

バラスト層内における衝撃荷重の減衰特性の把握

鉄道総合技術研究所	正会員	坂井 宏隆
鉄道総合技術研究所	正会員	浦川 文寛
鉄道総合技術研究所	正会員	相川 明

1. はじめに

バラスト軌道において、バラストの摩耗現象は軌道変位を発生させ、列車の乗り心地や走行安定性を低下させる要因の一つとなっている。また、列車走行時にはレールと車輪の間で衝撃荷重が発生し、バラスト層内に伝わる。しかし、バラストの摩耗がバラスト層内の衝撃波の伝播特性にどのような影響を与えるのかはまだ未解明な点が多い。本稿では試験ピット内にバラスト層を構築し、層の端部に設置したコンクリートブロックをインパルス加振することで、衝撃波がバラスト層内をどのように伝わるか（バラストの減衰効果）を調べた。

2. 試験概要

試験は幅 440 cm、奥行き 170 cm、高さ 50 cm のコンクリートピット内で行った (図 1)。インパルス加振時の衝撃波がピットとバラスト層の境界で反射するのを防止するため、ピットの内側には減衰マットを敷き詰めた。バラスト層は高さを 50 cm とし、20 cm の高さまで構築した段階でコンパクタを用いて転圧した。その後、3 軸加速度センサ (センシングストーン: 図 2) を 2 段の高さにわけて 10 cm おきに千鳥状に配置し、加振場所となるコンクリートブロックを設置後、バラスト層を 50 cm まで構築した。最後に再びコンパクタを用いて転圧を行った。

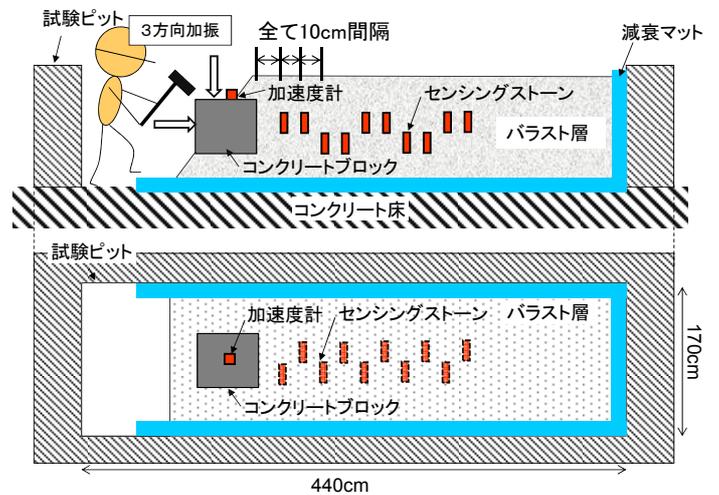


図1 試験概要図

用いたバラストは、通常のバラスト (健全バラストとよぶ) と、摩耗したバラスト (摩耗バラスト: 図 3) の 2 種類である。摩耗バラストはロサンゼルス試験機を用い、ドラムを 1000 回転させて強制的にバラストの角を摩耗させることで作成した。実験で摩耗バラストを用いる際は、センシングストーン周辺のバラストのみを摩耗バラストに置換した。また、実際は列車通過時に輪重が加わるとバラストが拘束されるが、それを上載荷重で模擬し、上載荷重の有無による衝撃荷重のバラスト層内部での伝播特性の違いを調べるため、バラスト層の上部にバラストを充填した袋 (合計 20 kN の荷重) を載せた場合でも実験を行った。試験ケースを表 1 に示す。



図2 センシングストーン

3. 試験結果

本稿では、加振方向と波の伝播方向が同一な場合で比較するため、図 1 上図の水平 (左右) 方向での加振試験の結果を示す。評価方法は、バラスト層内の各加速度センサの応答波形のフーリエスペクトルを、インパルスハンマの加振波形の応答スペクトルで除したイナータンス (単位: $m/(s^2 \cdot N)$) である。イナータンスを用いることで、試験ごとの加振力の違いを取り除いて評価することが可能である。



図3 摩耗バラスト

キーワード バラスト, 摩耗, 衝撃荷重, 減衰特性, スペクトル分析, イナータンス

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道力学研究室 TEL042-573-7291

3 (1). 加振波の伝播距離について

図 4に, Case 1における, コンクリートブロック端部から各センサまでの距離 (バラスト層厚に対応) でのイナータンスを示す. ここから, 全体的に距離が離れるほど応答値が減衰する傾向 (距離減衰) が見られ, なおかつ加振点からの距離が近いほど大きく減衰することがわかる. 一方, 今回の実験においては 40 cm 以降の距離では減衰量が小さくなることもわかった. そこで, 今後の比較では 10 cm ~ 30 cm までの加速度計のデータを用いて検証を行うことにした.

