

正弦波鉛直荷重に対する砕石道床横断面の動的挙動に関する研究

国立大分高専 正 員 相川 明
国立大分高専 学生員○ 井上 寛

1. はじめに

鉄道は現在でも人手による夜間の維持管理作業が必須であり、軌道の保守・維持管理の合理化が望まれる。本研究は、有道床軌道断面を、砕石集合体、レール、枕木からなる2次元の不連続体構造モデルで表現し、DDA解析により、上下方向の正弦波荷重を走行荷重として載荷し、従来は実験でも現場計測でも把握できなかった道床内部の動的な破壊特性を調べるものである。

2. 解析モデル

解析モデルを図-1に示す。これは、砕石現物の個々の形状を実測し、DDA解析を用いて砕石を自由落下させ、さらに締め固めて作成したものである。上面のレール位置2点より、8Hzの正弦波荷重(最大60kN)を鉛直下方に2秒間加えて、枕木下のブロック6・8と、道床の側方部のブロック12の3点について、鉛直変位、水平変位、回転角、ブロック周囲の面積変化率の時刻歴応答を調べた。また、パワースペクトルによる比較・検討を行った。

3. 解析結果と考察

(1) 水平変位について

ブロックの水平変位に関する時刻歴応答を図-2に、そのパワースペクトルを図-3に示す。ブロック6では、初めの1秒間変動が小さく、値もほぼ一定を保っているが、その後から左方向への移動がみられる。最終的には、0.003mm左へ移動した。ブロック8では、1秒間付近で値の変動が0.004mmで緩やかになりその後また右方向へ移動し最終的に0.006mm程移動した。ブロック12では、直線的な傾きで最終的に0.014mmまで右へ移動した。パワースペクトル応答についてみると、変位応答のように道床中心部から離れているブロック程各周波数において大きな値を示している。以上のことから、中心部に近づくほど変位量、パワースペクトルが小さいことがわかる。枕木による拘束の有無により、このような差異が生じたものと考えられる。

(2) 鉛直変位について

ブロックの鉛直変位に関する時刻歴応答を図-4に、そのパワースペクトルを図-5に示す。ブロック6では、激しい振幅がみられ徐々に沈下しており、0.002mm程度沈下した。ブロック8では、激しい振幅がみられるが、値は

一定を保ち沈下傾向が見られない。ブロック12では、1秒間に8回ずつの波がみられ0.01mm沈下した。パワースペクトル応答についてみると、変位応答で1秒間に8回の波がみられるように、ブロック12が8Hzにおいて、大きな反応を示している。枕木下にあるブロック6とブロック8は、枕木による拘束と繰り返し荷重の影響から小刻みに値が変化しブロック12は、拘束がなく、荷重の影響が大きく表われていることがわかる。

