

座屈防止杭による道床横抵抗力増強に関する基礎的研究

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○山元 崇史
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 前田 麦
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 清水 裕介

1. はじめに

当社は、H26年に導入した貫通縦穴付きPCまくらぎへ座屈防止杭（以下、杭）を敷設することで、道床弛緩作業直後においても必要道床横抵抗力を確保できることを確認した。H27年度からは、下級線用PCまくらぎの貫通縦穴全てに杭を打込むことにより、夏期作業制限期間中においても、軌道整備等を実施する予定である。

本稿では、杭設置本数と道床横抵抗力増強効果の関係性について検証するため、杭設置本数の異なるパターンで、軌きょう引き道床横抵抗力測定試験（以下、「軌きょう引き試験」）を実施したので、内容について報告する。

2. 座屈防止杭の増強効果

50N レール区間において必要な道床横抵抗力は3.9kN/mである。PCまくらぎに設けた貫通縦穴に杭（まくらぎ下200mm）を打ち込むことにより、道床弛緩作業後においても必要道床横抵抗力を確保できることが、既の確認されている。これは、図-1に示すように、杭自体が道床内に留まろうとする力と、まくらぎが道床を押さえる力の2つの要素が起因していると考えられる。

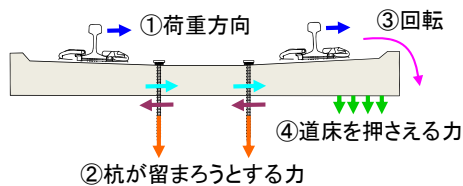


図-1 座屈防止杭の増強メカニズム

3. 杭と道床横抵抗力の関係性の検証

(1) 杭本数を変更した場合の増強効果確認

杭自体が、道床横抵抗力の増強に起因していることから、杭本数を変更し軌きょう引き試験を実施した。

試験ケースを表-1に、試験方法を図-2に示す。

表-1 試験ケース

ケース	杭本数	杭設置状態	载荷方向
①	0本		↓
②	10本		↓
③	5本		↓

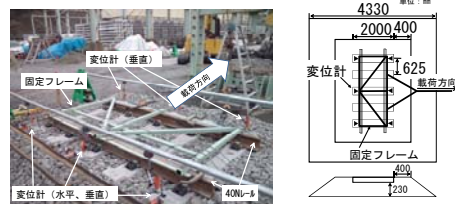


図-2 実物大軌きょうでの道床横抵抗力試験

各試験ケースを同条件とするため、道床バラストは密度が一定となるように締固めを行い、余盛は無しにて、軌きょう引き試験（図-2）を行った。

(2) 水平変位量の試験結果（①、②、③の比較）

試験結果を図-3に示す。①杭無しは、軌きょう引き

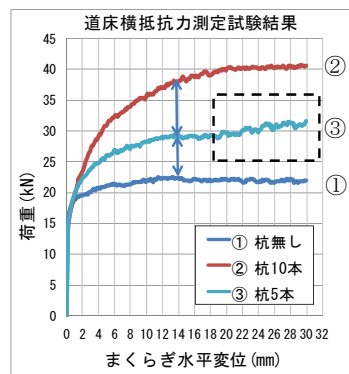


図-3 道床横抵抗力試験結果

においても、1本引き試験にて見受けられるように、ある程度抵抗したのち速やかに横ばいになる挙動を示したのに対し、②杭10本では、これまでの杭設置に伴う試験結果と同様に緩やかに上昇したうえで最終道床横抵抗力に到達した。これは、杭が道床内を移動する際に、杭周辺の碎石が締め固まり、除々に抵抗力が増加していると考えられる。

また、③杭5本においても、②杭10本と同様に緩やかなカーブを描いたうえで最終道床横抵抗力に到達する特徴が見受けられた。最終道床横抵抗力に関しては、②杭10本の概ね1/2の増強効果であったものの、水平変位10mm～16mmの間では、②杭10本に対して4割程度の値となっている。これは、③杭5本の载荷側の杭本数が2本であり、载荷側に杭5本を②杭10本を設置しているに対し杭本数が4割であるためでは無いかと考えられる。

また、水平変位18mm～30mmの間において、波を打つような挙動を示しつつ変位している。これは杭5本を千鳥で設置しているため、载荷方向としては1本で抵抗している。そのため、道床内で杭が移動するとき碎石からの抵抗を受けるが、抵抗となっている碎石が転がる等により、荷重の増減が発生していると考えられる。

キーワード : 道床横抵抗力、座屈防止杭、軌きょう引き試験

連絡先 : 〒453-0872 名古屋市中村区平池町4-1 東海旅客鉄道(株)名古屋保線区 TEL:052-541-7032

4. 杭本数を変更した軌きょう引き試験

(1) 杭本数を変更した場合の増強効果確認 (追加)

