

軌道構造境界部の浮まくらぎ防止対策

軌道技術研究部 軌道・路盤研究室
研究員 櫻井 祐

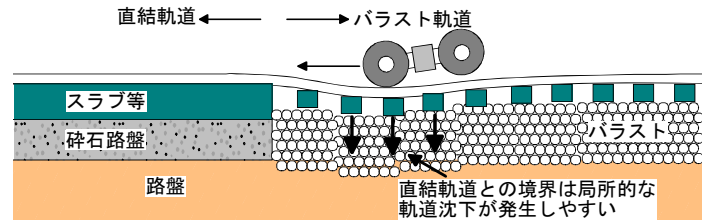
1 はじめに

鉄道のバラスト軌道において、無負荷時にまくらぎがバラストに接触せず、レールにぶら下がっている状態を浮まくらぎという。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、バラストが破碎したり、噴泥が発生するなどして軌道状態が急速に悪化する。

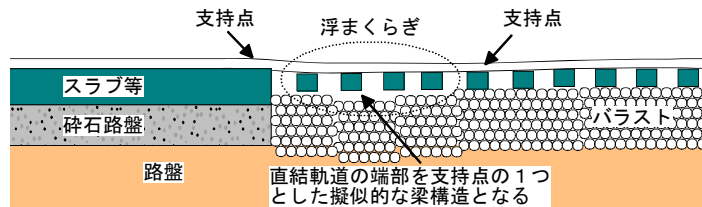
浮まくらぎは、軌道や路盤の構造変化箇所やレール継目部等にしばしば発生するが、特に発生しやすいのが直結軌道（バラストを使用しないスラブ軌道や踏切等）とバラスト軌道との境界部である。これは、直結軌道では軌道沈下がほとんど発生しないのに対してバラスト軌道は沈下が発生しやすく、両者の境界付近の沈下量が不連続になりやすいためである（図1a）。その結果、直結軌道の端部を支持点の1つとした浮まくらぎが発生することが多い（図1b）。これは、列車荷重によってバラストが沈下する限り防止することは困難である。

鉄道総研では、軌道構造境界部の浮まくらぎおよび軌道沈下対策として、バラストが沈下してもレールレベルの不整を防止する自動沈下補正まくらぎ（図2）の開発を行っている^{1),2)}。一方、営業線において、踏切境界部付近

のまくらぎを、弾性まくらぎ（まくらぎ下面に弾性材（ゴム）が接着されたまくらぎ）に交換することで軌道沈下が低減したという報告があるが、定量的な効果は不明である。そこで、弾性まくらぎおよび自動沈下補正まくらぎを用いた軌道構造境界部の浮まくらぎの発生防止対策の効果について、実物大軌道模型を用いた載荷試験によって比較検証した。



