

まくらぎ間隔の拡大に伴う道床横抵抗力特性の変化に関する基礎的検討

横浜国立大学 学生会員 ○小山 詠美梨

横浜国立大学大学院 正会員 早野 公敏

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 伊藤 壱記 桃谷 尚嗣

1. はじめに 木まくらぎのPCまくらぎ化を行う際に、まくらぎ間隔の拡大を図ることが試みられている。しかし、まくらぎ間隔の拡大に伴い道床横抵抗力がどのように変化するかについての知見の集積は十分ではない。そこで本研究では室内で1/5スケールの道床横抵抗力試験を行い、まくらぎ間隔の拡大に伴う道床横抵抗力特性の変化について検討を行った。

2. 模型実験の概要 実スケールの1/5サイズの模型を用いて実験を行った。用いたまくらぎは木まくらぎ、PC3号まくらぎ、翼付きまくらぎである。翼付きまくらぎでは両側面から10mmの突起が出ている。模型バラストには実バラストの1/5相似粒度の碎石を用いた。土槽に乾燥密度 1.60g/cm^3 となるように道床模型を作製しまくらぎを設置して1本引き試験と軌きょう引き試験を実施した。

軌きょう引き試験の道床模型を図1に示す。軌きょう引き試験では所定のまくらぎ間隔を満足するように5本のまくらぎで軌きょうを組んで载荷を行った(以下5本引き試験と称する)。まくらぎ間隔は140, 210, 240, 300mmとし、 50kg/m のレール荷重に対応するようにまくらぎ間隔に応じてフレームの重さを調整した。ただし木まくらぎについてはまくらぎ間隔140mmのみを実施した。また1本引き試験では、まくらぎ間隔140mmに対応するようにレール荷重を考慮してまくらぎ上の重りを調整した。各試験の载荷速度は 0.4mm/min とした。

3. 1本引き試験の水平荷重—水平変位関係 図2に各まくらぎの1本引き試験の水平荷重—水平変位関係を示す。木まくらぎに比べてPC3号まくらぎと翼付きまくらぎの水平荷重大きい。水平変位が5-10mmの水平荷重の平均値を最終道床横抵抗力 $R_{5-10}(\text{N/本})$ とすると、PC3号まくらぎと翼付きまくらぎの $R_{5-10}(\text{N/本})$ は、木まくらぎの $R_{5-10}(\text{N/本})$ のそれぞれ1.41, 1.61倍であった。

4. 5本引き試験の水平荷重—水平変位関係 図3にPC3号まくらぎと翼付きまくらぎの水平荷重—水平変位関係を示す。水平荷重はまくらぎ1本あたりである。木まくらぎ(140mm間隔)の結果も合わせて示した。同図より、まくらぎ間隔の拡大

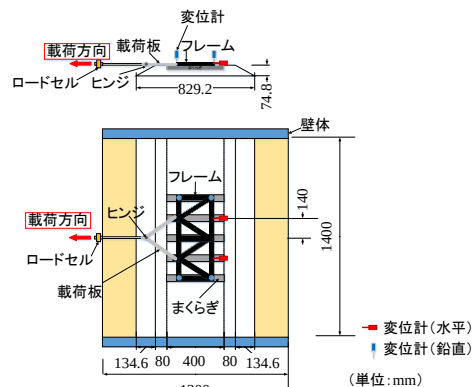


図1 軌きょう引き試験の道床模型(まくらぎ間隔140mmの場合)

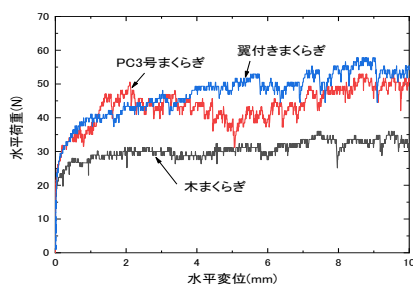


図2 1本引き試験の水平荷重—水平変位関係

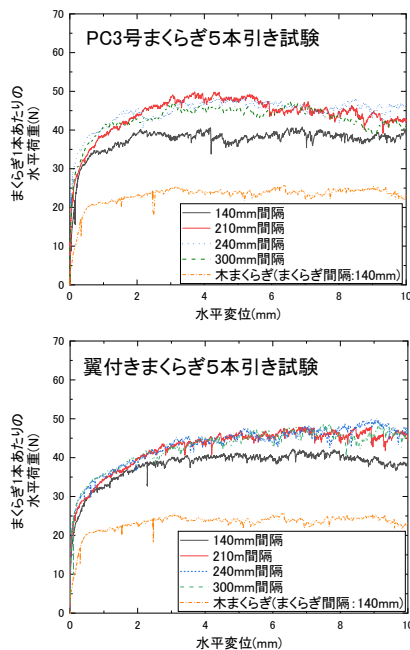


図3 5本引き試験の水平荷重—水平変位関係

キーワード バラスト軌道, PCまくらぎ化, 模型試験, 道床横抵抗力

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 土木工学棟

に伴い水平荷重が増加している。これは①まくらぎ1本あたりで負担するレール荷重が増えてまくらぎ底面の摩擦抵抗が増加すること、②まくらぎ間隔の拡大により隣接するまくらぎ間の干渉が小さくなること、が影響するためと考えられる。

図4には1mあたりの水平荷重—水平変位関係を示す。PC3号まくらぎと翼付きまくらぎのどちらについても、まくらぎ間隔の拡大に伴い、1mあたりの水平荷重は低下している。

