

路盤の剛性と路盤圧力分布に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 大塚 勝 村本 勝己 関根 悦夫

1、はじめに

鉄道線路の大部分を占める有道床軌道を構成する道床バラストは粗粒材であり、列車の繰返し荷重により沈下を生じている。これまでにその沈下に影響を及ぼすパラメータの定量的な検討をするために模型による繰返し載荷試験を行っている¹⁾²⁾。今回その模型試験に関してのシミュレーション解析を行い、路盤表面に作用する応力および道床バラスト層内の応力についての検討を行った。

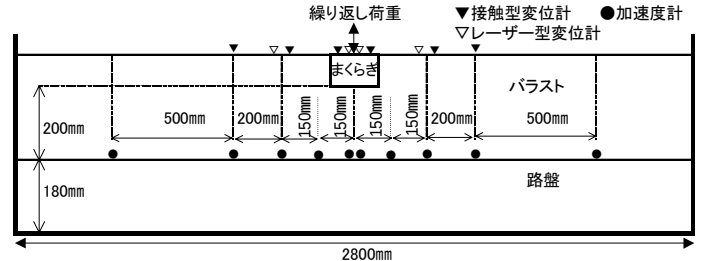


図-1 模型の概要

2、模型試験の概要

模型試験は有道床軌道を模擬した模型での繰返し載荷試験である。それについて詳細は、参考文献¹⁾²⁾を参照されたい。図-1 に示す様に、模型の路盤面には加速度計、道床バラスト表面には、変位計が取り付けられている。路盤の剛性は、4 種類設定しその剛性は粒度調整砕石と 2 種類のマットを組み合わせることで変化させた。載荷荷重はまくらぎ下面圧力で振幅 98kN/m^2 ($11 \sim 109\text{kN/m}^2$) であり、通常の列車荷重レベルに相当する。

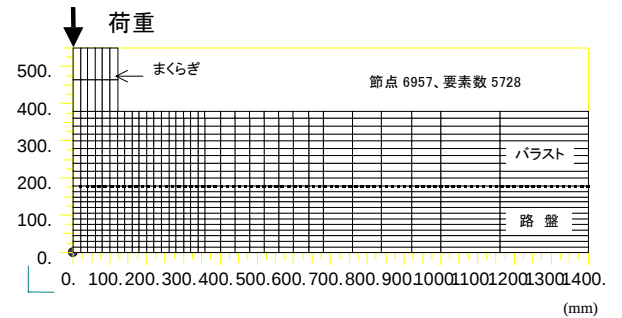


図-2 解析モデル

3、FEM 解析

試験での模型を、FEM 2 次元平面ひずみモデル (図 -

2)として路盤剛性 4 種 (K_{30} 20、30、60、 90MN/m^3) について NASTRAN による静的弾性解析を行い測定との比較を行った。解析での道床バラスト、路盤材の変形係数は三軸圧縮試験等³⁾の要素試験から決定したものである。さらに、実験を行っていないがより剛性の高い路盤 (K_{30} 180MN/m^3) を想定した解析も行った。