(a) 列車荷重が作用しているとき



(b) 列車荷重が作用していないとき

図1 軌道構造境界部の浮まくらぎ発生概念図

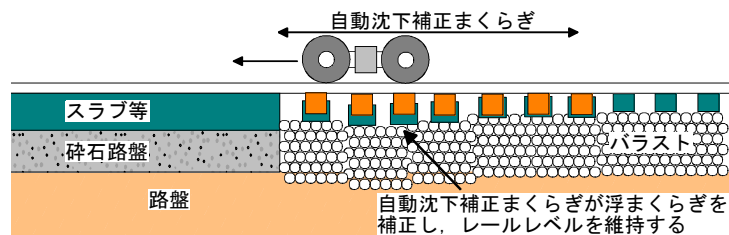


図2 浮まくらぎ防止の原理

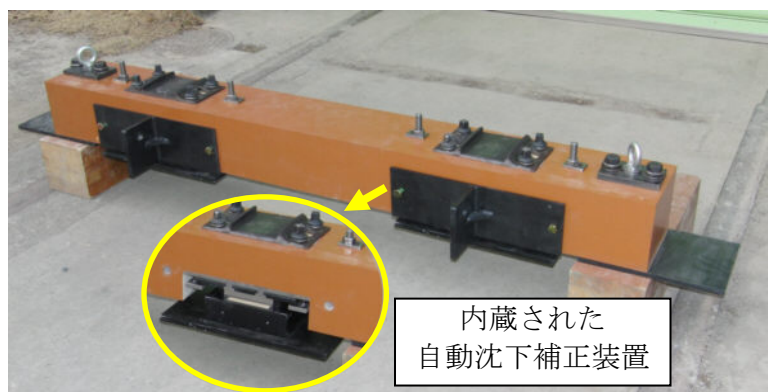


図3 自動沈下補正まくらぎ（左右独立補正型）

2 自動沈下補正まくらぎの概要

今回使用した自動沈下補正まくらぎは、実用化段階に近い構造として新たに試作した左右独立補正型（図3）である。これは、左右レール直下に2基の自動沈下補正装置を内蔵しており、それぞれが独立してバラストの沈

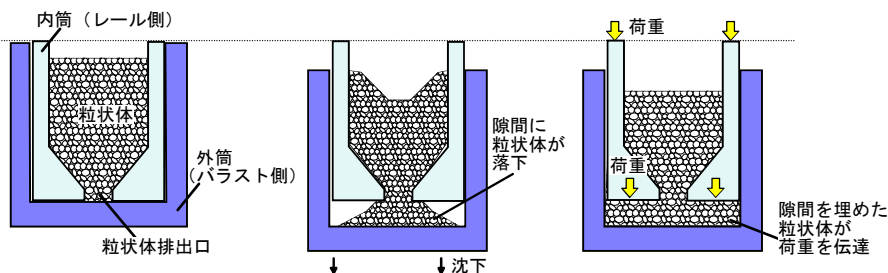


図4 粒状体を用いた自動沈下補正装置の動作原理

下を補正するため、左右レール下のまくらぎ浮き量に違いがある場合にも補正することが可能である。自動沈下補正装置は、図4に示すように内筒と外筒の二つの箱を入れ子に組み合わせた構造体で、内筒上面はまくらぎ本体を介してレール側と繋がり、外筒底面はバラストに接している。内筒の内部には金属やセラミックの粒状体が入っており、バラストの沈下に伴って外筒が沈下して内外筒間に隙間が発生すると、内筒底面の粒状体排出口から粒状体が落下して隙間が埋まり、自動沈下補正装置の実質的な高さが増加する。その結果、図2に示すように、バラストの局所的な沈下が進行しても浮まくらぎは発生せず、レールレベルが一定に保たれる。

3 試験概要

図5および図6に実物大軌道模型の概要を示す。本軌道模型は、直結軌道とバラスト軌道の軌道構造境界部をまくらぎ11本で模擬したものであり、端部の1本のPC3号まくらぎをコンクリートブロック上に固定した直結構造（以下直結まくらぎという）とした。路盤は礫質砂とEPSを組合せて作製し、 K_{30} 値=50MN/m³程度の比較的軟弱な路盤条件とした。荷重は図5に示す2点に対する定点繰返し荷重とし、荷重周波数5Hzで、0~100kNの正弦波軸重を最大100万回荷重した。試験ケースは、バラスト軌道のまくらぎ10本全てをPC3号まくらぎとする通常軌道ケース、10本すべて弾性まくらぎとする弾性まくらぎケース、および直結まくらぎ側に自動沈下補正まくらぎを7本敷設する自動沈下補正まくらぎケースの3ケースである。

