

鉄道路盤の列車荷重作用時における応力分布に関する解析的検討

(財)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

アスファルトコンクリート層と粒度調整砕石から構成される鉄道の強化路盤の経済的な設計を行うためには、路盤へ作用する応力、発生する変形、ひずみの状態の把握が重要となる。現在の路盤の設計に用いられている路盤へ作用する応力（路盤圧力）は車両の1輪がまくらぎ直上にある時の、まくらぎに作用する応力を、バラスト内で分散させて路盤圧力（図1参照）としており¹⁾路盤下の剛性により変化する荷重分散や、車輪の輪数等は考慮されていない。これまで、経済的な路盤の設計法を確立するための一貫として、繰返し載荷試験^{2), 3)}やFEM解析⁴⁾を行っている。これらの結果を基に、今回、路盤以下の剛性（路盤の厚さ、路盤下の路床の剛性）、車両の軸数に着目した、3次元FEM解析を行った。

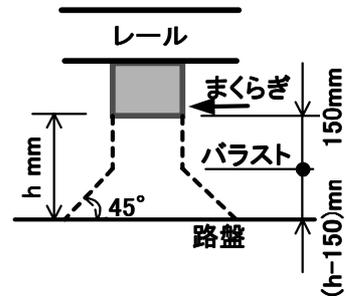


図1 現行設計用路盤圧力分布

2 解析概要

解析は NASTRAN を用いた静的弾性解析である。解析モデルは基本的に 1/4 モデルとし（図2）、モデルはレール、軌道パッド、まくらぎ、バラスト、アスファルトコンクリート層（以下、AC層）、粒度調整砕石層（以下、砕石層）、路床から構成される。バラスト、砕石層の弾性係数は大型三軸試験の結果⁵⁾を基に決定し、AC層は砕石層と同じとした。路床の弾性係数は K_{30} 値を求める平板載荷試験と列車荷重作用時に路床に発生するひずみレベルを考慮して K_{30} 値から弾性理論により求めた弾性係数の2倍とした¹⁾。各要素物性値を、表1に示す。載荷荷重は、静的載荷で、1輪重 80kN とし、載荷軸数は、1軸、2軸、4軸の3種とした。なお、1軸載荷についての解析は、“レール断面方向”に対しての1/2モデルとした。

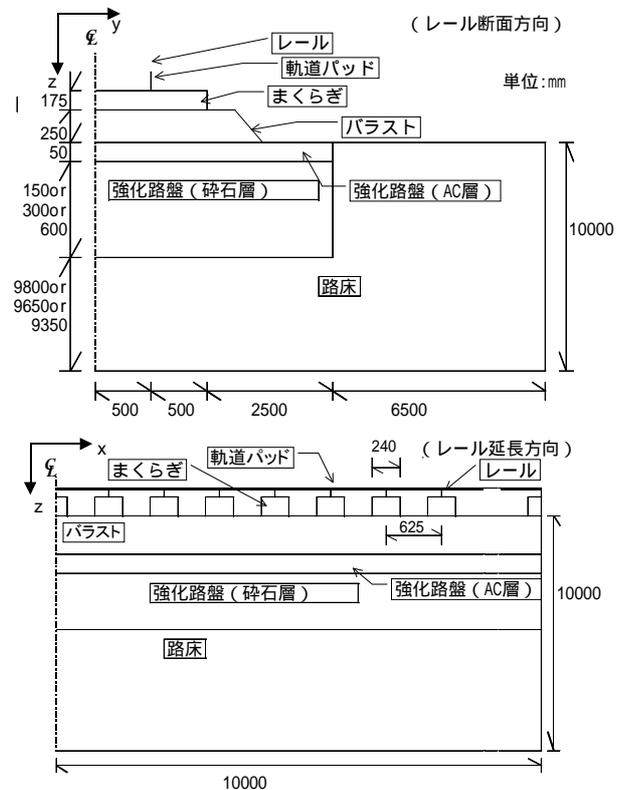


図2 FEMモデル断面及び側面簡略図

表1 要素物性値

要素名	弾性係数 (MN/m ²)	バネ係数 (MN/m)	ポアソン比
レール(梁要素)	210000	—	0.3
軌道パッド(バネ要素)	—	60	—
まくらぎ	35000	—	0.17
バラスト	88.26	—	0.28
強化路盤 (AC層)	196	—	0.25
強化路盤 (砕石層)	196	—	0.4
路床	(K_{30} 値150MN/m ³)	73.1	—
	(K_{30} 値110MN/m ³)	53.6	—
	(K_{30} 値70MN/m ³)	34.1	—
	(K_{30} 値30MN/m ³)	19.5	—

