

自動沈下補正まくらぎによる軌道変位抑制効果のメカニズム

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 村本勝己
同上 正会員 中村貴久

1 はじめに

一般に、スラブ軌道等の直結軌道とバラスト軌道との境界部は、局所的な道床の沈下によって浮まくらぎが発生しやすく、軌道保守上の弱点箇所となっている(図1)。浮まくらぎが発生するとバラストに衝撃的な荷重が作用して軌道状態が急速に悪化するが、軌道構造境界部においては直結軌道端部の変状・破壊にも繋がるため特に注意が必要である。

筆者らは、軌道構造境界部の局所的な軌道変位対策として、道床が沈下しても軌道変位を抑制できる自動沈下補正まくらぎを用いた軌道構造を提案し、開発を行っている¹⁾。本論文では、自動沈下補正まくらぎの施工本数と軌道変位の抑制効果との関係について、1/5スケールモデルを用いた移動荷重載荷試験によって検討した結果を報告する。なお、自動沈下補正まくらぎの詳細については文献2)等を参照されたい。

2 試験概要

表1に試験条件を、図2に供試体の概要を示す。モデルの縮尺は1/5で、軌道横断方向を同一断面とした平面ひずみ条件である。路床には軟弱路盤を想定して厚さ400mmのEPSブロック(D-20, ヤング率=6MPa)を用い、その上に粒度調整碎石を厚さ60mm締め固めて路盤を作製し軌道を設置した。多層系弾性解析による検討結果では、本供試体の路盤面の K_{30} 値は約 50MN/m^3 に相当する。

軌道構造は締結番号1~3が路盤直結の直結軌道、4~10番の7本を自動沈下補正まくらぎ、11~16番の6本をPC3号相当の通常まくらぎとし、レールの曲げ剛性は50kgNレール相当とした。載荷は、マルチアクチュエータ方式移動載荷試験装置³⁾を用いて行った。試験ケースは沈下補正を作動させない場合、沈下補正装置を4番まくらぎから3本、5本、7本作動させた場合の4ケースである。荷重はM荷重相当の列車編成荷重(図3)で軸重3kNとした。この列車荷重を10両編成×5000列車、車軸通過数にして20万回載荷した。

3 軌道の変形

図4に、5000列車目の列車通過時に、先頭から21番目の車軸が各レール締結位置上を通過した際のまくらぎ沈下量と変位振幅の分布を示す。図4(a)より、自動沈下補正装置の作動本数が増えると軌道の沈下形状が線形となっていることがわかる。また、図4(b)より、補正なしの場合は7番まくらぎ付近を中心に浮まくらぎに伴う大きな変位振幅が発生しているのに対し、自動沈下補正装置の作動本数が増えるに従って変位振幅が低減しており、浮まくらぎの発生が抑制されていることがわかる。

