

## 新幹線バラスト軌道の浮きまくらぎ抑制対策に関する検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○岡崎 新 中村 貴久

## 1. はじめに

バラスト軌道はまくらぎをバラスト道床が支持している構造である。バラスト軌道を支持する路盤が一様な剛性であり、かつ軌道の構造が変化しなければ軌道全体が一様に沈下していくため軌道変位はほとんど生じないと考えられるが、実際には路盤の剛性は一様ではなく、軌道の構造も変化するため沈下量は場所ごとに変化して軌道変位が生じることから、バラスト軌道は定期的な軌道保守作業を要する。沈下量の差が特に大きい箇所ではまくらぎ底面とバラストの間に隙間が生じる浮きまくらぎと呼ばれる状態となり、軌道状態が急速に悪化していくことが知られている。新幹線では保守の省力化のため、軌道変位が生じにくいスラブ軌道が広く採用されているが、駅前後の分岐器部分等にはバラスト軌道が採用されている箇所も多く、バラスト軌道とスラブ軌道の境界(図 1 (a))において高頻度の保守作業が必要となる場合がある。これはバラスト軌道とスラブ軌道の境界部ではバラスト軌道が列車走行に伴い沈下していく一方で、スラブ軌道は沈下を生じないため図 1 (b)のように浮きまくらぎが生じることによる。浮きまくらぎ自動補正装置(以下、「レベルキーパー」という)はこのような路盤剛性の不均一や軌道構造の変化に起因する浮きまくらぎの発生を抑制するため開発された<sup>[1]</sup>。バラストが沈下するとレベルキーパーは上下方向に伸長し、内筒に充填された鉄球が落下する。この鉄球が内筒-外筒間の隙間を埋めることで列車荷重を常に支持する構造となっている(図 2)。

これまでレベルキーパーは在来線の構造物境界に敷設が行われ、浮きまくらぎ抑制の効果が確認されている。しかし、新幹線列車の高速走行下におけるレベルキーパーの浮きまくらぎ抑制効果についてはこれまで検討されてこなかった。そこで、本研究ではFEM解析により新幹線の列車走行による軌道の応答を検討し、その結果を踏まえて実物大軌道モデルに対する繰り返し载荷試験を行うことで高速走行下における浮きまくらぎの抑制効果を検討した。

## 2. 新幹線列車走行荷重の動的FEM解析

FEM解析によりアスファルト路盤上のバラスト軌道をモデル化し(図 3)、新幹線車両の軸配置で列車走行荷重を想定した動的解析を実施した。各部材の層構成および物性値は設計標準<sup>[2]</sup>を参考に設定した。輪重 85 kN(軸重 170 kN 相当)をレール要素の各接点上に作用させ、列車速度(260~360 km/h)で荷重の作用点を移動させた。図 4 に各列車速

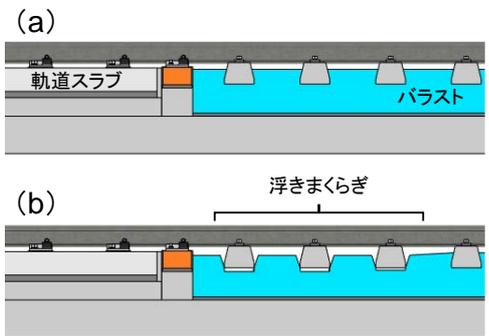


図 1 バラスト軌道とスラブ軌道の境界部に生じる浮きまくらぎ

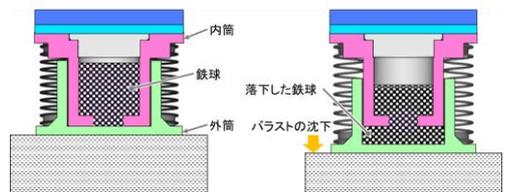


図 2 レベルキーパーの動作原理

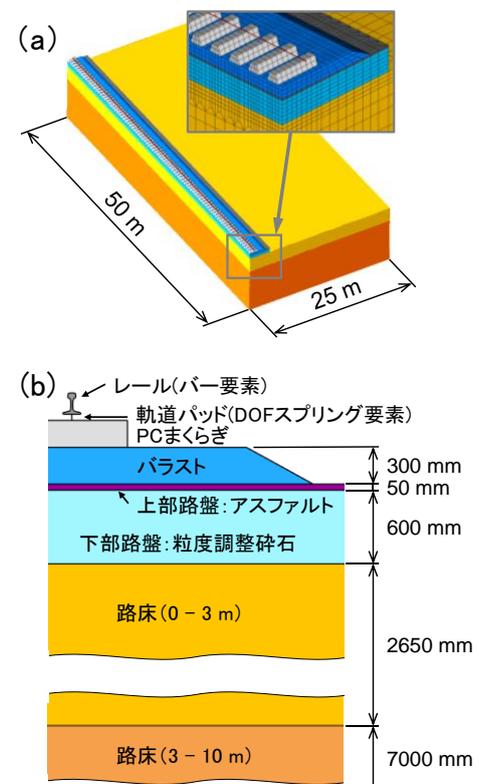


図 3 解析モデルの概要

キーワード 浮きまくらぎ バラスト軌道 構造物境界

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 TEL (042)573-7276

度におけるまくらぎの時刻歴応答波形を示す。列車速度 260 km/h では台車ごとにまくらぎ変位のピークが発生し、さらにそのピークに車軸ごとのピークがわずかに発生した。列車速度が増加するにつれて車軸ごとのピークは小さくなり、列車速度 360 km/h では台車間隔のみ変位のピークが生じた。このことから新幹線のバラスト軌道に作用する変位の周波数は台車間距離の寄与が大きいことが分かった。

