

道床更換直後の初期沈下に与える車両走行速度の影響に関する解析的検討

○ [土] 河野 昭子 (公益財団法人鉄道総合技術研究所)

Numerical Evaluation of Effect of Running Vehicle Velocity on Initial Settlement of Ballasted Layer After Ballast Renewal

○Akiko Kono, (Railway Technical Research Institute)

A series of numerical simulation was carried out by using three types of discrete element ballasted track model with different compactness of ballasted layers, and two cases of applied forces estimated by vehicle running simulation at different velocities. The numerical results show that the effect of running velocity on settlement of ballasted layers increases at the case of ballasted track with lower density ballasted layer quantitatively.

キーワード：離散体モデル、バラスト軌道、道床沈下、シミュレーション

Key Words：Discrete Element Models, Ballasted Track, Settlement of ballasted layers, Simulation

1. はじめに

道床更換作業では、新品バラスト碎石の投入後の締固め作業が不可欠であるが、既往の研究¹⁾により、この締固め作業の過程で道床バラスト層の見かけの密度が初期の約 1.40g/cm^3 から 1.67g/cm^3 へ上昇することが報告されている。そして道床バラスト層の見かけの密度が 1.67g/cm^3 に到達すると、十分に締固まった状態とされていることから、室内試験や解析における道床バラスト層の構築においては、この値が目標値として用いられることが多い。

他方、実現場においては密度の管理は行われていないものの、通常タンパーや DTS 等を用いて十分な締固めが行われている。

本研究では、道床の締固め過程の密度の変化を想定し、3通りの締固め度の離散体モデルを構築した。また、これらの解析モデルに対して走行速度の異なる2通りの列車通過荷重波形を入力し、初期沈下量に与える締固め度と走行速度の影響を定量的に評価した。

2. 解析手法

2.1 解析モデル

解析モデルの概観と断面寸法を図-1に示す。奥行は800mmとした。

この解析モデルの断面寸法は統一し、3通りの締固め度のモデルを構築した。それらのモデルの、まくらぎ下の道床バラスト層の密度分布を図2に示す。

図(a)に示すモデルAは、全体平均密度が 1.50g/cm^3 となるように調整したモデルで、バラスト要素は28410個(約

1620 kg 分)となった。続いて図(b)のモデルBは全体平均密度が 1.60g/cm^3 で、バラスト要素は29500個(約1680kg分)である。更に、図(c)のモデルCは全体平均密度が 1.67g/cm^3 で、バラスト要素は30440個(約1730kg分)となった。

解析モデルの作成、シミュレーションは、筑波大学との共同研究で開発した'DEMCS-track'^{2), 3)}を用いた。

2.2 入力荷重波形

図1に示した解析モデルのまくらぎ要素に、走行速度160km/hおよび210km/hの列車走行荷重波形を入力する。なお荷重波形は、図3に示す車両/軌道動的応答モデルを用いて行った車両走行シミュレーションにより求めたレール圧力の波形である。2通りの入力荷重波形を図4に示す。

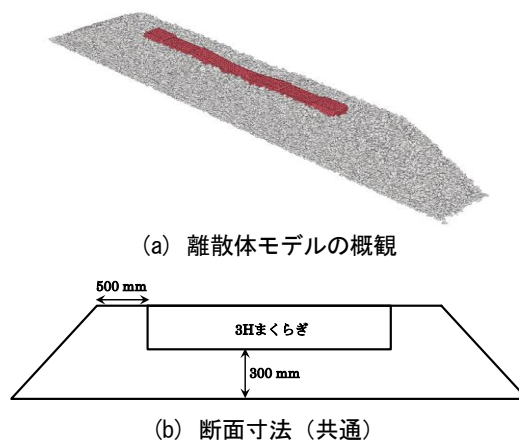


図-1 解析モデル

3. 解析結果

離散体シミュレーション結果より、載荷 200 波の過程における沈下進みを、解析モデルごとに図 5 に示す。各図の縦軸スケールはモデルによって変更している。

図中、沈下進みの減少割合が収束する載荷 100~200 波における沈下進みの平均値を、以下で比較する。

まず道床バラスト層の密度が最も小さいモデル A では、走行速度 160km/h において 0.0079mm、同 210km/h で 0.0087mm となり、両者の差は 0.0008mm である。またモデル B では、走行速度 160km/h において 0.0025 mm、同 210km/h で 0.0027mm となり、両者の差は 0.0002mm である。更に、道床バラスト層の密度が最も大きいモデル C では、走行速度 160km/h において 0.00094mm、同

