

バラスト道床状態の音特性による評価方法に関する基礎的検討

騒音計, 粒度分布, 鉄道

鉄道総合技術研究所 正会員 ○中村貴久 吉川秀平

鉄道総合技術研究所 正会員 福中力也 木次谷一平

1. はじめに

鉄道のバラスト軌道は、経年によりバラストが細粒化すると、細粒分の含有率が高くなり、排水性が低下することで降雨時に飽和度が上昇し、強度が低下することが考えられる。また、細粒分が増加することで、まくらぎ下に滞水して噴泥が生じると、沈下進みが增大することから、そのような状態になると新品バラストに交換することが保守量低減の抜本的な対策となる。現状では、バラスト道床の道床状態を定量的に評価する手法がないことから、目視により道床状態を確認し、軌道補修の頻度等を考慮して道床の交換が行われている。そこで、道床状態を定量的に評価するため、バラストの音特性を用いた評価手法の開発を進めている。本研究では、基礎的な研究として円形モールドを用いた要素試験および実物大模型試験を実施し、バラストの粒度分布を変えた場合にバラストの音特性を騒音計により測定し、本評価方法の妥当性を検討した。

2. バラストの音特性を用いた道床状態評価方法

経年によりバラストの細粒分が増加すると、バラスト内の空隙に細粒分が混入し、空隙率が低下することが考えられる。そこで、空隙の変化を騒音計による音圧レベルで評価する方法を検討した。本方法は、道床の表層と内部にマイクを埋設して、ホワイトノイズを道床上から流し、騒音計でマイクの音圧を測定する。細粒分が増加すると空隙が減少することで道床の表層と内部の音の伝達および音圧レベルが低下し、道床状態を評価することができると考えられる。

3. 要素試験による検討

直径 300mm の円形モールドを用いて、劣化したバラストを模擬した細粒土混入バラストに対して騒音計を用いた音特性の検討を実施した。細粒土混入バラストは、細粒分含有率（以下、Fc）が 4%、8%、12% の 3 種類となるように、バラスト、クラッシュランおよびカオリン粘土を表 1 に示す割合で混ぜ合わせて作製した。図 1 に作製したバラストの粒度分布を示す。円形モールドに細粒土混入バラストを投入し、締め固め度が 90% となるように締め固めて供試体を作製した。各バラストは炉乾燥して供試体作製時の含水比は 0% とした。

表 1 細粒土混入バラストの配合割合

細粒土 混入 バラスト	配合割合		
	バラスト	クラッシュラン	カオリン 粘土
Fc=4%	0.44	0.52	0.04
Fc=8%	0.39	0.52	0.09
Fc=12%	0.32	0.55	0.13

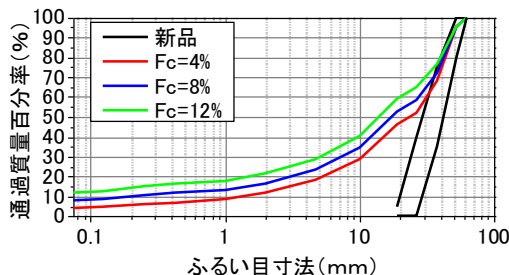


図 1 試験に用いた道床の粒度分布

図 1 に作製したバラストの粒度分布を示す。円形モールドに細粒土混入バラストを投入し、締め固め度が 90% となるように締め固めて供試体を作製した。各バラストは炉乾燥して供試体作製時の含水比は 0% とした。

測定試験は、道床表面および道床表面から深さ 200mm の道床内部に計 2 個

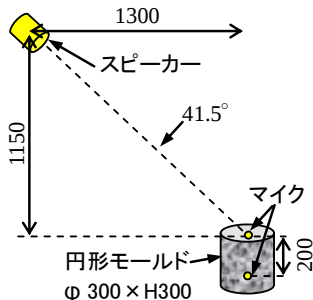


図 2 測定試験の条件 (要素試験)

