

道床バラスト粒子間の摩擦抵抗力に関する振動台実験

東海旅客鉄道 ○ 正会員 長戸 博
 正会員 永沼泰州
 正会員 川崎祐征

1.はじめに

軌道沈下の主因である道床部の変形は、まくらぎ下面圧力と道床振動加速度を考慮した推定式で求められる。道床振動加速度は、道床バラスト粒子間の摩擦抵抗力の減少および道床部の動的変形量の増大により、道床部の変形量が増加することを示している¹⁾。道床部変形特性に関する残された課題の一つとして、振動加速度の周波数の影響を明らかにすることがあり、これまでに重畳波荷重による実物大軌道の繰返し載荷試験によって、高周波成分の影響が検討されている²⁾。本研究は、軌道への繰返し載荷ではなく、振動場における道床バラストの摩擦抵抗力の変化を調べる試験を行い、道床バラスト粒子間の摩擦抵抗力が振動周波数の影響を受けることを明らかにした。

2.実験装置

粉体工学では、乾燥粉体に与える振動がある強度に達すると、内部摩擦力が消失し、見掛け上粘性流体の力学的性質をもつようになり、この振動粉体層中に振動粉体層のかさ密度より大きな密度の物体を入れると沈降することが知られている³⁾。この性質が粒状体である道床バラストにも適用されると考え、図1に示す実験装置を用いて振動場での道床バラスト粒子間の摩擦抵抗力の変化を調べた。装置は、道床バラスト（約37kg）を入れた箱を振動台に固定し、道床バラスト表面の中央に道床内部へ沈降させる鋼製の円錐形治具を設置した。鋼製治具には一定箇所を沈下するようにガイドを設け、この沈下量は上面に設置した標的板の移動をレーザー変位計で計測した。

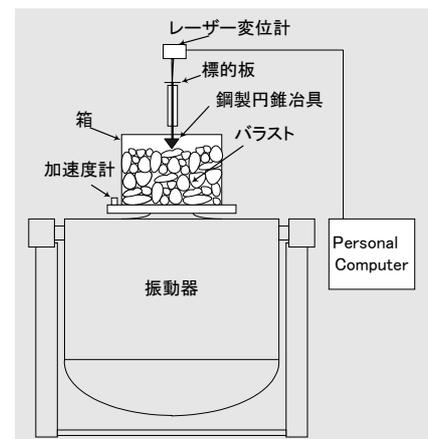


図1 実験装置の概略

表1 実験条件

ケース	加振条件	遠心効果(Z)	バラストの種類
1-1	スポット	0.5	新品
1-2	スポット	1.0	新品
1-3	スポット	1.5	新品
1-4	スポット	1.5	磨耗
1-5	スポット	1.5	発生
2-1	スイープ	1.5	新品
2-2	スイープ	1.5	磨耗
2-3	スイープ	1.5	発生

3.実験条件

実験条件を表1に示す。加振条件は、オクターブバンド周波数(8-250Hz)毎に2分間の加振を行うスポット加振および10Hzから100Hzまでを900秒(0.1Hz/s)で掃引するスイープ加振とした。振動強度は、遠心力の大きさと重力との比で表した遠心効果 Z ($Z=r\omega^2/g$; r :振動振幅, ω :角振動数, g :重力加速度)で表すこととし、スポット加振では、 $Z=0.5, 1.0, 1.5$ と振動強度の異なる条件を設定し、スイープ加振では、 $Z=1.5$ の一定強度とした。使用したバラストは、新品バラスト、この新品バラストを強制的に磨耗させた磨耗バラスト(磨損率12.1%)および発生バラスト(敷設年数13年)である。なお、各ケースは同じ条件で3回の試験を行った。

4.実験結果

図2～3には、スポット加振による加振周波数と最大沈下量の平均値の関係を示す。図2より、 $Z=1.0$ 以上になると沈下現象が現れることがわかる。遠心効果の影響は、低周波加振では大きい、高周波加振になるほど遠心効果の影響が小さくなっている。図3より、遠心効果が一定であってもバラストの種類が異なると沈下傾向が異なる。キーワード 道床バラスト、摩擦抵抗力、振動台

連絡先 〒454-0815 名古屋市中川区長良町1-1 TEL 052-363-7924 FAX 052-369-1501

とがわかる。磨耗および発生バラストは、新品バラストに比べて低周波加振で沈下量が大きく、発生バラストは 8Hz、磨耗バラストは 63Hz で最大沈下量を示した。次に図 4 の(a)~(c)には、スイープ加振における各バラストの種類毎の沈下曲線をスムージングしたものを示す。沈下曲線の沈下量は異なるものの、加振周波数に対してほぼ同じような沈下傾向を示している。図 4 の(d)~(f)には、スムージングした沈下曲線を微分した沈下速度曲線と、これらを平均した平均曲線を合わせて示す。平均曲線で見ると、新品バラストは 20Hz 付近および 40Hz 付近で沈下速度が大きくなっている。発生バラストは、新品バラストと同様に 20Hz および 40Hz 付近で沈下速度が大きくなっているが、新品バラストには存在しない加振直後の 10Hz 付近でも沈下速度が大きくなっている。一方、磨耗バラストは、加振直後の 10Hz 付近、新品および発生バラストにも存在する 20Hz 付近でピークを示しているが、40Hz 付近では明確なピークを示さず沈下と隆起を繰り返している。また、スポット加振で最大沈下量となった 63Hz 付近にもピークが存在している。以上より、道床バラストに与える振動がある強度以上になると粒子間の摩擦抵抗力が減少し、道床バラストの流動性が高くなることがわかった。また、この摩擦抵抗力は、振動強度が一定であってもバラストの性質および振動加速度の周波数によって変化することがわかった。

