

IV-407 弾性ゴム材を用いたバラスト軌道の弾性支承モデルの検証

北海学園大学
 (株)峰製作所
 新日本製鐵(株)
 日本貨物鉄道(株)

○正会員 上浦 正樹
 前田 茂
 正会員 山田 英行
 正会員 猪口 雅之

1. はじめに

今までにバラスト軌道を弾性体と仮定してモデル化し、各種シミュレーションに用いる試みが多くなされてきた。筆者らもまくらぎとバラスト道床を有限弾性支承上のはりモデルと仮定して、小型 FWD (HFWD) による木まくらぎの良不良判定、レール支持バネ係数を時系列で求めバラストの支持力増加の評価などに用いている。今後さらにこのようにバラストを弾性体とみなして軌道狂いの発生原因の究明を行っていかうと計画しているが、その基礎試験としてバラスト自体が弾性体と仮定することが可能か直接検討することが必要と考えている。そこでバラスト道床の部分を弾性体であるゴム材に置き換える場合と実軌道のバラストの場合でそれぞれ載荷・変位測定試験を行う。次にそれぞれの試験結果から求まるばね係数を用い、有限弾性支承のはりモデルから求まる変位の理論値と実験値の比較を行い、有限弾性支承のはりモデルの有効性を検証することとした。

2. 有限弾性支承のはりモデル

有限弾性支承のはりモデル（図1）において梁の曲げ剛性を EI (kgf/cm^2)、道床バラストと路盤を合成したバネをレール支持バネ係数 k (kgf/cm^2) とすると、以下の関係が成り立つ。

$$EI d^4 y / dx^4 + ky = 0 \quad (1)$$

この式から境界条件を定めることで理論解を求める。このまくらぎ1本あたり5カ所（左右レール内外2カ所と載荷点直下）での理論解と実際のたわみ測定の残差平方和 (RMS) が最小となるレール支持バネ係数 (k) と最適値とする。

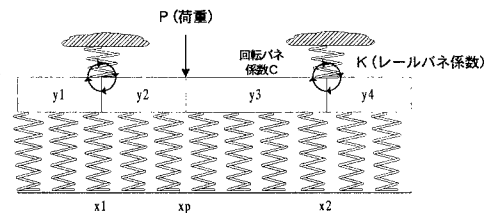


図1 有限弾性支承のはりモデル

3. 室内試験

木まくらぎ、PCまくらぎ、鉄まくらぎを用いてそれぞれのまくらぎ下の弾性ゴム材を用いて載荷し、その変位をもとめる。載荷はアムスラー試験機を用いまくらぎに加わる荷重をロードセルで検知し、変位量を変位計で測定する。測定概要としては、①載荷荷重：1tf～9tf ②変位測定位置：5測点（まくらぎ中央、左右レールの中心からそれぞれ前後20cm）③使用測定器：ロードセル（50tf用）、変位計（25mm用）である。また、ここで使用する試験用ゴム材（バラストマット）は、①ばね常数：12tf/cm ②寸法：長さ2000mm×幅1000mm×厚さ25mm ③6枚重ねて全体の厚さを150mmで使用した。

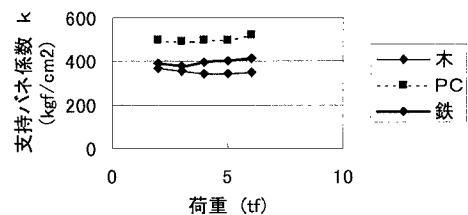


図2 各まくらぎごとの支持バネ係数(k)