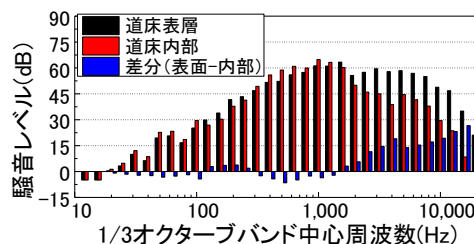


図 3 周波数と騒音レベルの関係 (Fc=4%)

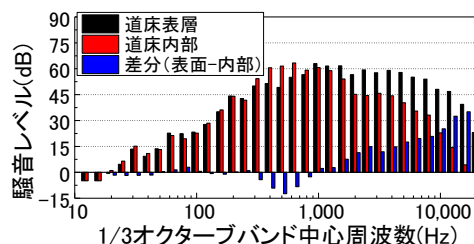


図 4 周波数と騒音レベルの関係 (Fc=8%)

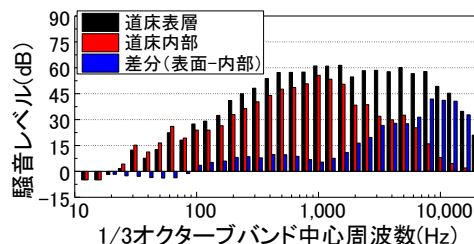


図 5 周波数と騒音レベルの関係 (Fc=12%)

Basic study on evaluation method of ballast condition using sound characteristics

T. Nakamura, S.Kikkawa, R.Fukunaka & I.Kijiyu (Railway Technical Research Institute)

のマイクを埋設して、図2の位置関係でホワイトノイズを道床表面から流し、道床表面の騒音レベルがオールパスで70dBの同一条件となるように設定した。騒音計で測定した音をJIS C 1514:2002に則り、1/3オクターブバンド分析器を用いて、バンドパスフィルタにより帯域毎の音圧レベルを算出した。

図3～図5に、 F_c ごとの1/3オクターブバンド中心周波数と騒音レベルの関係を示す。 $F_c=4\%$ および $F_c=8\%$ では1.0kHz～2.0kHz、 $F_c=12\%$ では100Hz程度より高い周波数領域で、道床表面と道床内部の騒音レベルの差が顕著に高くなったことから、 F_c が増加することにより、高い周波数領域の音が伝達されにくくなると考えられる。

4. 実物大模型試験による検討

前項の要素試験により一定の効果が確認できたことから、バラスト軌道の実物大模型を用いた測定試験を実施した。試験ケースは、前項と同じバラストの F_c が4%、8%、12%の3ケースである。軌道模型は、各バラストを土路盤上に投入して、締め固め度95%および道床厚200mmとなるように締め固め、その上にまくらぎ1本およびまくらぎを設置して構築した。図6に試験条件を示す。また、湿潤状態の影響を検討するため、バラストの含水比が十分に高くなるように軌道上より散水した。散水後のバラストの含水比は、 $F_c=4\%$ が3.9%、 $F_c=8\%$ が4.6%、 $F_c=12\%$ が5.4%であった。本評価方法による測定方法は、前項と同じであり、測定位置はまくらぎ端部から200mm離れた道床肩部である。図7に測定状況を示す。

図8から図10に1/3オクターブバンド中心周波数と騒音レベルの関係を示す。3種類の F_c とも1.0kHz～2.0kHzより高い周波数領域で、道床表面と道床内部の騒音レベルの差が顕著に高くなった。

騒音レベルの差が増加しはじめる1/3オクターブバンド中心周波数の1.25kHz～2.5kHzで各騒音レベルの平均の差分(以下、平均騒音レベル差)を用いて、細粒分含有率 F_c と平均騒音レベル差の関係を検討した。図11に、要素試験および実物大模型試験の F_c と平均騒音レベル差の関係を示す。要素試験の平均騒音レベル差の方が、全体的に大きいものの、両者とも F_c の増加とともに平均騒音レベル差が増加する傾向を示していることがわかる。両者の平均騒音レベル差の違いは、要素試験が上面のみ開放されているのに対して、実物大模型試験では実際の軌道に近い環境条件であり、マイク周辺が開放されていることから、道床内部の音の伝達範囲が広く、道床表面との騒音レベルの差が