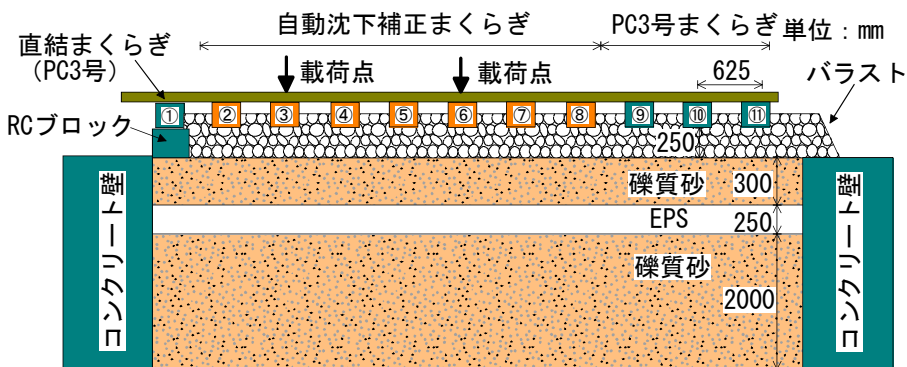


図5 実物大軌道模型の概要（自動沈下補正まくらぎケース）

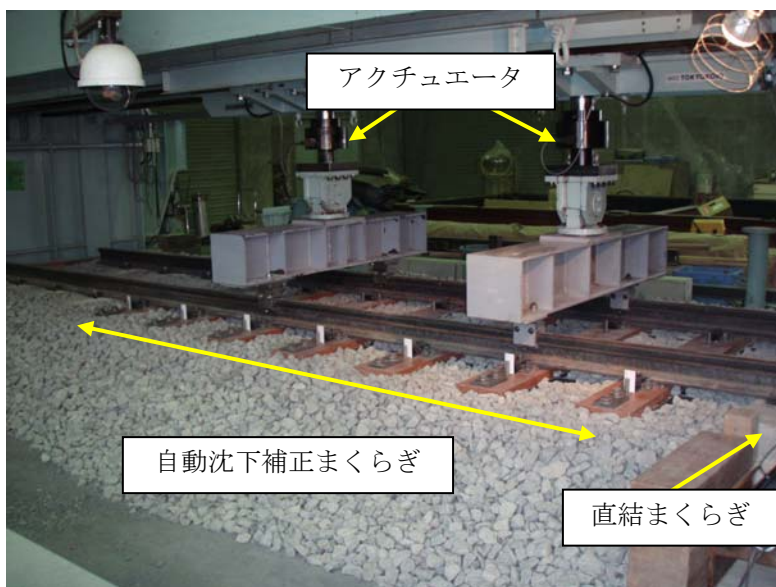


図6 試験状況（自動沈下補正まくらぎケース）

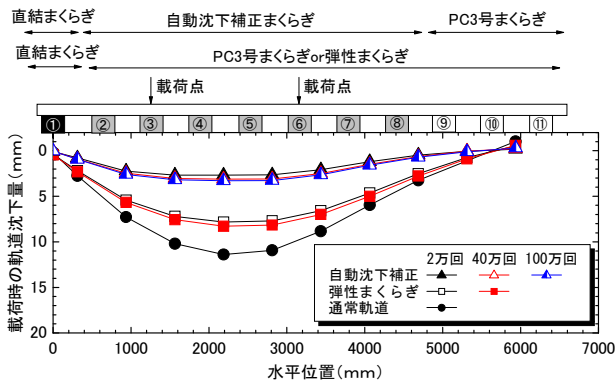


図7 軌道沈下量の分布 (載荷時)

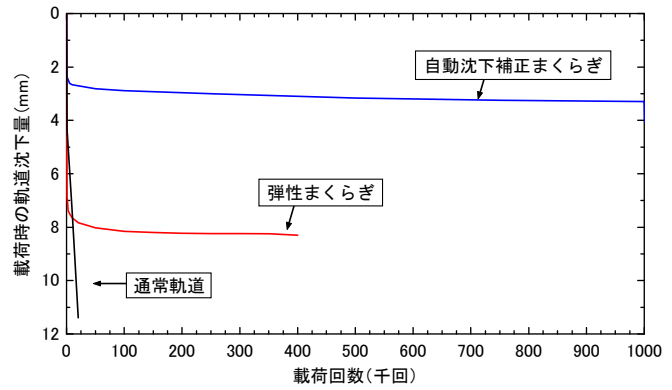


図8 4～5番まくらぎ間の軌道沈下量の推移 (載荷時)

