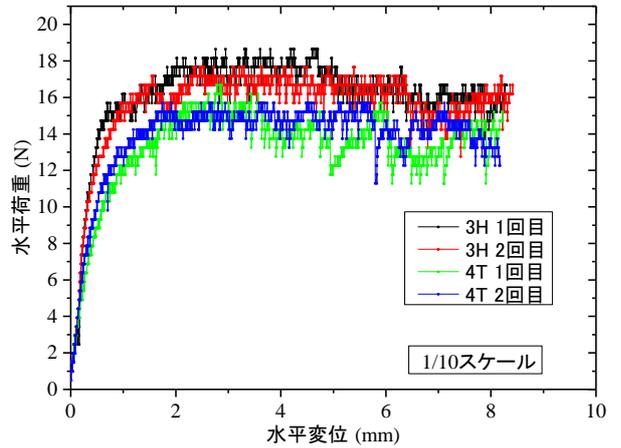


図5: 水平荷重—水平変位関係

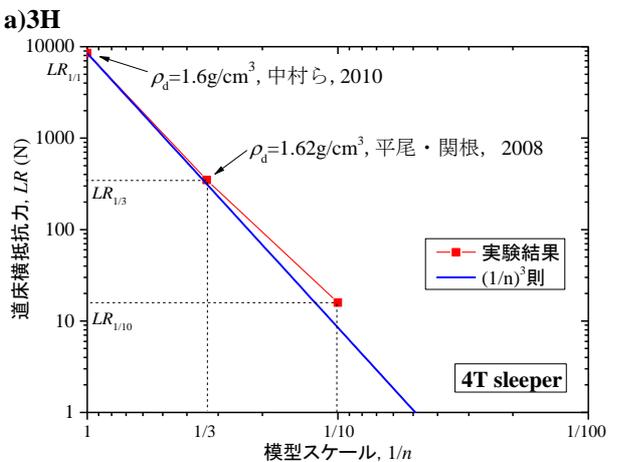
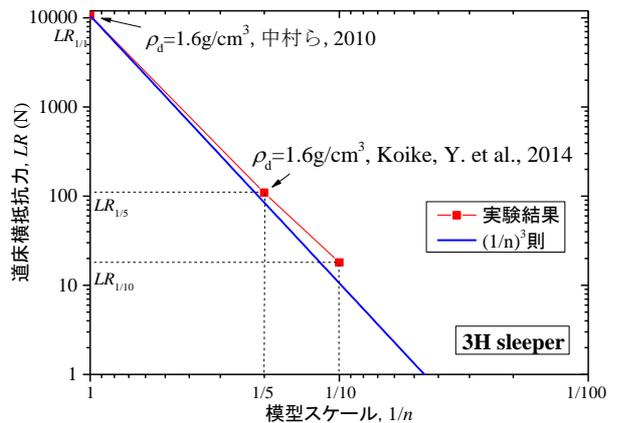


図6: 道床横抵抗力と模型寸法の関係

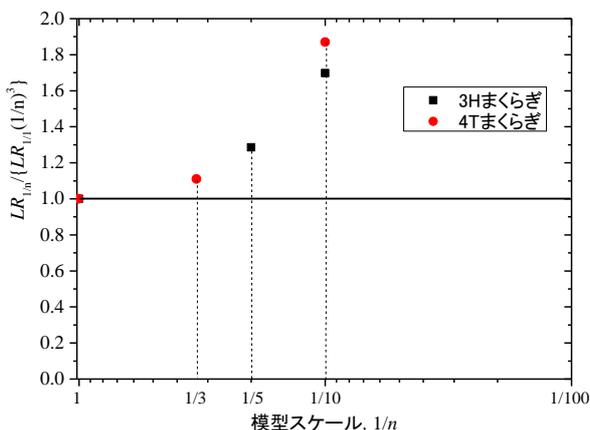


図7: 正規化した道床横抵抗力と模型寸法の関係

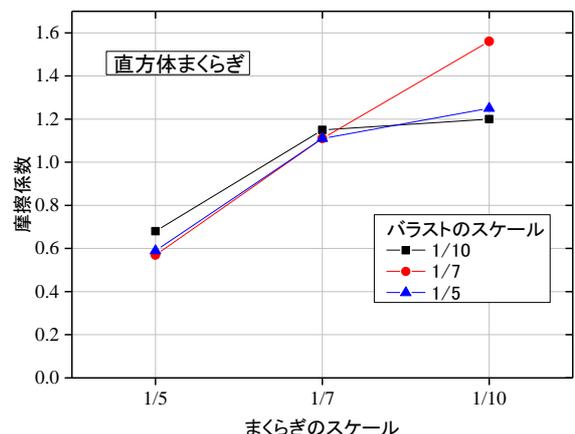


図8: 摩擦係数と模型寸法の関係