3 解析結果

1軸載荷（まくらぎ直上）でのバラスト内垂直応力分布の例を図3に示す。路床の K_{30} 値によってバラスト内の応力分布状況は異なり、 K_{30} 値が小さいほど応力の分散がはかれることがわかる。また、解析モデルの条件の場合、現行設計での路盤圧力は約 66kN/m² であり、解析値の方が小さい値であった。図4に、1軸載荷（まくらぎ直上）での路床の K_{30} 値と路盤圧力の最大値との関係を、路盤厚さをパラメータとして示す。路床の K_{30} 値が大きくなるとともに、また路盤厚さが厚いほど、最大路盤圧力は現行設計の路盤圧力に近づいていく傾向にある。図5に、載荷軸配置によるバラスト内の垂

キーワード：応力分布 有限要素法 路盤

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

直応力の分布を示す。応力の分布範囲（例えば応力 10kN/m^2 が分布する軸からの距離）は、1軸（まくらぎ間）2軸、4軸荷重はほぼ同じであるが、これらに比べ、まくらぎ直上での1軸荷重では広くなる傾向にあり、応力の分布範囲は軸数より軸の位置がまくらぎ間のどの点にあるかによる影響の方が大きいことを示している。このことは、レールの曲げ剛性によって分散された荷重は、支持点であるまくらぎ複数本で支えられ、荷重点の位置によって、複数本へのまくらぎへの分散率が変わることに起因するものと考えられる。また、まくらぎ下の応力の分布状況は、軸がまくらぎ直上にある場合が、まくらぎ間にある場合より大きく、設計に用いる路盤圧力はまくらぎ上に軸がある場合を用いることになる。

4 まとめ

今回の解析によりバラスト内垂直応力分布は、路床の K_{30} 値、路盤厚による影響を受けること及び、現行の設計用圧力分布とは異なることが確認された。また、軸荷重によるバラスト内の応力の分布は軸数より軸の位置による影響が大きいことが確認された。今後、バラストの剛性や厚さによる応力分布の検討を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物、丸善 1992
- 2) 村本、関根：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、-A、pp426-427、2000。
- 3) 長戸、関根、村本：繰返し荷重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、pp1189-1190、2001
- 4) 大塚、村本、関根：路盤の剛性と路盤圧力分布に関する検討、土木学会第56回年次学術講演会、-B、pp578-579、2001
- 5) 村本、関根、蔭：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、pp1185-1186、2001

