

バラスト軌道の道床横抵抗力に関する模型試験

鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫 中村貴久
東海旅客鉄道 正会員 平尾博樹

1. はじめに

土木構造物では、常時に加え耐震性を照査する設計法が採用されているが、軌道構造については、地震時を考慮した設計法は整備されていない。しかし、バラスト軌道においては、地震により構造物に特段の変状が見られなくとも、座屈現象や著大軌道変位が発生している事例が報告されている¹⁾。このため、地震時の列車走行安全性や地震後の復旧を考慮すると、バラスト軌道の地震動に対する性能を評価する必要がある。そこで、地震時におけるバラスト軌道の道床抵抗力解明の一環として、道床横抵抗力に関する基本的検討を行うために模型軌道を用いた道床横抵抗力試験を実施した。

2. 試験概要

模型軌道 試験には図1に示す標準軌を想定した1/5模型軌道を用いた。模型軌道は、模型まくらぎ1本と模型道床バラストから構成され、模型道床バラストには図2に示す1/5相似粒度の碎石を用い、密度は、同じ石質の実物道床バラストの単位容積質量1.62t/m³とした。模型まくらぎは、材質がアルミニウムで、形状は4Tまくらぎと同じとし、まくらぎ内部には4つのロードセルが設置してあり、底面のせん断力および端面の圧縮力を測定できる。なお、まくらぎの表面には、コンクリートまくらぎと同等の摩擦抵抗(摩擦係数0.6)を有するように、サンドペーパーを貼付した。模型軌道は、基本的な道床形状(道床肩幅100mm)のほか、道床肩幅50mm、200mmの2種の軌道、基本的な道床形状でまくらぎ表面にPETフィルムを貼付し摩擦抵抗を小さくした(摩擦係数0.2)軌道、を作成した。なお、道床肩幅100mmは、実物大軌道では500mmに相当する。

載荷試験 試験は、まくらぎ長手方向に、0.89mm/minの速度で水平載荷を行うものである。載荷速度は、過去の試験での載荷速度^{2),3)}と模型軌道の縮尺により設定したものである。載荷時には載荷荷重、まくらぎ水平変位、まくらぎ底面のせん断力および端面の圧縮力を測定した。また、載荷中に、載荷時のバラストの挙動を把握するための画像解析用として、道床肩部付近を上方から写真撮影した。

3. 試験結果

図3に道床肩幅100mmの場合のまくらぎ各面に作用する荷重と水平変位との関係を示す。ここで、図中の端面および底面とは、まくらぎに設置してあるロードセルで測定した荷重のことであり、側面は、載荷荷重から端面および底面荷重を減じて求めたものである。載荷荷重は水平変位の増加とともに大きくなり、水平変位0.2~0.3mm程度で降伏点を迎え、水平変位2mm程度で最大荷重となる。図4は載荷荷重に対するまくらぎ各面の負担率を示したものである。同図より、載荷直後は底面および側面の負担率が端面に比べ大きく、変位の増加とともに底面と側面の負担率は低下し、端面の負担率が大きくなるのがわかる。従って、道床横抵抗力は、水平変位が小さい範囲では底面および側面の摩擦力が主体となり、変位が進行するとともにまくらぎ端部の抵抗力に主体が推移していくと考えられる。また、実際の軌道での道床横抵抗力は、一般に水平変位2mm時の載荷荷重としているため、模型スケールを考慮して、実物大軌道の2mmに相当す

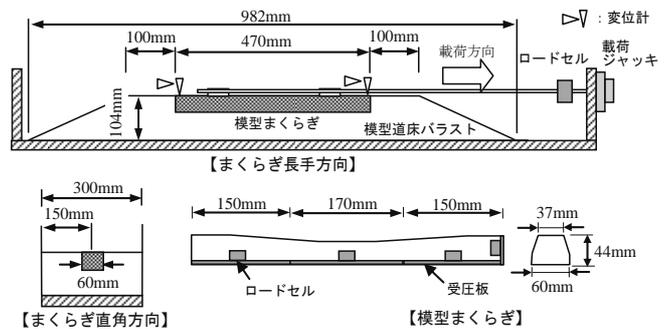


図1 模型軌道の概略

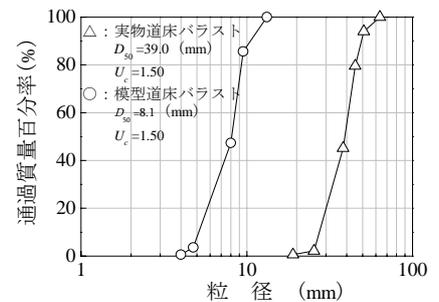


図2 模型道床バラストの粒度分布

キーワード :バラスト軌道, 模型試験, 道床横抵抗力

連絡先 :〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7413

る水平変位 0.4mm の時の荷重分担率は、底面、側面、端面は、それぞれの 43, 32, 25% となり、最大荷重以降の水平変位では、底面、側面、端面の荷重分担率はそれぞれ 30% 程度となる。

図 5 にまくらぎ表面の摩擦抵抗を変化させた場合の水平変位と荷重との関係を示す。サンドペーパーに比べ、PET フィルムの載荷荷重は 50% 程度となっており、まくらぎ表面の摩擦係数の影響が見られる。ただし、端面については、両者に大きな違いは見られず、摩擦係数の影響は少ない。

