

### 鉄まくらぎ内バラスト充填の良不良判定に関する基礎的研究

日鉄住金テックスエンジ(株) 正会員 ○ 辻 匡明  
 北海学園大学 正会員 上浦 正樹  
 日本貨物鉄道(株) 正会員 杉村 和也

#### 1. はじめに

鉄まくらぎはコの字型の開口部分を下向きにした中空構造である(図-1)。この鉄まくらぎは所定の位置にセットし中空内にバラストを突固めて充填する。これにより鉄まくらぎの荷重分散が他のまくらぎよりも大きいことが確認されている<sup>1)</sup>。この効果を果たす上では、中空内のバラストを充填の良不良が重要な要素であるが、中空内は外部から観察できないため充填の良不良を判断することはでき



図-1 鉄まくらぎの断面

ない。充填の不良な鉄まくらぎは、良好なものに比べまくらぎに支持力に不均一が生じ、繰り返し受ける車両荷重によって軌道沈下が大きくまくらぎ端部のバラストの移動する(図-2)。よって充填の不良な鉄まくらぎは軌道変位進みが発生しやすくなる。しかし、充填の良不良を推定する方法は確立されていない。そこで本研究では、鉄まくらぎ上面を打撃して発生するまくらぎの振動を加速度計で測定し、その加速度波形をFFT解析することで充填の良不良の判定を試みる。



図-2 バラストの移動

#### 2. 試験と解析の方法

鉄まくらぎの長手方向の中心線上でレール下部フランジ端から 20cm の位置をハンマーによる打撃点とし、このフランジ端と打撃点から等距離の位置に一軸加速度計(最大応答周波数 3kHz)を上下方向に設置した。試験で得られた加速度波形はFFT解析によって周波数分析を行い、縦軸をパワースペクトル密度、横軸を周波数として表示することとした。よってパワースペクトル密度と周波数で囲まれた部分の面積はエネルギーを表すことになる<sup>2)</sup>。

#### 2. 試験と解析の方法

鉄まくらぎ上に一軸加速度計(最大応答周波数 3kHz)を設置し 10cm 離れた点にハンマーで鉄まくらぎを打撃して得られた加速度波形はFFT解析によって周波数分析を行った。ここでパワースペクトル密度と周波数の関係で、このグラフで囲まれた部分の面積はエネルギーを表すことになる。

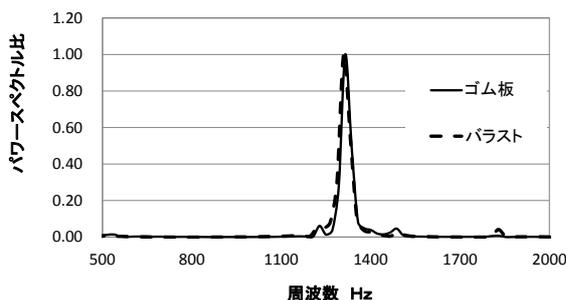


図-3 鉄まくらぎ本体の周波数特性

試験は以下の段階で行った。1) 鉄まくらぎ本体の振動特性を検討するためにゴム板とバラスト上に鉄まくらぎ片を設置し打撃による鉄まくらぎの周波数特性の比較。2) 室内試験で鉄まくらぎ片と実物大の室内、現場の鉄まくらぎとの比較。3) 充填率の違いによる比較。

#### 3. 結果

1) 空洞のままの長手方向で 30cm の鉄まくらぎ片を硬度 65°の天然ゴム板(70cm×70cm×12cm)と厚さ 30cm で締固めたバラスト(最大粒径 40mm)の各表面に設置にした。この試験では加速度が衝撃力に依存することから、パワースペクトル密度の最大値で正規化した(図-3)。これから天然ゴム板とバラストともほぼ同じ

キーワード 鉄まくらぎ, 締固め, 加速度, 周波数, パワースペクトル密度

連絡先 〒804-0002 福岡県北九州市戸畑区中原 2-2 新日鐵住金戸畑構内 TEL 093-873-7750

1300Hz 付近に卓越周波数があることがわかる。

2) 室内試験では長さ 2.3m×幅 0.7m の土槽に十分に締固めた厚さ 20cm の模擬道床を設置しその上に中空部にバラストを入れた実物大の鉄まくらぎ(充填率 100%) だけの打撃試験を行った(図-4)。また、比較のために現場の鉄まくらぎでまくらぎ端部のバラストの移動がほとんど見られない良好なもの(現場良好)を用いて同様の試験を行った(図-5)。加速度波形の FFT による周波数解析では衝撃荷重が異なることから充填率 100%の鉄まくらぎデータを基準としてスペクトルパワー密度と周波数で囲まれた部分の面積を同一とした。この結果から鉄まくらぎ片でみられた 1300Hz 付近の卓越周波数は充填率 100%と現場良好の実物大鉄まくらぎでも存在していた。また、鉄まくらぎ本体のみでは見られない特徴として周波数 1500Hz～2000Hz でそれぞれパワースペクトル成分が一定量存在している。これは中空内のバラストの影響が考えられる。一方、現場良好の鉄まくらぎだけに周波数 500Hz 付近でパワースペクトル成分が存在していた。これは鉄まくらぎを締結するレールとレール締結装置の影響によるものと考察される。