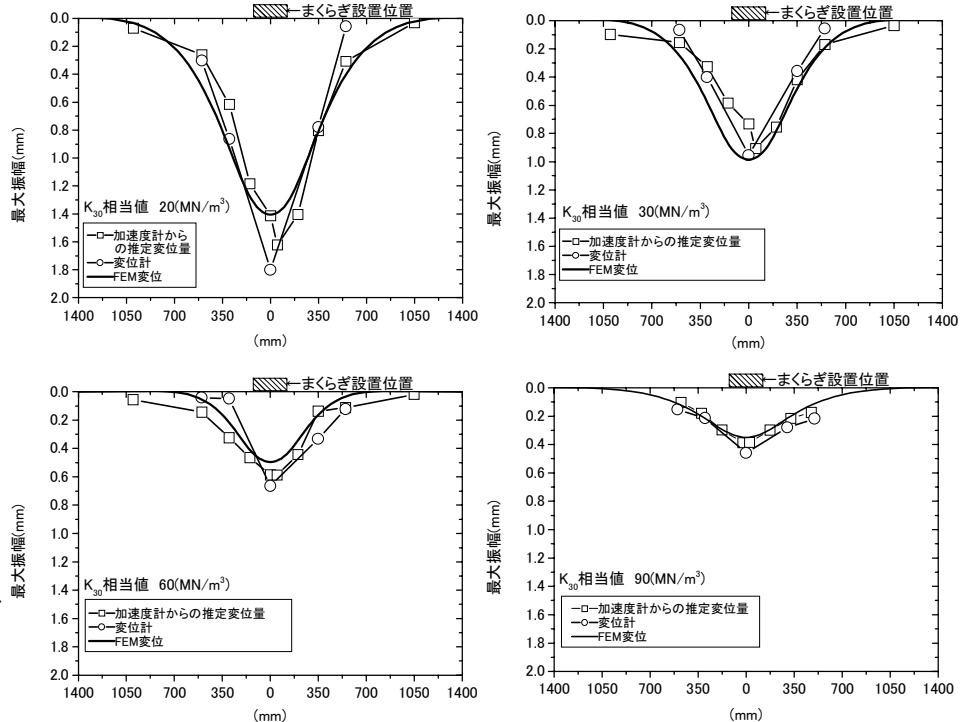


図-3 道床バラスト表面、路盤面の変位

4、路盤変位の検討

試験における路盤面での変位は、路盤面に取り付けられた加速度計のデータを 2 回積分することにより求めた。⁴⁾ 図-3 に、繰返し載

キーワード：繰返し載荷、応力分布、礫、路盤、有限要素法

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL：042-573-7276 FAX：042-573-7413

荷中の最大荷重時における道床と路盤の変位の分布として、変位計による道床バラスト表面変位、加速度から求めた路盤面変位、FEM 解析による路盤面変位を示した。変位計による道床バラスト表面変位と、加速度から求めた路盤面変位、ほぼ同じレベルの値を示し、加速度積分による路盤面変位の妥当性を示すと考えられる。さらに、路盤面の変位として解析値と加速度による変位でほぼ同程度であることがわかった。また、路盤の剛性が小さくなるとともに路盤の変位が増加していく傾向となった。

5、解析による試験模型での応力分布検討

図 - 4 に FEM 解析から得られた道床バラスト層の鉛直応力分布状態を示す。なお、同図はまくらぎ下面圧力で正規化したものである（以下、応力比とする）。道床バラスト内の鉛直応力は、まくらぎ端部下で発達しており、路盤の剛性が小さいほど、鉛直応力は広く分散する傾向となり、まくらぎ直下の路盤面の応力もそれに比例して小さくなっている。つまり、路盤に作用する圧力は路盤の剛性に逆比例することになる。同図には鉄道路盤の設計に用いられている鉛直応力の分布もあわせて示した。

図 - 5 には地盤 K 値とまくらぎ直下での路盤面応力比との関係を示す。従来の鉛直応力分布モデルは、地盤の剛性には影響されないモデルであるが、この傾向からは、実際には地盤の剛性により、応力分布の値は大きく変動し、鉛直分布モデルにおいてもそれを考慮するのが望ましいと考えられる。

まくらぎ直下の路盤面での応力比は、模型試験のシュミレーションにおいて最も剛性の高い K_{30} 90MN/m³ のものでも 0.4 であり、従来の鉛直応力分布では路盤面ではまくらぎ下面の約 1/2 であることから、いずれの場合も、従来モデルより低い鉛直応力分布を示す傾向となった。また K_{30} 180MN/m³ を持つ地盤で解析を行った結果は、まくらぎ直下路盤表面での応力比は、0.5～0.6 となり従来の応力モデルと比較して、若干大きな応力が路盤にはたらく。

6、おわりに

道床バラスト道床において、その下の路盤の剛性により、応力分布が大きく変わることがシュミレーションモデルにより確認できた。今後、この結果をもとに、設計標準改訂時の、まくらぎ直下における鉛直応力分布モデルの検討を行う予定である。