図 6 に道床肩幅 50mm, 100mm, 200mm の 3 種類についての水平変位と荷重との関係を示す。同図より、水平変位 1mm 以下では各道床肩幅とも載荷荷重、端面の荷重に差は少ないものの、水平変位が 1mm を超えると道床肩幅が大きいほど載荷荷重、端面の荷重が増加することがわかる。これは、図 4 から得られたように、水平変位の進行とともに道床横抵抗力の主体が端部の抵抗力に推移していくことを裏付けるものである。

図 7 に基本的な道床形状の試験において、画像解析から得られた水平変位 0~2mm 間の道床バラスト表面の変位状況を示す。なお、画像解析は連続撮影したデジタル画像から粒子画像流速測定法 (PIV: Particle Image Velocimetry) ⁴⁾ により行った。同図より、まくらぎ側面近傍、まくらぎ端部中央近傍のバラスト粒子はまくらぎの変位とともに進行方向へ、まくらぎ側面から離れたバラスト粒子、まくらぎ端部角近傍のバラスト粒子は斜め前方に変位することがわかる。

図 8 に図 7 のバラスト粒子の変位より算出したせん断ひずみの分布を示す。同図から、まくらぎ側面近傍およびまくらぎ端部角から 45 度方向にせん断ひずみが発達していることがわかる。

4. おわりに

今回の試験により、道床横抵抗力の基本的特性を把握できた。今後、実物大の道床横抵抗力試験²⁾や振動台試験^{3), 5)}の結果を踏まえ、変形解析等を進め、地震時におけるバラスト軌道の道床横抵抗力を定量的に評価できる手法を確立したい。

【参考文献】

- 1) 三浦重, 切敷啓介: 地震による列車および軌道の被害に関する文献調査, 鉄道技術研究所速報, No.82-45, 1982.3
- 2) 平尾博樹 関根悦夫 村本勝己: 有道床軌道における座屈防止対策の効果確認試験, 土木学会第 62 回年次学術講演会, 第IV部門, 2007.9
- 3) 平尾博樹, 関根悦夫: 模型バラスト軌道の振動台試験 その 2 道床抵抗力, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 第IV部門, 2008.9
- 4) 岡安崇史, 上野正実, 橋口公一, Khojastehpour, M., 尾崎伸吾, 武田敏, 深見公一郎: PIV に基づく土の変位計測システム開発とその評価, 農業機械学会九州支部誌 No51, pp.45-50, 2002.8
- 5) 飯島正敏, 田村幸彦, 中村貴久, 関根悦夫, 白江雄介: 実物大バラスト軌道の大型振動台試験その 2, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 第IV部門, 2010.9 (投稿中)

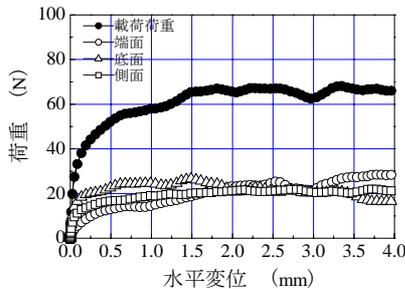


図 3 水平変位と荷重

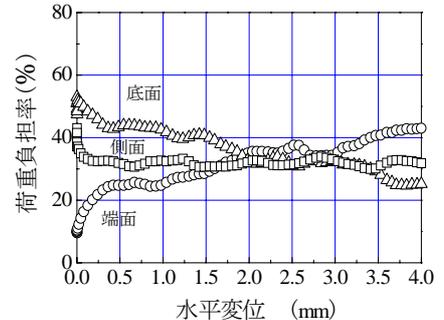


図 4 水平変位と荷重負担率

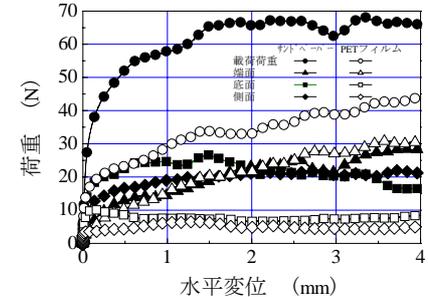


図 5 水平変位と載荷荷重 (摩擦抵抗の違い)

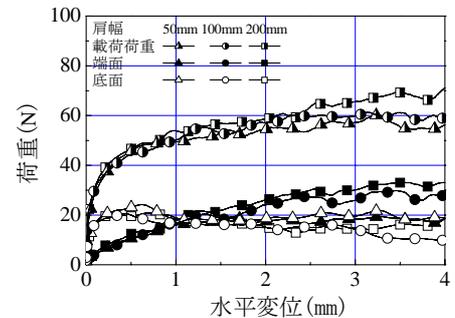


図 6 水平変位と載荷荷重 (道床肩幅の違い)

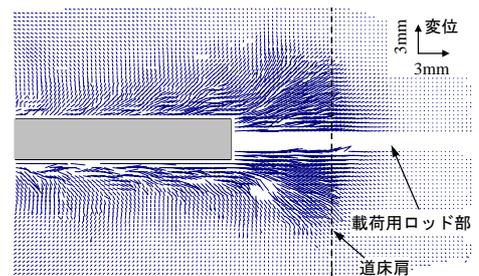


図 7 バラスト粒子の移動状況

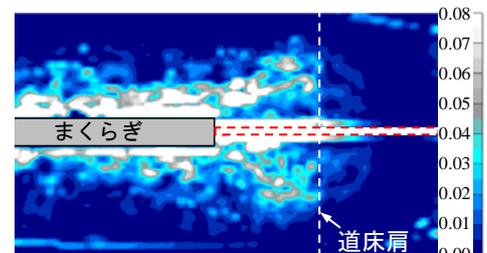


図 8 せん断ひずみの分布