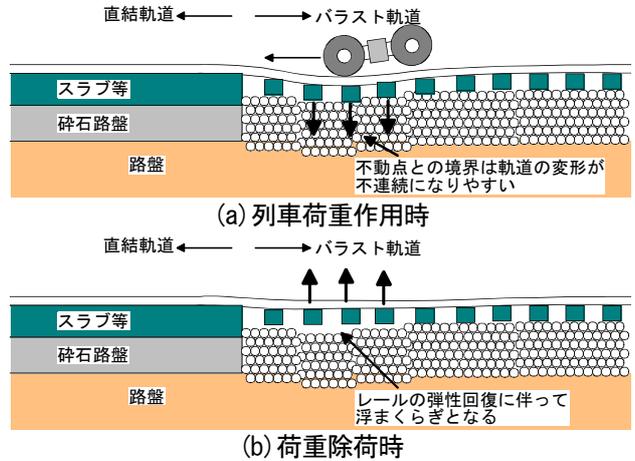


図1 軌道構造境界部の浮まくらぎ発生概念図

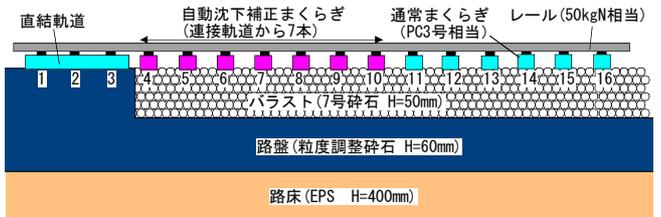


図2 移動荷重載荷試験の供試体の概要

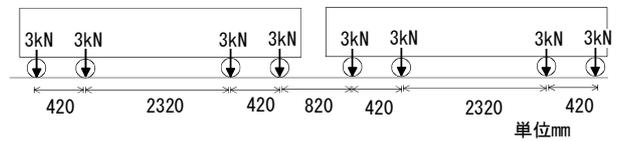


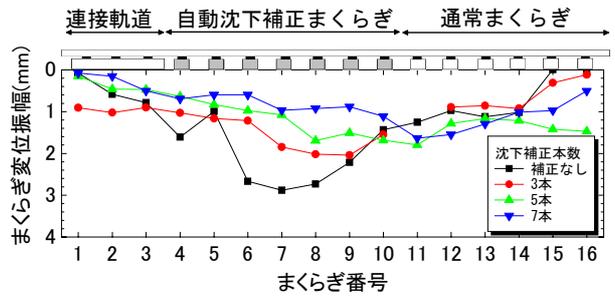
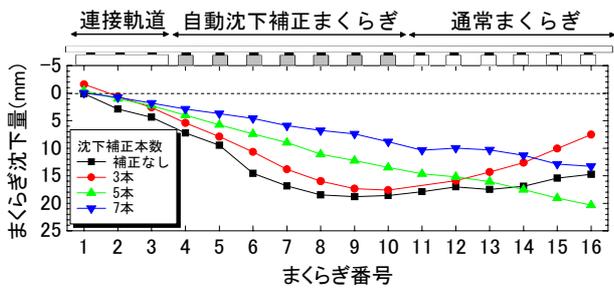
図3 M荷重相当載荷パターン

表1 試験条件

モデルの縮尺	1/5
軌道延長	1800mm (16締結)
路盤面のK値	K_{30} 値にして 50MN/m^3 相当
軸重	3kN (実物大で100kN相当)
移動速度	1000mm/s (実物大で18km/h相当)
移動方向	100列車ごとに変更
列車編成	10両 (M荷重40軸)
列車数	5000列車 (20万軸)
試験ケース	CASE1: 沈下補正なし CASE2: 沈下補正3本 CASE3: 沈下補正5本 CASE4: 沈下補正7本

キーワード: 構造境界, 浮まくらぎ, 自動沈下補正まくらぎ, 移動荷重, 軌道沈下, 模型試験

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL:042-573-7276 FAX:042-573-5413



(a)まくらぎ沈下量 (車軸通過時)

(b)まくらぎ変位振幅

図4 5000列車目における軌道の変形

4 軌道の支持状態と軌道変位抑制のメカニズム

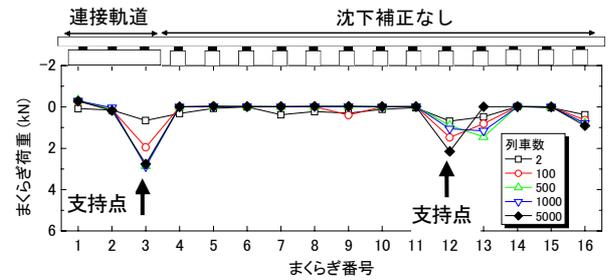
図5に、列車荷重が作用していない無負荷状態での各まくらぎが負担する死荷重分布を示す。本試験では、各締結装置上に約0.3kNの死荷重を均等に作用させているが、実際に各まくらぎが負担する死荷重は均等ではなく、自動沈下補正装置を作動させない場合は2点支持の静定梁構造に近い支持状態であるのに対し(図5(a))、自動沈下補正装置を作動させると中間支持点が発生して3点支持の不静定梁構造となっている(図5(b)~(c))。これらの結果は、以下のメカニズムによって生じるものと考えられる。

