

座屈防止杭による道床横抵抗力増強発現のメカニズム

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○福中 力也
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 久永 健一郎
 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

従来、下級線(3,4級線)の一般的な軌道構造は、40N、木まくらぎ、ふるい砂利であった。近年、安全性をさらに強化することに加え、LCCを低減することを目的として、下級線においても50N化、PC化、道床砕石化を推進している。

この中長期的な軌道強化の推進に併せて、労務費、材料費の低コスト化を図るため、下級線専用のPCまくらぎ(以下、「下級線用PCまくらぎ」)を開発した。下級線における列車通過トン数を考慮し、軽量化しつつ、道床横抵抗力は従来と同程度を確保した設計としており、平成26年度より本格導入している。

下級線用PCまくらぎには、貫通縦穴を軌間内に2箇所設けている。その活用方法の主なものとして、貫通縦穴に異形棒鋼を打ち込むこと(図-1)により、道床横抵抗力を増強させる方法を提案した。

本稿では、貫通縦穴を通じて道床に打ち込む異形棒鋼を『座屈防止杭』(以下、「杭」と呼び、杭の基本性能及び酷暑期における道床弛緩作業への影響を検証するため、道床横抵抗力測定試験(総数657本)を行ったので、その結果について報告する。



図-1 下級線用PCまくらぎと杭

2. 下級線用PCまくらぎの概要

(1)下級線用PCまくらぎの特徴

下級線用PCまくらぎは、従来のPCまくらぎに比べ、「まくらぎ厚を薄くし軽量化を図った点」、「まくらぎ端面面積を増加させ道床横抵抗力を確保した点」、「軌間内に2つの貫通縦穴を採用した点」の3点が挙げられる。

(2)杭打ち込みによる道床横抵抗力測定結果(実軌道試験)

ふるい砂利、碎石における杭の有無についての試験結果を図-2に示す。グラフは弛緩状態での道床横抵抗力を示す。杭を打ち込むと、道床種別に関係無く、約3kN/mの増強効果があることを確認した。

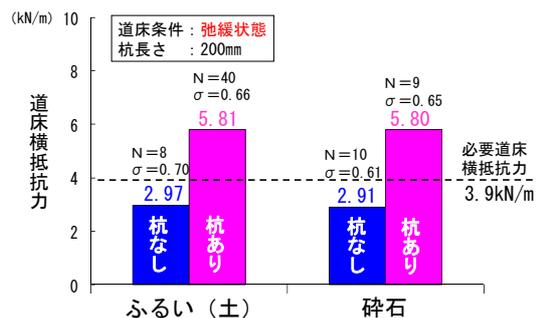


図-2 杭打ち込みによる道床横抵抗力

3. 杭が道床横抵抗力に与える影響の分析

ここでは、なぜ杭を打ち込むことにより増強効果があるのかを検証する。

(1)仮説と試験概要

図-3に示すように、杭には、留まろうとする杭単体の力と回転モーメントによる道床を押さえる力が働くことにより増強効果が発揮されると仮説を立てた。

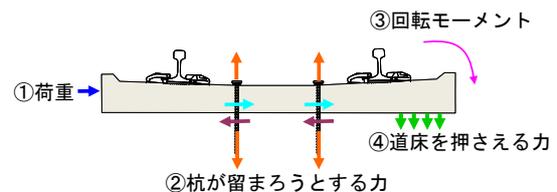


図-3 杭による増強効果(仮説)

試験方法を図-4に示す。

下級線用PCまくらぎ各部にひずみゲージを取付け試験を実施した。ゲージ取付け位置は図-4の②~④である。

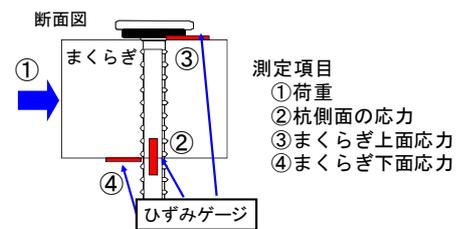


図-4 試験測定項目

(2)試験結果

試験結果を図-5に示す。

キーワード 座屈防止杭 道床横抵抗力 実軌道モデル 増強メカニズム

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

①は荷重であり、道床横抵抗力の増加を示す。②はひずみゲージの測定値である。抵抗力の増加とともに、軸力が増加していることがわかる。③④はまくらぎに働く応力を示す。どちらも圧縮方向に力が働いていることを確認した。これらの結果から、杭の効果は、杭単体の抵抗力と、回転力の発生による下面摩擦力の増加の二つの要素により約 3kN/m の増強効果を発揮していることを確認した。