本数や配置の影響を更に検証するため、杭本数を以下の試験ケースのように変更し、軌きょう引き試験にて評価することとした。

試験ケースを表-2に試験方法を図-2に示す。

表-2 試験ケース

ケース	杭本数	杭設置状態	荷重方向
④	4本		↓
⑤	3本		↓
⑥	2本		↓

(2) 水平変位量の試験結果 (④, ⑤, ⑥の比較)

試験結果を図-4に示す。

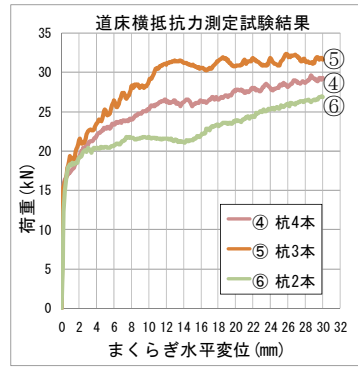


図-4 道床横抵抗力試験結果

④杭 4 本及び⑤杭 5 本に関しては、②杭 10 本と同様に緩やかなカーブを描いたうえで最終道床横抵抗力に到達する特徴を示した。なお、⑥杭 2 本では、水平変位 14 mm 程度までは、杭 0

本とほぼ同等の横抵抗力の推移を示しており、その後、増加していることから、2 本程度の杭の場合は、効果が不安定と考えられる。

また、⑤杭 3 本では、波を打つような挙動が大きい。これは杭を千鳥にて設置した影響が③杭 5 本より大きく影響し、荷重の増減に表れているのでは無いかと考える。

5. 鉛直変位の試験結果

「まくらぎが道床を押さえる力」に関する影響を把握するため、まくらぎの荷重側、反対側、それぞれの鉛直変位を計測した。鉛直変位の測定結果を図-5に、鉛直変位の挙動例を図-6に示す。

杭が無し (0 本) では、荷重に伴い荷重側と反対側の鉛直変位に差は無く、水平に移動しているが、杭 10 本の場合は、荷重側の鉛直変位が小さくなっているのに対して、反対側が浮き上がるような挙動を示している。これは、杭が碎石の抵抗を受け、軌きょうを回転させようとする動きが発生していると考えられる。また、杭本数が多いほど、荷重側と後端側の鉛直変位に差が生じており、この部分が、杭効果の一つである「まくらぎが道床を押

さえる力」であると考えられる。

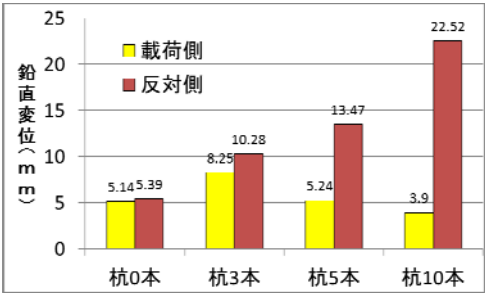


図-5 30mm 水平変位時の鉛直変位量の違い

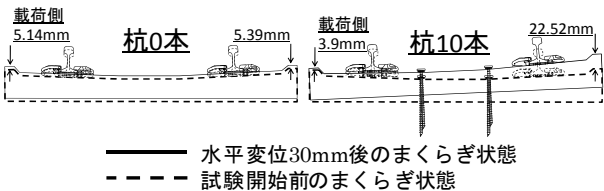


図-6 鉛直変位の挙動例

6. まとめ

①杭設置時の荷重推移

杭を設置した場合の水平変位に対する荷重の動きは、概ね、緩やかなカーブを描いたうえで最終道床横抵抗力に到達する特徴を見られる。

②波を打つ荷重推移

特に⑤杭 3 本及び③杭 5 本において、波を打つような挙動を示した。これは、道床内で杭が移動するとき碎石からの抵抗を受けるが、抵抗となっている碎石が転がる等により、荷重の増減が発生していると考ええる

③載荷側と反対側の鉛直変位差

測定結果より、載荷側と反対側の鉛直変位差が、杭設置時の回転となり、その結果、「まくらぎが道床を押さえる力」となって、まくらぎ下面の摩擦抵抗を上げ、道床横抵抗力を増強させていると考えられる。

7. おわりに

今回、杭設置本数の異なるパターンで軌きょう引き試験を実施したことで、新たな知見を得ることができた。

今後は、必要道床横抵抗力を確保するための杭必要本数について検証を進めていく予定である。

〈参考文献〉

1) 楠田, 山口, 桃谷, 伊藤 (2012)
「模型実験によるバラスト軌道の道床横抵抗力の検討」第 67 回土木学会年次学術講演会概要集, VI-533, 2012

2) 清水, 渡邊 (2013)
「実物大の軌きょうを用いた PC まくらぎの道床横抵抗力試験」第 68 回土木学会年次学術講演会概要集, VI-465, 2013