3) 鉄まくらぎの中空内にバラストがない状態(充填率 0%)と中空内にバラストで満たした状態(充填率 100%)に対し、鉄まくらぎの横断面で高さの半分までバラストで満たした状態(充填率 50%)の鉄まくらぎにおいて同様の打撃試験を行った。これらの試験結果に基づき FFT を用いた周波数解析を行った。各試験での衝撃荷重が異なることから充填率 100%の鉄まくらぎデータを基準にパワースペクトル密度と周波数で囲まれた部分の面積を同一としてパワースペクトル比を求めた(図-6)。

以上の結果から周波数が 1500Hz～2000Hz の範囲では中空内バラストの充填率の違いによってパワースペクトル比が異なっていた。そこで、この範囲のそれぞれに対し充填率 100%を基準にパワースペクトルと周波数で囲まれた面積(パワースペクトルエネルギー比とする)と充填率の関係性を求めた(図-7)。この結果から充填率 100%(締固め良好)の鉄まくらぎはそれ以下の充填率のものとは明らかに違いが認められる。よって本研究に方法によって現場の締固め良好な鉄まくらぎを判定できるものと考えられる。



図-4 鉄まくらぎの打撃試験

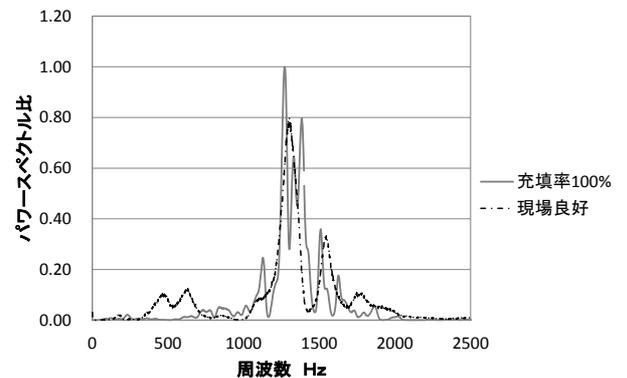


図-5 鉄まくらぎの周波数特性(1)

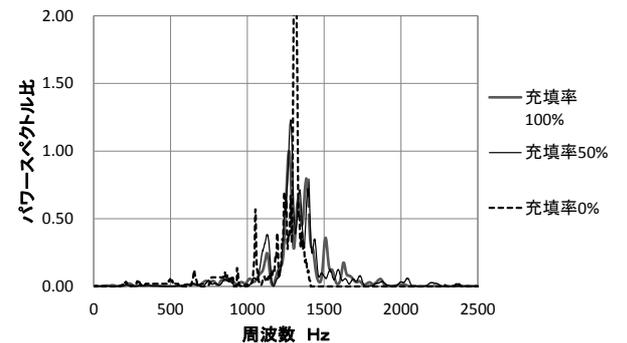


図-6 鉄まくらぎの周波数特性(2)

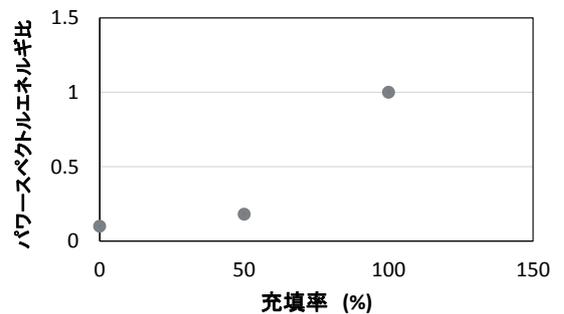


図-7 充填率とパワースペクトルエネルギー比

周波数・パワースペクトル密度の関係より得られた結果から、周波数 1500Hz～2000Hz の範囲でパワースペクトルのエネルギー比を求めた。この指標は鉄まくらぎ中空内のバラスト充填の良不良判定に有効であることが確認された。

参考文献 1) 上浦正樹, 坂田哲郎: 鉄まくらぎの荷重分散特性に関する研究, 鉄道工学シンポジウム論文集, vol.17, pp113-118, 2013 2) 長松昭夫: モード解析, コロナ社, pp188-200, 1999