小さくなったためと考えられる。また、道床の含水条件が異なることも大きく影響していると考えられる。

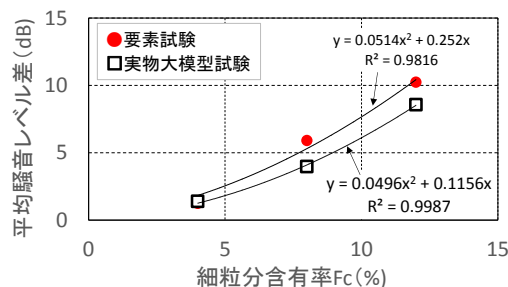


図11 平均騒音レベル差と F_c の関係

5. おわりに

本検討により、道床状態を音特性により評価できる可能性があることがわかった。今後は、本評価方法を実際の軌道上で測定するにあたり、測定機器に汎用品を使用して測定方法の簡素化とともに実用化を目指す。

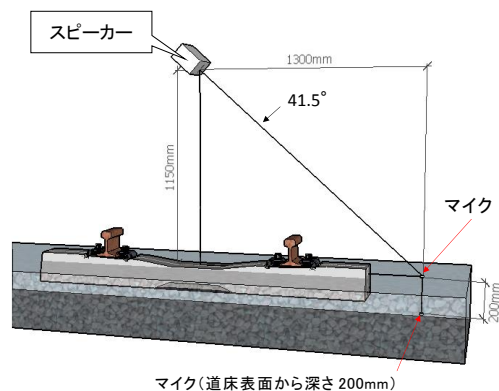


図6 実物大模型試験の条件

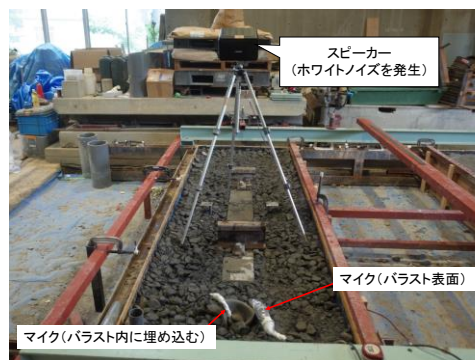


図7 測定試験の状況

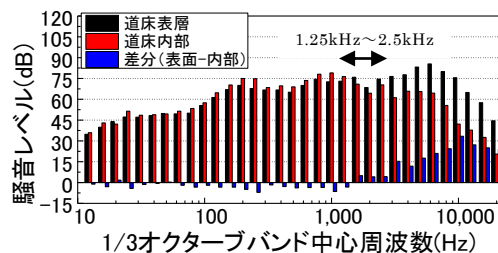


図8 周波数と騒音レベルの関係 ($F_c=4\%$)

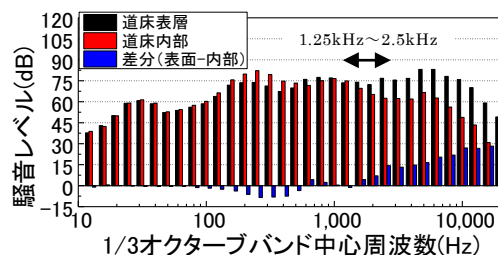


図9 周波数と騒音レベルの関係 ($F_c=8\%$)

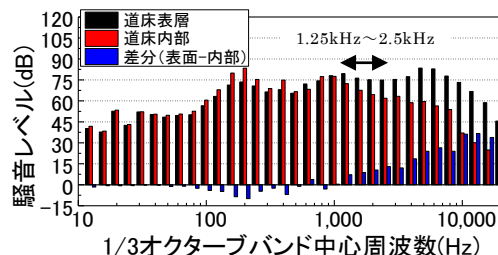


図10 周波数と騒音レベルの関係 ($F_c=12\%$)