3 (2). 載荷荷重の影響について

図 5に, 健全バラストを用いた上載荷重のないケース (Case 1) と 20 kN の上載荷重をかけたケース (Case 2) を示す. ここから, 概ね 400 Hz 以下では 10 cm の距離では荷重をかけた方が応答が上がる傾向が見られるものの, 20 cm 以上では変化が見られない. また, 400 Hz 以上においては, 20 cm 以上の距離において荷重をかけた方が応答値が下がることが分かり, 30 cm では顕著である. これらの傾向は摩耗バラストを用いた場合でも同様である. これは, 荷重によってバラスト間の接触応力が高くなると, バラストが高周波数帯の減衰性能をより発揮できることを示すと考えられる.

3 (3). バラストの摩耗の影響について

図 6に, 上載荷重を 20 kN かけた時の, 健全バラストを用いたケース (Case 2) と摩耗バラストを用いたケース (Case 4) を示す. 図 6より, 全体的に摩耗バラストを用いた場合の方が応答値は上昇しているが, 概ね 300 Hz 以上においてその傾向が顕著であるといえる. これは, 高周波数帯の衝撃波がバラスト間の接触部によって減衰することを意味し, 接触部が尖っている方が減衰効果が高いことを示している.

4. おわりに

本稿では, バラストが持つ衝撃荷重の減衰特性を, 載荷荷重の違いおよびバラストの状態 (摩耗の有無) に着目して, 周波数領域での評価を行った. その結果, 衝撃波は加振点から距離が離れるほど減衰していき (距離減衰), 特に加振点からの距離が近い方が減衰量が大きいことがわかった. 一方, 今回の実験では概ね 40 cm 以上の距離において, 減衰量が小さくなることもわかった. 次に, 概ね 300 ~ 400 Hz 以下の低周波数帯では載荷荷重および摩耗の影響をそれほど受けないこと, とりわけ 30 cm の地点では 400 Hz 以上の高周波数帯で載荷荷重が大きいと衝撃波が減衰しやすくなることわかった. また, バラストが摩耗すると載荷荷重がかかっても衝撃波が減衰しにくくなり, 概ね 300 Hz 以上でその傾向が顕著なことがわかった. 今後は路盤剛性の違いがバラストの減衰特性に与える影響の評価や, 衝撃荷重の減衰性能を生かすための対策法の開発およびその評価方法について検討を進めたいと考えている.

表1 試験ケース

ケース	上載荷重	バラスト
Case 1	0 kN	健全
Case 2	20 kN	健全
Case 3	0 kN	摩耗
Case 4	20 kN	摩耗

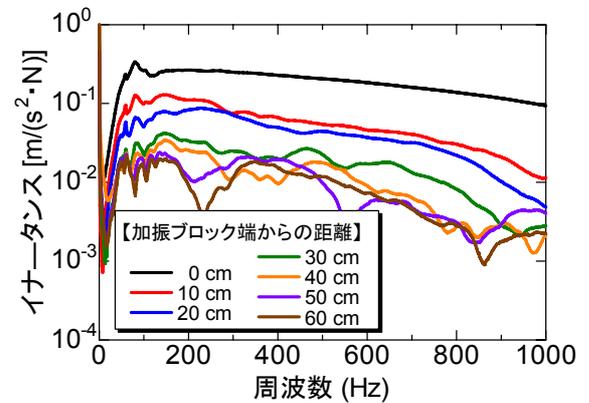


図4 バラスト層での衝撃波の減衰効果 (Case 1)

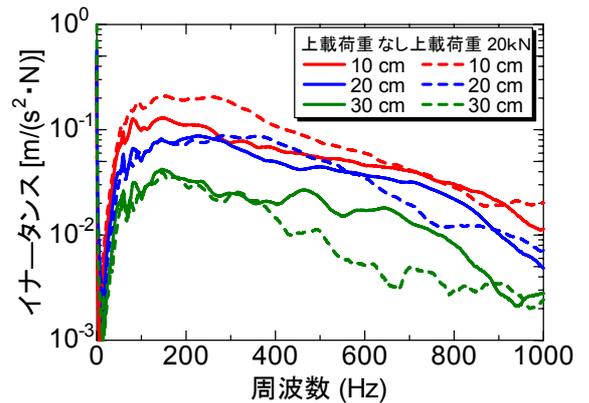


図5 上載荷重の有無による比較 (健全バラスト)

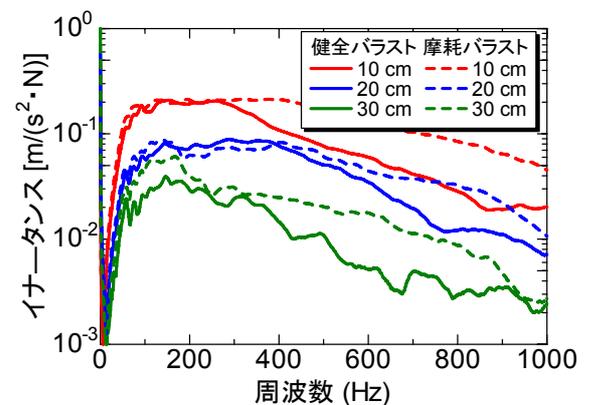


図6 摩耗の有無による比較 (上載荷重 20 kN)