### 3. 実物大模型の载荷試験

深さ 2.5 m の土槽上に設置されたアスファルト路盤上にスラブ軌道とバラスト軌道の境界を模して片端のまくらぎを鋼材で直結したバラスト軌道模型を構築し、繰り返し载荷試験を行った (図 5)。最初に、レベルキーパーを設置せず(無対策ケース)荷重 5~175 kN, 周波数 12 Hz で 100 万回载荷を行い、その後周波数荷重 75~175 kN, 30 Hz で 5 万回载荷を行った。この周波数は 320 km/h で走行する新幹線列車における台車間距離による応答、および 270 km/h で走行する新幹線列車の軸距による応答に対応している。無対策ケースでの载荷終了後に軌道修正およびレベルキーパーの設置を行い、無対策ケースと同様の荷重条件で繰り返し载荷を行った。

各载荷条件におけるレール変位振幅を図 6 に示す。12 Hz の無対策ケースではまくらぎ No.3 底部で累積 3.7 mm, 30 Hz の無対策ケースでは累積 3.5 mm の沈下が生じ、変位振幅が 2 mm を超えたことから浮きまくらぎが発生したと考えられる。一方でレベルキーパーを設置した軌道模型では累積沈下量は 12 Hz で 1.3 mm, 30 Hz で 1.5 mm まで減少し、変位振幅も低減された。このことから、レベルキーパーは新幹線軌道においても在来線軌道と同様に動作し、浮きまくらぎの発生を抑制することが確認された。

### 4. まとめ

新幹線バラスト軌道を想定した動的 FEM 解析およびレベルキーパーを敷設した実物大バラスト軌道模型の繰り返し载荷試験により、以下のことが分かった。

- (1) バラスト軌道において、まくらぎ変位は主に台車間距離と列車速度によって決定され、高速度域ではそれが顕著になる。
- (2) 新幹線バラスト軌道に敷設されたレベルキーパーは新幹線列車の荷重条件下でも正常に動作し、浮きまくらぎ抑制効果が期待できる。

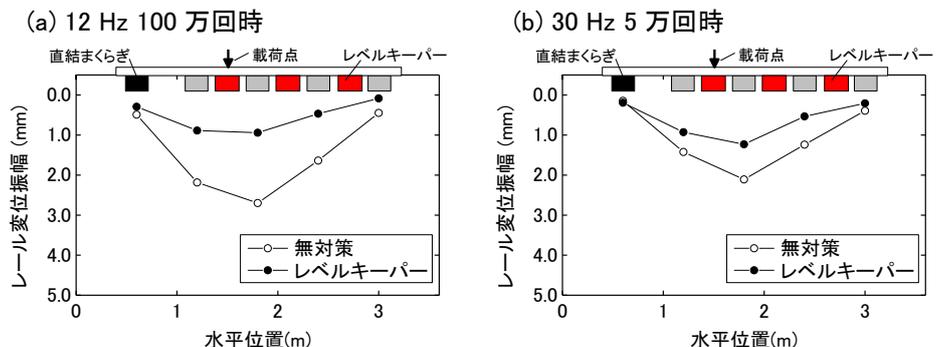


図 6 繰り返し载荷試験によるレール変位振幅の分布

### 参考文献

- [1] 村本, 中村, 野村:浮きまくらぎを自動で補正する, RRR Vol.71 No.12 2014.12
- [2] 公益財団法人鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造, 2014

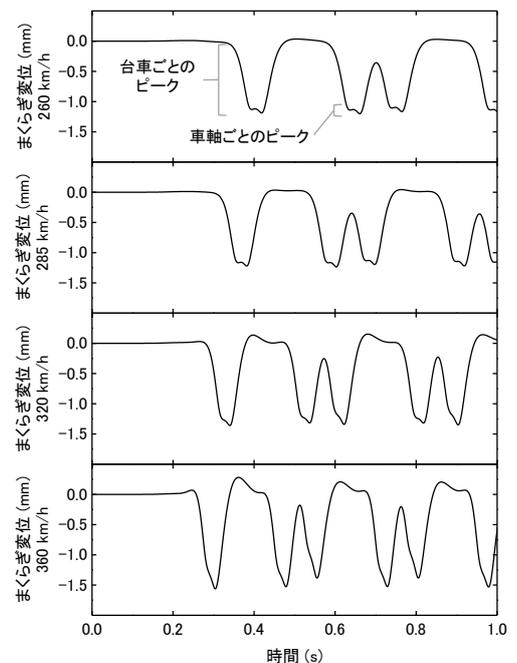
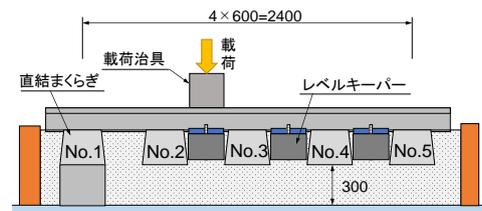


図 4 まくらぎ変位応答の時刻歴波形

### (a) 模型断面の模式図



### (b) 実際の模型