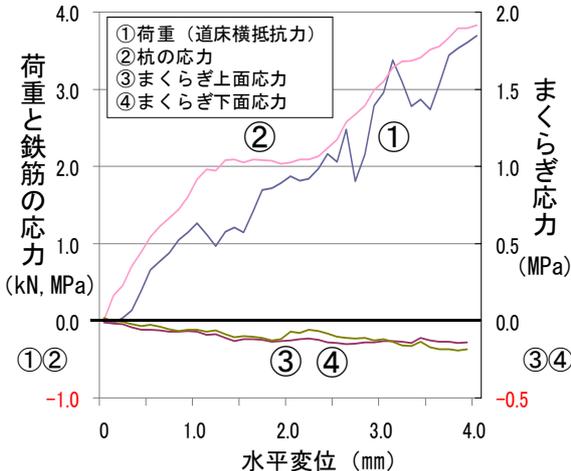


図-5 試験結果

4. 杭の実用化を想定した課題の検証

杭効果の持続性、降雨の影響、杭の浮き上がりについて検証を行った。

(1)杭効果の持続性

杭有り、杭無しの道床横抵抗力を追跡調査し、杭効果の持続性を確認した。ふるい区間の結果を図-6 に、砕石区間を図-7 に示す。敷設後 90 日までの間、杭の増強効果が持続することを確認した。

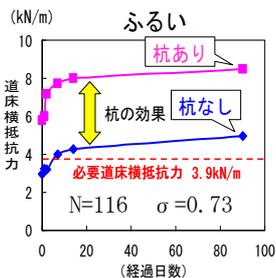


図-6 追跡調査(ふるい)

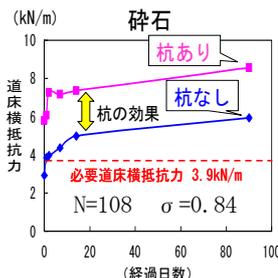


図-7 追跡調査(砕石)

(2)降雨の影響

ふるい区間において、降雨により細粒分が流出し、道床横抵抗力に影響が無いかを検証するため、時雨量 50mm 相当の水 140 ㍓を散水し測定した。散水状況と降雨試験結果を図-8 に示す。

道床弛緩作業直後の含水状態による測定結果に差が無いことから、降雨による杭の効果減少の影響はほとんど無いことを確認した。

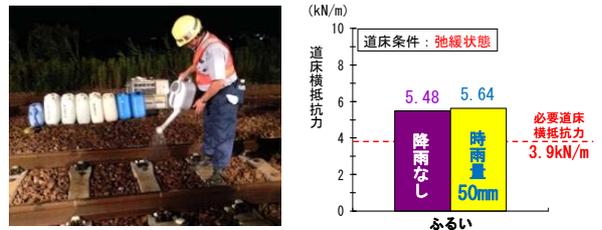


図-8 散水状況と降雨試験結果

(3)杭の浮き上がり

杭設置から 60 日後までの杭とまくらぎをレベル測量した結果を図-9 に示す。初期沈下量による 2~3 mm 程度の隙間はあるが、その後の繰返し荷重による変化は無いことから杭の浮き上がりは発生しないことを確認した。

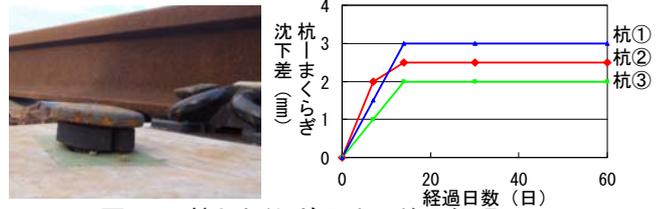


図-9 杭とまくらぎの沈下差の経過

5. 実施工への展開

これまでの結果を踏まえ、夏期作業制限期間中の PC まくらぎ取替工事を夜間にて実施した。施工条件として、全ての PC まくらぎへ杭を設置することとした。施工後には最高レール温度 56.6℃を経験したが変状等は発生しておらず、図-10 に示すとおり、通り狂いの経過もほとんど変化のないことがわかる。

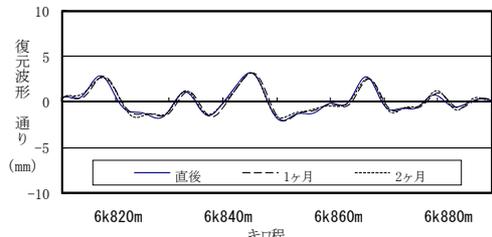


図-10 施工後の通り狂い(試験車)

6. まとめと今後の進め方

本研究において、下級線用 PC まくらぎに座屈防止杭を打込むことにより、道床状態や道床種別に関らず、道床横抵抗力の増強効果が得られることを確認した。また、杭の実用性を評価したところ、安価にかつ、施工性良く軌道強化が可能なることを確認した。また、夏期に道床弛緩作業を実施してその安全性も確認した。

〈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