- 1) バラスト軌道の軌きょうはそもそも不静定次数の高い連続梁構造であり、バラスト層が塑性変形しやすいため、まくらぎ荷重分担が刻々と変化する。
- 2) 列車荷重によって軌道変位が進行すると、荷重を支持するまくらぎとほとんど支持しないまくらぎが顕在化する。これは、軌きょうの見かけの不静定次数が軌道・路盤の剛性比に応じてなるべく低次に収束するようにバラスト層が塑性変形するためである。
- 3) 自動沈下補正まくらぎが介在すると、バラスト層が局所的に沈下しても強制的に中間支持点が発生するため、変位分布の線形性を優先した不静定構造が維持される。

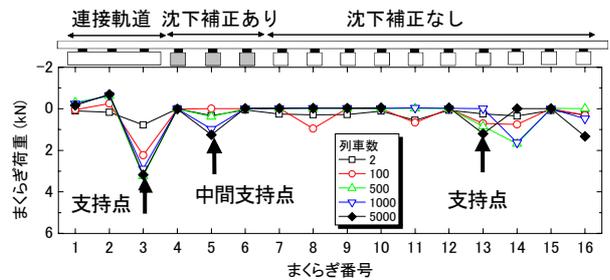
また、中間支持点の位置はすべて、作動している自動沈下補正まくらぎのうちの右から2番目となっていることから、その軌道の支持点間隔ができるだけ均等になるような、最適な自動沈下補正まくらぎの敷設本数が存在する可能性がある。

5 おわりに

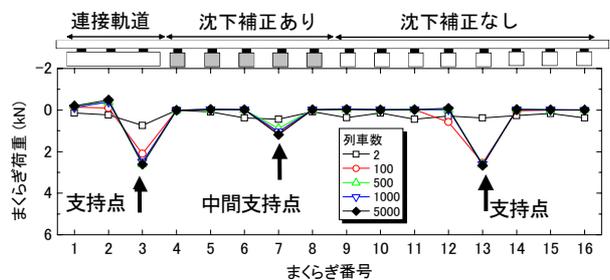
本論文の結果は、一つの軌道・路盤の組合せにおいて検討して得られた結果であり、今後は軌道および路盤剛性の組合せについて検討を行い、自動沈下補正まくらぎの最適な敷設条件を確立していく予定である。



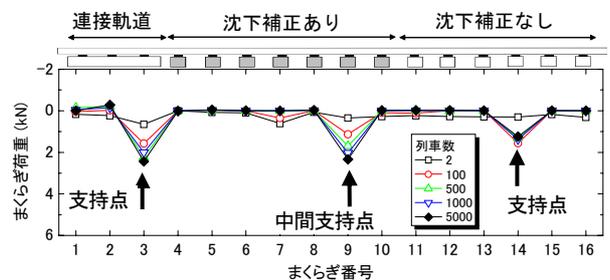
(a) 沈下補正なし



(b) 沈下補正3本作動



(c) 沈下補正5本作動



(d) 沈下補正7本作動

図5 各まくらぎが負担する死荷重分布

参考文献：1) 「実物大試作を用いた自動沈下補正まくらぎの実証試験」, 櫻井, 村本, 中村, 土木学会第64回年次学術講演会概要集IVpp.527-528, 2009. 2) 「実物大軌道模型を用いた軌道構造境界部の繰返し載荷試験」, 櫻井, 村本, 中村, 土木学会第65回年次学術講演会概要集IV(投稿中), 2010. 3) 「マルチアクチュエータ方式移動載荷試験装置を用いたバラスト軌道の模型試験」, 村本, 関根, 土木学会第60回年次学術講演会概要集IVpp.290-291, 2005.