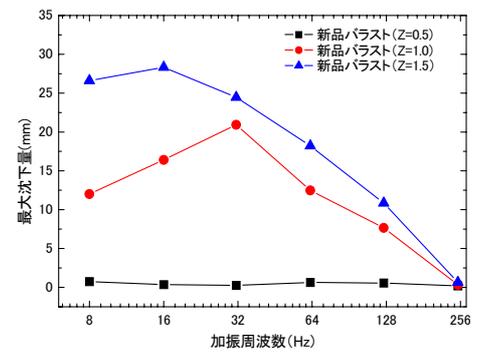


図 2 振動強度と沈下量の関係

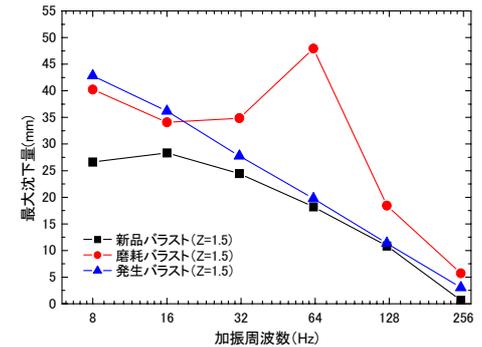


図 3 バラストの種類と沈下量の関係

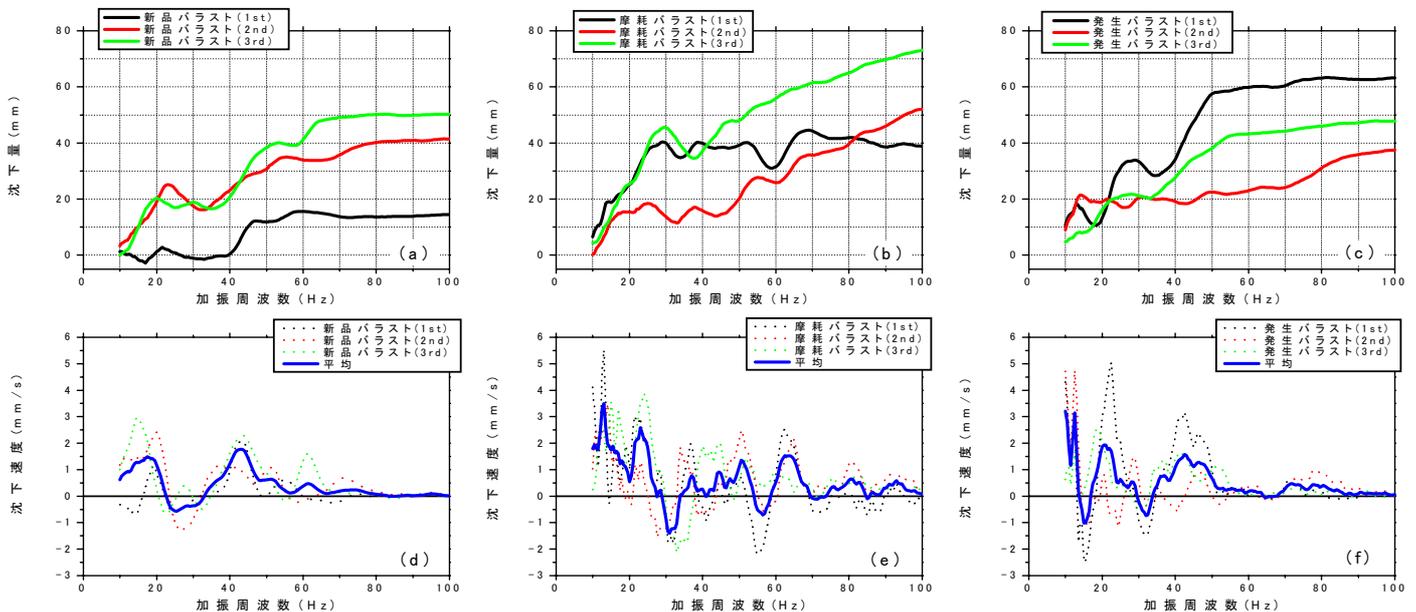


図 4 スイープ試験結果 (Z=1.5)

5. おわりに

今回の振動台実験によって、道床バラスト粒子間の摩擦抵抗力が振動強度、バラストの性質および振動加速度の周波数によって変化することがわかった。今後は、振動台実験を各種条件で行い、道床バラスト粒子間の摩擦抵抗特性を定量的に把握し、実軌道における道床部変形特性の振動周波数の影響を明らかにしたい。

(参考文献) 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説[有道床](案)，1997.3 2) 名村明：荷重振幅、振動数に着目した有道床軌道の繰返し載荷試験，鉄道総研月例発表会講演要旨，2001.7 3) 粉体工学会編：粉体工学便覧第 2 版，1998