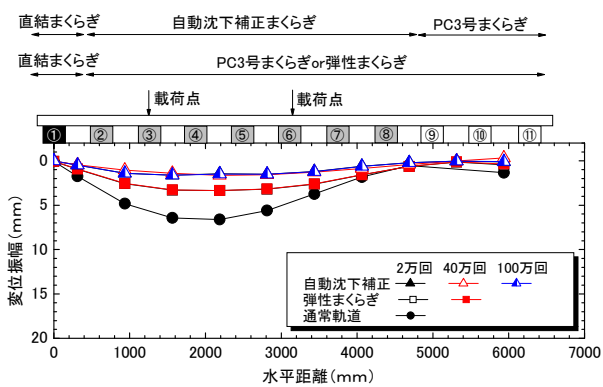


図9 変位振幅の分布

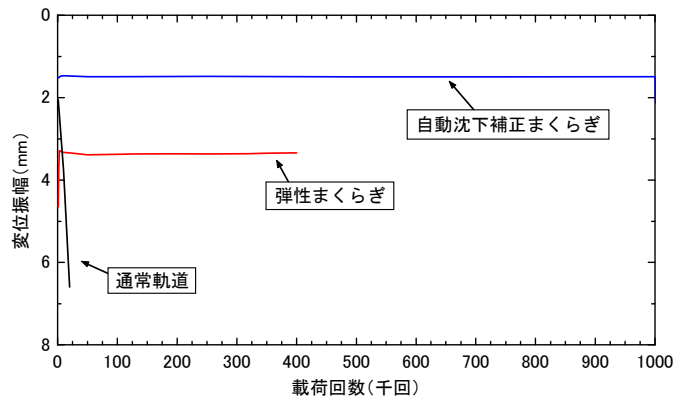


図10 4～5番まくらぎ間の変位振幅の推移

4 試験結果

図7に軌道沈下量の分布(載荷時)を、図8に4～5番まくらぎ間の軌道沈下量の推移(載荷時)を示す。通常軌道は載荷直後から急速に沈下が進行し、載荷2万回で11mm沈下してなお収束する傾向がみられず、浮まくらぎに伴う振動および衝撃が顕著になったため試験を終了した。弾性まくらぎ軌道についても、載荷直後に載荷点付近で大きく沈下が生じ、載荷2万回で8mmの沈下が発生して浮まくらぎとなった。しかし、まくらぎ下面の弾性材の効果によってバラストへの衝撃荷重が緩和されるため、浮まくらぎとなつてからの沈下の進行は緩やかであった。自動沈下補正まくらぎ軌道の場合、載荷直後に3mm程度の初期沈下が生じたものの、その後100万回までの沈下量は極めて小さく、浮まくらぎは発生しなかった。

図9に変位振幅の分布を、図10に4～5番まくらぎ間の変位振幅の推移を示す。自動沈下補正まくらぎは、軌道沈下量によらず終始1.5mm程度の変位振幅で安定していることから、効果的に浮まくらぎの発生を防止しているものと考えられる。弾性まくらぎも変位振幅は安定しており、浮まくらぎが進行する傾向は認められないものの、浮まくらぎによる変形に弾性材の変形が加わるため、変位振幅は3.5mm程度と大きい。

5 まとめ

本試験において、軌道構造境界部における、自動沈下補正まくらぎの浮まくらぎ発生防止効果が顕著であることが確認された。また、弾性まくらぎにも一定の軌道沈下抑制効果が認められたが、浮まくらぎ発生防止効果は低いことがわかった。