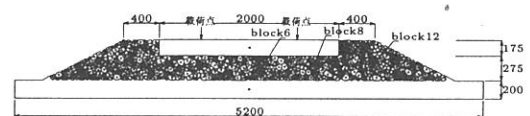


図-1 解析モデルと計測点ブロック

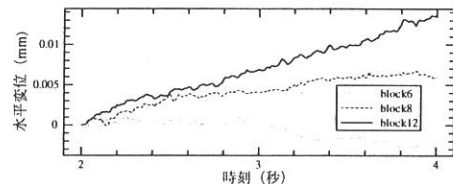


図-2 ブロックの水平変位の時刻歴応答

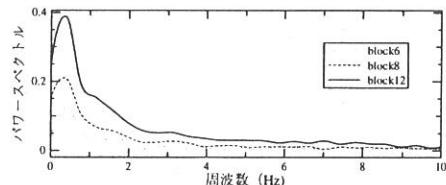


図-3 ブロックの水平変位に関するパワースペクトル

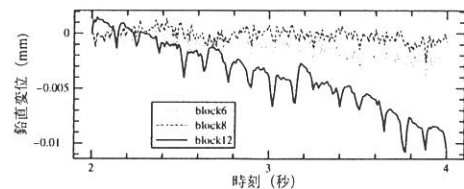


図-4 ブロックの鉛直変位の時刻歴応答

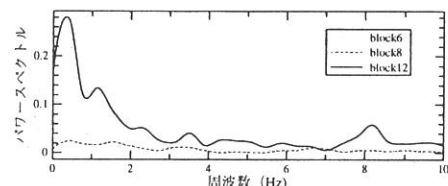


図-5 ブロックの鉛直変位に関するパワースペクトル

(3) 回転量と面積変化について

ブロックの回転量と面積変化率に関する時刻歴応答を図-6～図-8に、そのパワースペクトルを図-9及び図-10に示す。ブロック6の面積変化率は、1秒間変動があるものの、0付近にとどまっております。その後から微小ではあるが、増加の傾向がみられる。回転量は、初期に右回転がみられるが0.2秒すぎから急激に左回転が発生している。また、1秒すぎにも大きな左回転が発生している。ブロック8の面積変化率は、ブロック6と同じような傾向がみられ、大きな相違点はない。回転量は、ブロック6に比べ振幅が大きくやはり0.2秒すぎから急激に左回転が発生している。ブロック12の面積変化率は、ブロック6・ブロック8に比べ波の形が細かくなく、大きくなっていて8Hzの波になっていることがわかる。しかし、値の傾向は、ほぼ同じである。回転量は、回転角が一定方向への変化でなく、不規則である。

パワースペクトルについてみると、回転量については大きな反応はみられなかった。面積変化率については、1秒間に8回の波がみられるように、ブロック12が8Hzにおいて、最も大きな反応を示している。ブロック8もブロック12より半分程度の値をとっており、ここでも反応がみられる。面積変化について、パワースペクトルからわかるように8Hzの荷重の影響が周辺部に行くにつれて、大きくなっているのがわかる。回転角は、枕木の拘束でブロック6・ブロック8ともに一定方向への回転の動きが出ているが、自由に動けるブロック12は回転角の変動が不規則であるのがわかる。

4. まとめ

水平変位、鉛直変位ともに枕木による拘束により道床中心部に近いブロックほど、変位が拘束されていることがわかる。水平変位の場合、載荷点から離れる方向へブロックの移動がみられ、鉛直変位の場合、荷重の周波数の影響が枕木の拘束がないブロックで大きく表われていることがわかる。

また、面積変化率は値では大きな変化はみられないが、パワースペクトルでは、道床中心部から離れていくにつれて荷重の影響が大きくなっていて面積変化率に関して、ブロック12ではそれが大きく反応していることがわかる。すなわち、この面積の増大は碎石間のつながりが希薄となり応力の伝達性と構造物としての剛性の両面において劣化したものと考えられる。

回転については、枕木下のブロックよりも、拘束がなく自由に動くことのできるブロック12の方が変動も値も大きい。回転挙動と水平・鉛直変位との関連性をみてみると、

水平・鉛直成分の値とは異なる挙動を示しており、個々のブロックが回転しながら水平・鉛直方向へ移動していることがわかる。以上のことから、破壊特性は枕木による拘束の有無、それによる碎石間のつながりの強さが関係していることがわかる。今後は、他の点でも破壊特性を調べ、道床内部全体での動的な破壊特性を明らかにしていく予定である。

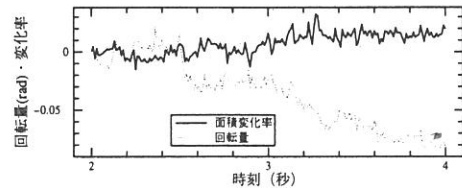


図-6 ブロック6における回転量及び面積変化率に関する時刻歴応答

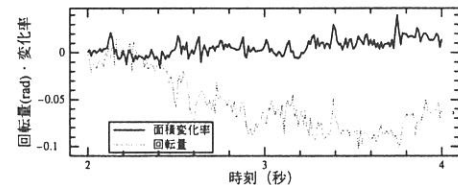


図-7 ブロック8における回転量及び面積変化率に関する時刻歴応答

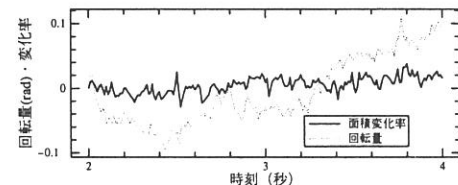


図-8 ブロック12における回転量及び面積変化率に関する時刻歴応答

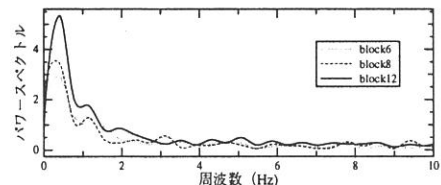


図-9 ブロックの回転量に関するパワースペクトル

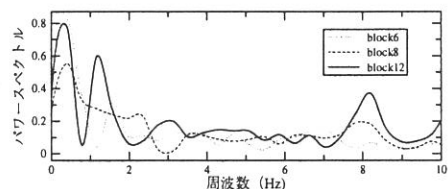


図-10 ブロックの面積変化率に関するパワースペクトル