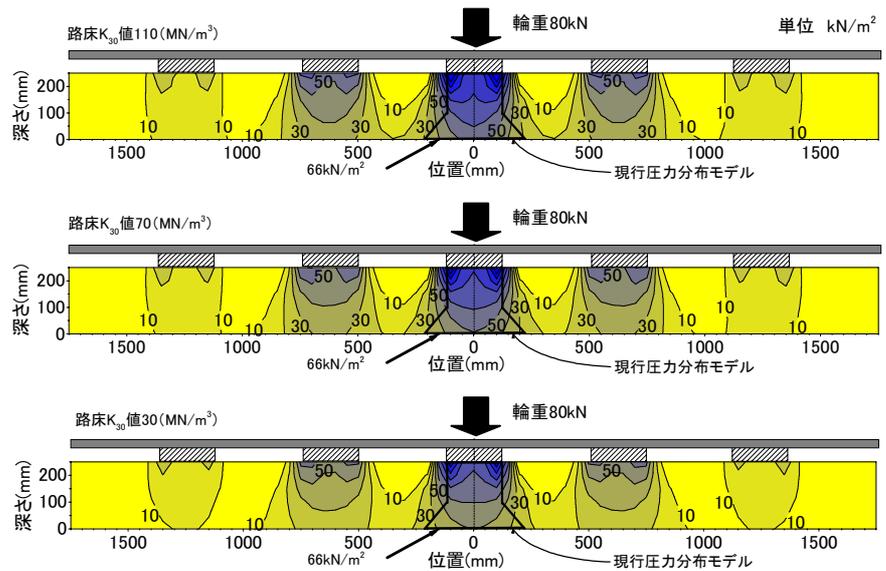


図3 1軸荷重（まくらぎ直上）によるバラスト内垂直応力分布（路盤厚 350mm）

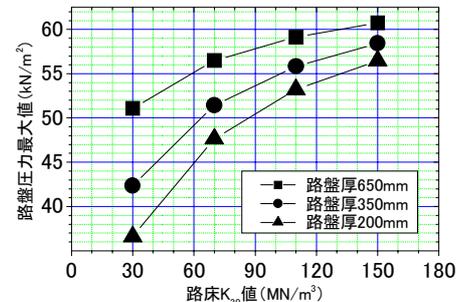


図4 1軸荷重（まくらぎ直上）での路床 K_{30} 値と路盤圧力最大値との関係

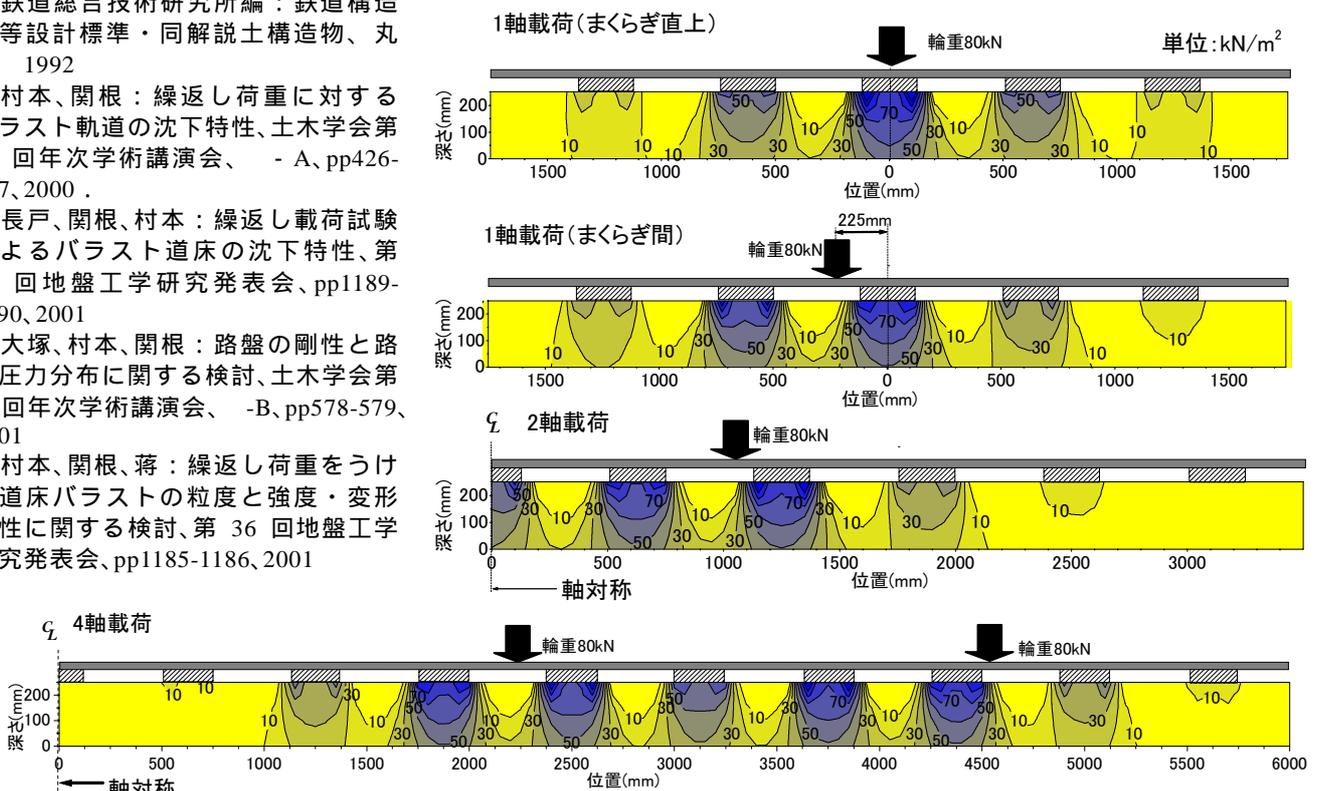


図5 荷重ケースによるバラスト内垂直応力分布（路盤厚 350mm、路床 K_{30} 値 110MN/m^3 ）