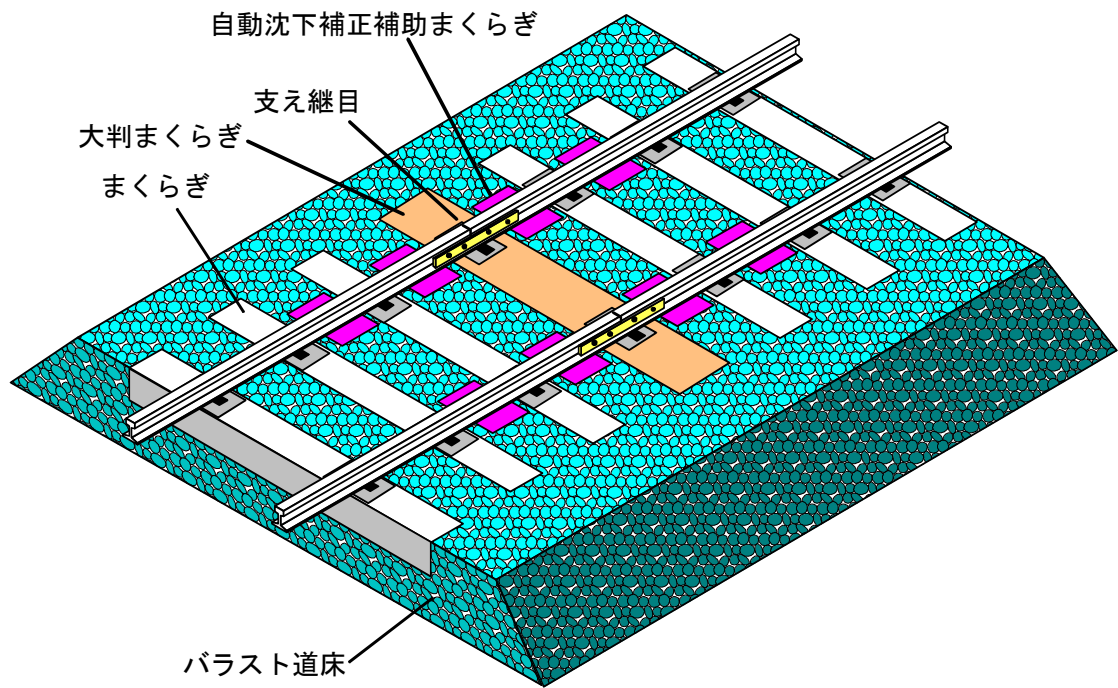


図 1 1 自動沈下補正補助まくらぎの敷設例（支え継目構造）

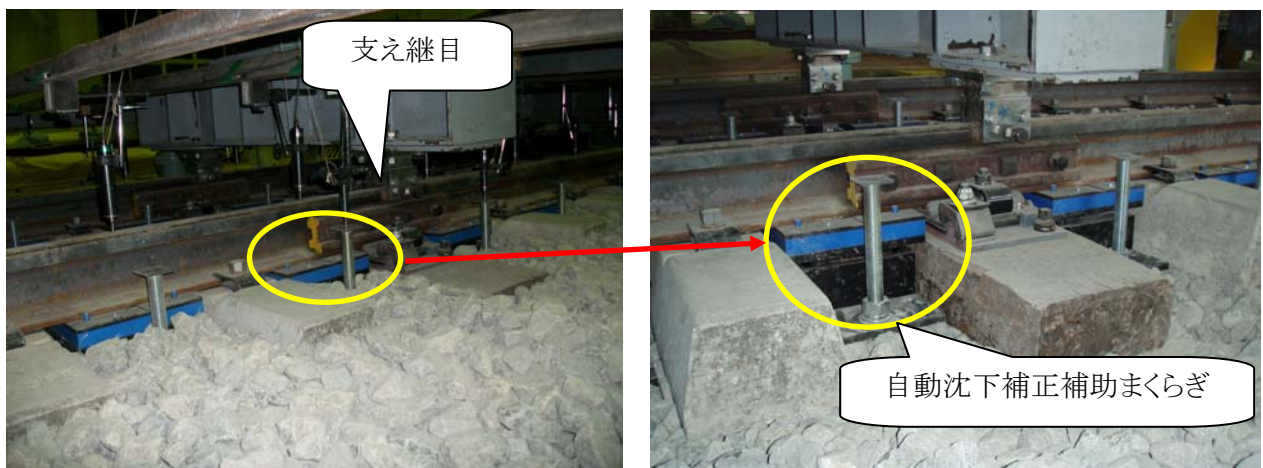


図 1 2 自動沈下補正補助まくらぎの設置状況

6 おわりに

今後は、試験施工による効果の確認等を行い、自動沈下補正まくらぎの実用化を進めていく。また、より簡易な施工によって沈下補正機能を実現させるため、自動沈下補正補助まくらぎ（図 1 1，図 1 2）の開発も進めている。これは、既設軌道のまくらぎを交換せずに、沈下補正機能を低コストかつ簡易に追加することが可能である。主に、継目落ち対策として、継目部（支え継目、かけ継目）への適用を検討している。

なお、本研究は国土交通省の補助金を受けて実施している。

参考文献

- 1) 村本，中村：自動沈下補正まくらぎによる構造境界部の軌道変位抑制効果，鉄道総研報告 Vol. 23, No. 10, 2009
- 2) 櫻井，村本，中村：実物大軌道模型を用いた軌道構造境界部の繰返し载荷試験，第 65 回土木学会年次学術講演会集概要集，2010