キーワード：バラスト軌道 HFWD バネ係数 弾性支承
 連絡先：〒064-9026 札幌市中央区南26条西11

TEL 011-841-1161 FAX 011-551-2951

また理論により荷重・変位の関係を求めるため、支持バネ係数(k)は載荷荷重と変位の比を接地面積で割った道床係数Cにまくらぎ幅をかけることで算定した。ここではまくらぎごとに、一般的に用いる荷重範囲（2～6tf）において支持バネ係数を算出した（図2）この結果各またまくらぎの剛性(EI)は木まくらぎ $4 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ PC まくらぎ $2 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ 鉄まくらぎ $8 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ を採用した。以上に基づき載荷時の変位の測定結果と有限弾性支承上のはりモデルによる計算結果を求めた。図3は載荷荷重 5tf の木まくらぎの長手方向の変位の例を示す。これから測定結果とこのモデルによる計算値とは実用上かなりの精度で一致していることが分かる。また 載荷点直下の変位を同様に測定したものを有限弾性支承上のはりモデルによる理論に求めたものを木まくらぎ（図4）、PC まくらぎ（図5）、鉄まくらぎ（図6）に示す。これから各まくらぎとも試験と理論が一致しており、有限弾性支承上のはりモデルは弾性ゴム材上のまくらぎの載荷時の変位をよく表すことが分かる。

4. 野外試験

アスファルト舗装上に木まくらぎ、PC まくらぎ、鉄まくらぎの各種類のバラスト軌道を敷設し、各まくらぎは6本連続敷設して実物大の軌道としてできるだけ現場に近い状態とした。載荷方法は反力フレームとジャッキを用いレール面上から載荷する。室内試験と同様に載荷時の変位から支持バネ係数は木まくらぎ 170kgf/cm^2 PC まくらぎ 195kgf/cm^2 鉄まくらぎ 210kgf/cm^2 とした。載荷はまくらぎ上のレール上から行った。室内の弾性ゴム材を用いた理論解析である有限弾性支承上のはりモデルを実際のバラスト軌道に用いることし、各種まくらぎの剛性を室内試験と同じ値を導入した。

以上の結果、各種まくらぎでの荷重・変位の関係は試験と理論とでそれぞれ実際上では問題がないほど近い値が得られた。この例として木まくらぎについて図7に示す。

以上からまくらぎ下がゴム材である室内試験の結果とまくらぎ下が碎石である野外試験結果とほぼ同じ荷重・変位の関係を示し、有限弾性支承のはりモデルを用いた理論解析でその挙動を説明できることが明らかとなった。

4. おわりに

今後は繰り返し荷重のかかるバラスト軌道において弾性支承上のはりモデルの支持バネ係数の評価など考察を深めていきたいと考えている。

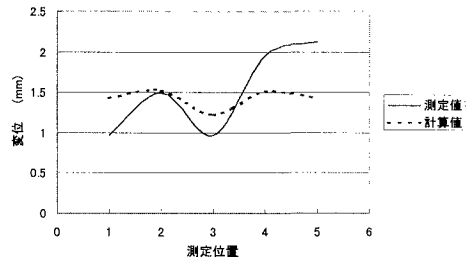


図3 長手方向の変位の例（木まくらぎ）

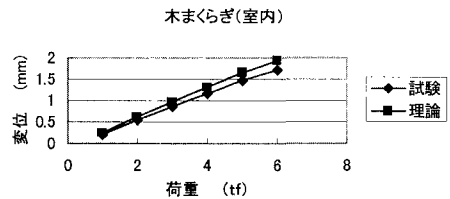


図4 木まくらぎの荷重・変位

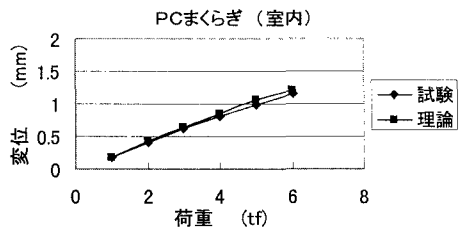


図5 PC まくらぎの荷重・変位

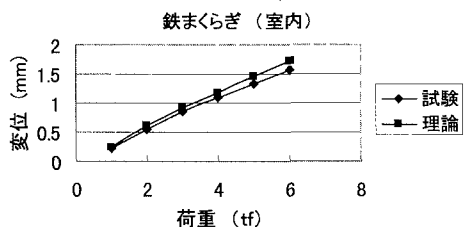


図6 鉄まくらぎの荷重・変位

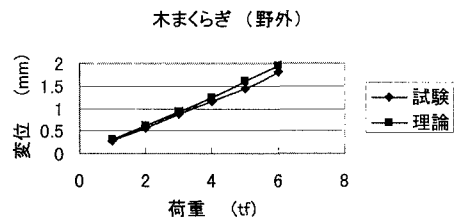


図7 木まくらぎの荷重・変位