5. まくらぎ間隔の拡大に伴う道床横抵抗力的変化とその予測

図4より、PC3号まくらぎと翼付きまくらぎについて、各まくらぎ間隔に対する1mあたりの最終道床横抵抗力 R_{5-10} (N/m)を求めた。得られた R_{5-10} (N/m)とまくらぎ間隔の関係を図5に示す。同図には木まくらぎの5本引き試験(まくらぎ間隔:140mm)から得られた R_{5-10} (N/m)も示している。木まくらぎをPCまくらぎに変更する場合、従前の道床横抵抗力を確保できる最大のまくらぎ間隔はPC3号まくらぎで268mm、翼付きまくらぎで273mmとなり、それぞれ1.91, 1.95倍の拡大となる。

先に述べたように、まくらぎ間隔の拡大にともなう道床横抵抗力的変化には、まくらぎ1本あたりで負担するレール荷重の影響と、隣接するまくらぎ間の干渉の影響を考慮する必要がある。そこで任意のまくらぎ間隔に対する、1mあたりの最終道床横抵抗力 R_{5-10} (N/m)を以下の式で評価した。

$$R_{5-10}(\text{N/m}) = \{\eta \times (R_{5-10}(\text{N/本}) + \mu_{\text{ballast}} \times \Delta W)\} / SS \quad (1)$$

ここで、 R_{5-10} (N/本): 1本引き試験(レール荷重はまくらぎ間隔140mm相当)から得られたまくらぎ1本あたりの最終道床横抵抗力、 μ_{ballast} : 各まくらぎとバラスト間の摩擦係数、 ΔW : まくらぎ間隔拡大にともなう、まくらぎ1本あたりで負担するレール荷重の増加分(N/本)、 SS : まくらぎ間隔(m)、 η : 隣接するまくらぎ間の干渉の影響を表す“群杭効率”で、次式により評価した。

$$\eta = 0.317(SW/SS)^2 - 0.722(SW/SS) + 1 \quad (2)$$

SW はまくらぎ幅(m)である。詳しくは文献⁹⁾を参照されたい。

式(1)により評価した R_{5-10} (N/m)を図5に示した。比較的实验値に近い値が得られた。一方、 $\eta=1$ として隣接するまくらぎ間の干渉を考慮しない場合の R_{5-10} (N/m)も示したが、実験値を過大評価している。特に翼付きまくらぎで傾向が強い。

6. まとめ 木まくらぎのPCまくらぎ化を行う際に、まくらぎ間隔の拡大を図ることが試みられていることから、室内で1/5スケールの道床横抵抗力試験を実施し、まくらぎ間隔の拡大にともなう道床横抵抗力的変化を調べた。その結果、まくらぎ1本あたりで負担するレール荷重の影響と、隣接するまくらぎ間の干渉の影響を考慮することで精度のよい予測ができる可能性が高いことが明らかになった。

参考文献 1) 小山詠美梨・高橋龍太郎・早野公敏・伊藤孝記・桃谷尚嗣: 「群杭効果」がバラスト軌道の道床横抵抗に及ぼす影響, 第54回地盤工学研究発表会投稿中, 2019.

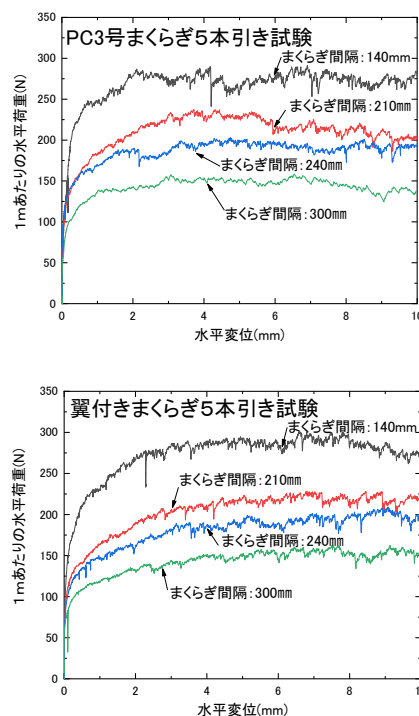


図4 5本引き試験における1mあたりの水平荷重—水平変位関係

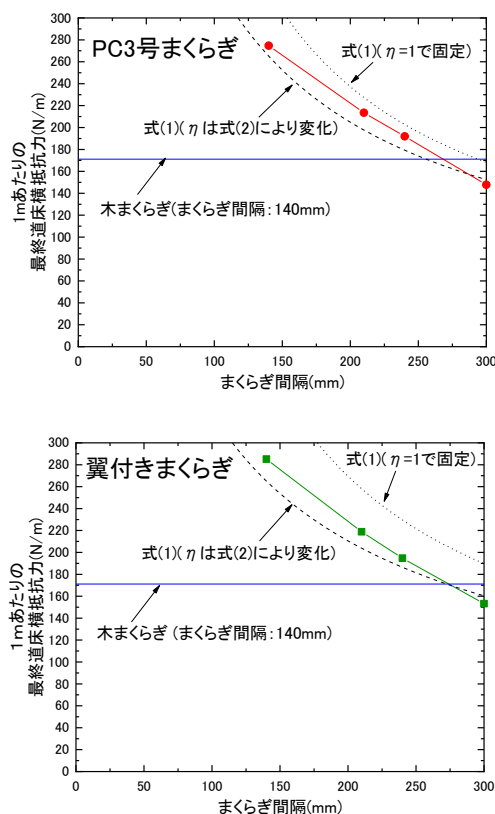


図5 まくらぎ間隔に対する1mあたりの最終道床横抵抗力