<参考文献>

- 1)村本勝己、関根悦夫：繰返し荷重に対するバラスト軌道の沈下特性、土木学会第 55 回年次学術講演会、 - A213、2000 。
- 2)長戸博、関根悦夫、村本勝己：繰返し載荷試験によるバラスト道床の沈下特性、第 36 回地盤工学研究発表会、2001
- 3)村本勝己、関根悦夫、蔭関魯：繰返し荷重をうける道床バラストの粒度と強度・変形特性に関する検討、第 36 回地盤工学研究発表会、2001
- 4)大塚勝、村本勝己、関根悦夫：繰返し荷重を受けるバラスト道床の変形特性に関する検討、第 36 回地盤工学研究発表会、2001

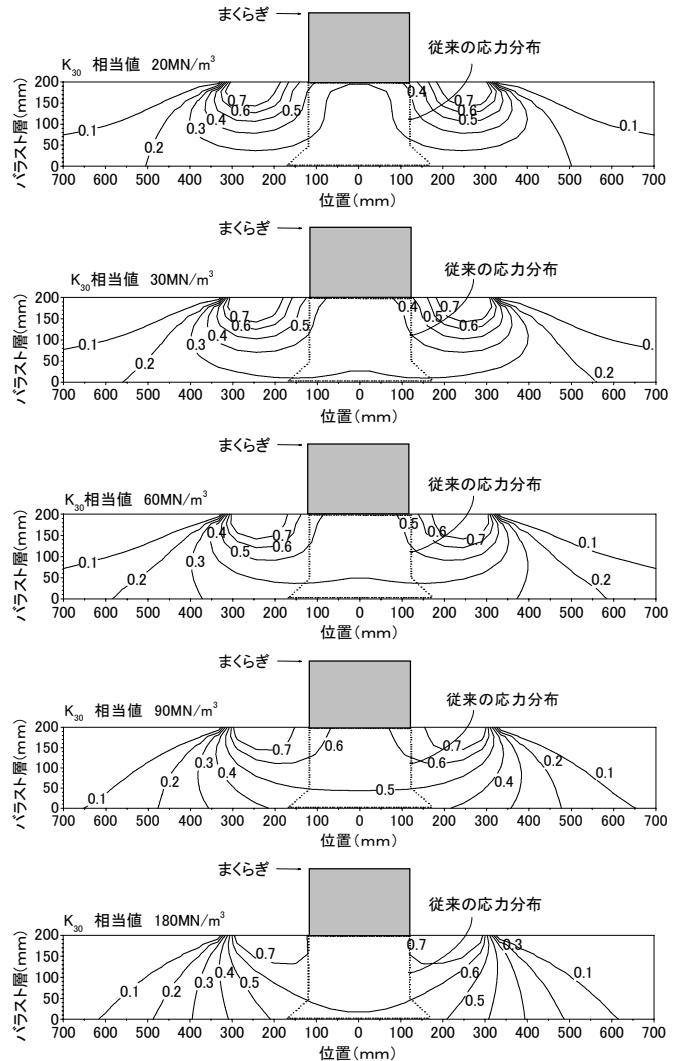


図-4 道床バラスト層での応力分布

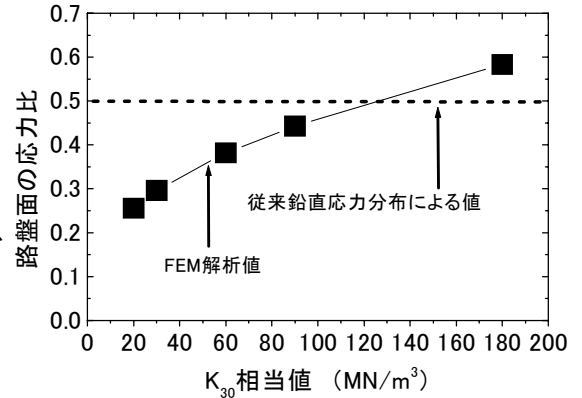


図-5 地盤 K 値とまくらぎ直下路盤面応力比の関係