小型模型を用いた鉄道路盤の移動荷重載荷実験

| (財)鉄道総合技術研究所 | 正会員( | ○桃谷尚嗣 | 正会員 | 関根悦夫 |
|--------------|------|-------|-----|------|
| 中央大学         | 学生会員 | 江口知行  | 正会員 | 姫野賢治 |
| 東京大学         | 正会員  | 龍岡文夫  |     |      |

#### 1. はじめに

鉄道の強化路盤はアスファルトコンクリートと粒度調整砕石で構成され、高い剛性によってバラスト軌道を支持する構造を持つ(図1)。従来、路盤の載荷試験は主に定点載荷により行われてきたが、定点載荷では載荷点直下の路盤と路床に局所的な残留沈下が生じて載荷条件が変化するため、弾性及び非可逆変形挙動の適切な評価が難しい。これを解決するためには、実際の列車と同様に車輪を移動させて載荷を行い、路盤と路床を均一に変形させる必要がある<sup>1)</sup>。本研究では、図2に示す小型移動荷重載荷試験装置を用いた実験で強化路盤の弾性挙動を観察し、FEM 解析との比較を行った。

### 2. 実験方法および解析方法

図3に強化路盤の模型の概略図を示す。模型は、バラストを省略 して簡略化してある。模型縮尺は 1/5 であり、路盤のアスファルト コンクリート層に CA モルタル、粒度調整砕石層に瀝青安定処理し た単粒度砕石を用いた。路盤の厚さの影響を検討するために、砕石 部分の厚さが 3 cm, 6 cm, 9 cm である 3 種類の路盤を作成した。CA モルタル底面にはひずみゲージを貼りつけた。路床は空中落下法に より作成した密度  $D_r=80\%$  ( $\gamma_d=1.56$  g/cm<sup>3</sup>)の空気乾燥豊浦砂であ る。模型車輪に空圧により一定荷重 1,500N を載荷して 100 回(50 往復)の移動荷重載荷を行った。

図4にFEM 解析モデルを示す。解析に用いた路盤材の剛性は一 軸圧縮試験で,路床の剛性は三軸圧縮試験で測定した。境界条件は, レール長手方向に平行な2次元平面ひずみ条件に設定し,鉛直荷重 1,500Nを,中心まくらぎの位置で載荷した。

# 3. 実験結果および解析結果

路盤厚さ4cm, 鉛直荷重1,500Nにおける繰返し載荷回数1,50, 100回目での,異なる載荷位置に対するCAモルタルの弾性ひずみ の変化を図5に示す。縦軸は模型中央のまくらぎ(No.8)端部におけ るひずみ(引張り正)を表し,横軸は載荷輪の位置を示している。 CAモルタル弾性ひずみの値は繰返し回数に依らないことが分かる。 これは,移動載荷を行うと軌道が均等に沈下するため,累積沈下が 生じても載荷毎に生じる弾性変形は殆ど変化しないことを示してい



図2 小型移動荷重載荷試験装置



#### 図3 強化路盤の模型



図 4 FEM 解析モデル

る。引張ひずみの最大値と路盤厚さの関係を図 6 に示す。路盤が厚くなると、CA モルタルのひずみは路盤厚さの逆比例よりもやや高い率で小さくなった。図 7 に強化路盤厚さ 4cm の場合の、載荷輪が中心まくらぎ(No.8)上

キーワード:鉄道 路盤 模型実験 FEM 移動荷重 連 絡 先:〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7413 にある時のひずみ分布を示す。模型 実験, FEM 解析のどちらもまくらぎ 端部でひずみが大きくなり,その値 も比較的良く一致している。

図 8~10 に, 路盤表面の鉛直変位, 土槽底面の鉛直応力および土槽底面 のせん断応力に関する模型実験と FEM 解析の比較を示す。模型実験結 果は, 載荷輪がまくらぎ No.1~15 を走行した時の,中心まくらぎ (No.8)直下における測定値である。 FEM 解析では、中心まくらぎ上で載 荷を行った時の変位・応力の分布を 求めている。両者の比較のために, 横軸は載荷輪位置との相対距離とし ている。模型実験と FEM 解析の結 果は比較的よく一致しているが、路 盤表面の鉛直変位(図 8) について は,模型実験では非可逆変形により 残留変位が生じるため、まくらぎ No.8~15 の位置では FEM 解析とは やや異なった変位量となっている。

図 11 と 12 に, FEM 解析により求 めた土槽底面の中心まくらぎ直下の 位置における最大主応力の方向とそ の大きさを示す。載荷輪が中心まく らぎに近づくに従い,その絶対値が 大きくなると伴に方向が連続的に回 転している。模型実験<sup>1)</sup>では,定点 載荷よりも,本実験のような移動荷 重載荷の方がまくらぎの累積沈下量 が大きかったが,これは図 11 と 12 に示すような主応力の連続的回転が 影響している可能性がある。



# 4. まとめ

模型実験で測定された強化路盤の 図11 土槽底面における主応力の方向 CA モルタルのひずみ,路盤面の変

位, 土槽底面の鉛直応力およびせん断応力は, FEM 解析により比較的精度良くシミュレートできた。また, FEM 解析結果により模型路床内の主応力の大きさとその方向を推定することができた。なお, CA モルタルひずみの 測定方法に関しては長岡技術科学大学の高橋助教授にご指導いただいた。ここに記して感謝の意を表します。 <参考文献>1) 村本勝己, 関根悦夫, 桃谷尚嗣:軌道模型の繰返し載荷試験における載荷方法の影響, 土木学 会第 56 回年次学術講演会, 3-A pp434-435, 2001.10