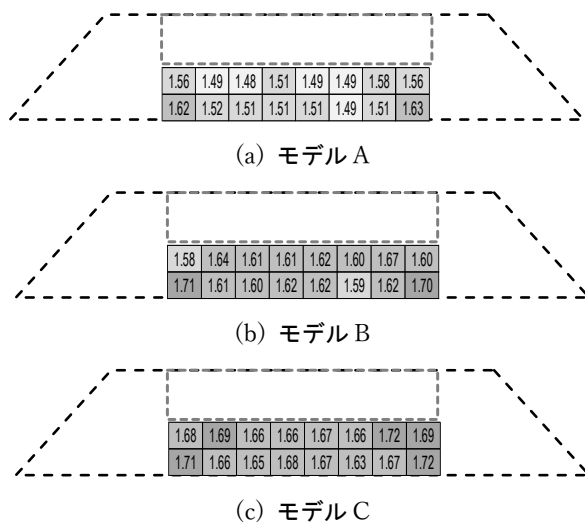


図-2 各モデルの道床バラスト層の密度分布

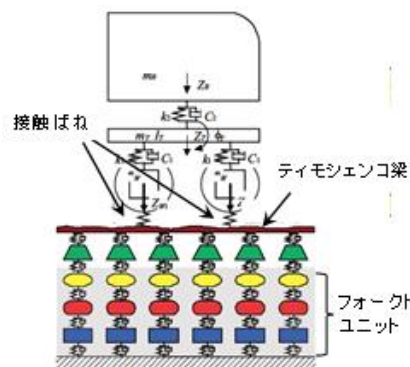


図-3 車両/軌道動的応答モデル

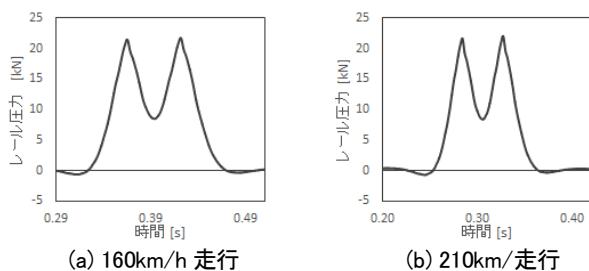


図-4 入力荷重波形

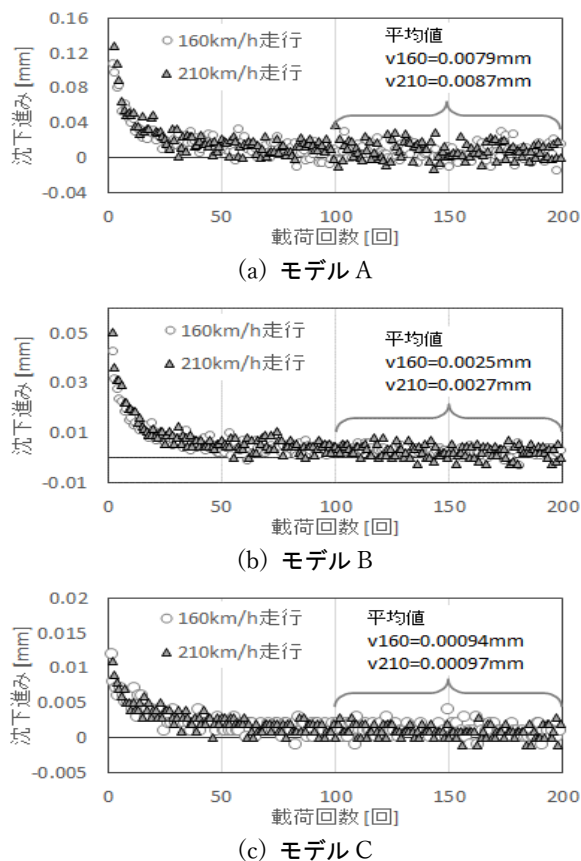


図-5 各モデルの道床沈下進み（初期沈下過程）

210km/h で 0.00097mm となり、両者の差は 0.00003mm である。

以上より、走行速度が道床初期沈下に与える影響は、道床バラスト層の密度が小さいほど顕著となる傾向がシミュレーションにより確認された。

4. おわりに

車両走行速度が道床の初期沈下に与える影響について、離散体モデルを用いたシミュレーションを行った。解析結果より、道床バラスト層の初期の密度が小さいほど、走行速度による影響だけでなく、沈下進み自体が増加する傾向を確認した。特に道床バラスト層の初期の密度が約 0.17g/cm³ 異なることで、初期沈下過程の沈下進みが約 10 倍程度となることを示した。

参考文献

- 1) 須長誠, 榎本秀明: ラジオアイソトープを用いた道床バラストの密度測定, 鉄道総研報告, vol6, No10, pp47-54, 1992.
- 2) T.Matsushima and H.Saomoto 'Discrete Element Modelling for Irregularly-shaped Sand Grains', Proc. NUMGE2002: Numerical Methods in Geotechnical Engineering, pp.239-246, 2002
- 3) 河野昭子, 松島亘志: 離散体モデルを用いた道床バラスト層の変形挙動解析, 鉄道総研報告 Vol.28 No.12 pp.41-46, 2014