

模型実験によるバラスト軌道の道床横抵抗力の検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 楠田将之 山口義信
公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 桃谷尚嗣 伊藤孝記

1.はじめに :バラスト軌道の道床横抵抗力特性は,ロングレールの座屈安定性に大きな影響を及ぼし,この評価に用いる道床横抵抗力は,軌きょう全体が移動するときの最終道床横抵抗力である.しかし,一般的にはまくらぎ1本を水平に载荷し,移動量2mmにおける水平荷重を用いている.これは,まくらぎ1本を水平に载荷した場合の移動量2mmにおける道床横抵抗力が最終道床横抵抗力の70~80%となること,まくらぎ1本の場合には,軌きょう全体が移動する場合と比較して道床横抵抗力が15~20%ほど高くなることから,まくらぎ1本の移動2mmにおける道床横抵抗力は軌きょう全体が移動した場合の最終道床横抵抗力と概ね等しくなるためである¹⁾²⁾.ところが,有道床弾性まくらぎなど必ずしも同じ道床横抵抗力特性を示さないものがあり³⁾,形状,構造が特異なまくらぎでは道床横抵抗力の特性は異なると考えられる.そこで,まくらぎ形状の違いに伴う道床横抵抗力を評価するための基礎的な検討として,表1に示す新幹線用のまくらぎ(4T,3H),および3Hを基本にレール下部に翼を設け軌間中心部の幅を広げたまくらぎ(以下,「比較用」という.)を対象として,縮尺1/5の模型によりまくらぎの水平载荷試験(道床横抵抗力試験)を行った.

2.試験方法:図1に示す模型まくらぎの寸法は表1に示した実寸の1/5とし,ゴム製型枠を用いてモルタルにより作製した.

模型バラストは実際のバラストの1/5相似粒度となるように粒度調整し(図2),密度が1.6g/cm³となるように締め固めた.

試験はまくらぎ1本のケース(以下,「1本引き」という.)とまくらぎ5本からなる軌きょうのケース(以下,「軌きょう引き」という.)について実施した.载荷についてはジャッキにより水平方向に0.4mm/minの速度で行い,载荷荷重及びまくらぎの水平変位を測定した.図3に軌きょう引きに用いた軌道模型を示す.まくらぎ間隔は116mm(実スケール580mm),道床肩幅は100mm(実スケール500mm)とした.

軌きょう引きの場合,まくらぎ5本が同時に移動するように,剛性の高い固定フレームを設置し,固定フレームの自重がまくらぎに作用しないように,重錘とワイヤによるカウンターバランスを設置した.一方,1本引きの場合も同様に,ジャッキと接続するための治具の自重がまくらぎに作用しないよう,同様にカウンターバランスを設置した.

キーワード バラスト,道床横抵抗力,模型実験

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田二丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社 技術部(施設技術) TEL06-6376-8136

表1 試験対象としたまくらぎの寸法,重量

種別	底面幅	端面高さ	長さ	質量
4T	300mm	218mm	2350mm	254kg
3H	330mm	254.6mm	2400mm	319kg
比較用	330mm	254.6mm	2400mm	427kg



図1 模型まくらぎ(縮尺1/5)

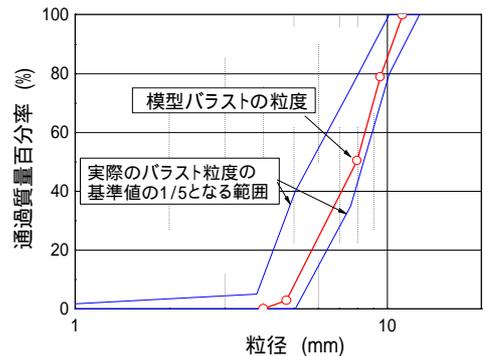


図2 模型バラストの粒度分布

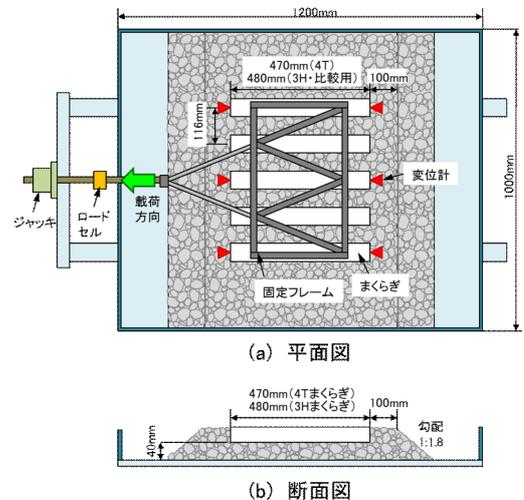


図3 道床横抵抗力試験の軌道模型

3. 模型試験の相似則：道床横抵抗力はまくらぎの底面，端面及び側面で負担する⁴⁾．模型では底面の面積が1/25，自重によるまくらぎ底面の圧力が1/5となるため，底面の摩擦抵抗力は1/125となる．端面の抵抗力は主にバラストのせん断強度に依存し，深さ方向の寸法が1/5となり拘束圧が1/5となるため，粒状体であるバラストの強度は概ね1/5となると考えられる．また，端面の面積が1/25となることから，端面の抵抗力は概ね1/125となると考えられる．側面の抵抗力は，摩擦係数とバラストのせん断強度に依存するため，同様に約1/125となる．以上より，本模型実験で得られる道床横抵抗力は概ね実物の1/125になると考えられる．なお，模型まくらぎの質量(5本の平均値)は4Tが1.91kg，3Hが2.48kg，比較用が3.24kgで，目標どおり概ね実物の1/125程度であった．

4. 試験結果：1本引きにおける道床横抵抗力を図4に示す．道床横抵抗力の最大値(最終道床横抵抗力)は，4Tが0.10kN，3Hが0.14kN，比較用が0.16kNであった．

一般的に行われている1本引きにおける水平変位2mmの値を検討するため，本模型実験における1本引きと軌きょう引きを比較した結果を図5～図7及び表2に示す．ここで，軌きょう引きの水平荷重はまくらぎ1本あたりの値，水平変位は図3に示した6箇所の変位計の平均値である．軌きょう引きの最終道床横抵抗力は4Tが0.072kN，3Hが0.084kN，比較用が0.094kNであった．この比較結果によると，1本引きの変位0.4mm(実スケール2mm)における道床横抵抗力は，軌きょう引きの最終道床横抵抗力と比較して，4Tではやや小さく，3Hでは概ね同程度であり，比較用では逆にやや大きいことがわかる．

なお，本模型試験の1本引きにおける水平変位2mmの値について相似則を考慮し，道床横抵抗力を125倍すると，4Tは7.0kN，3Hは10.75kNとなることから，本模型実験は，概ね実物大試験⁴⁾と同程度の結果が得られていると考えられる．

5. まとめ：新幹線用まくらぎ4T，3H，比較用の各まくらぎの道床横抵抗力を軌きょうとして評価すると，まくらぎ1本で評価した場合と比較してその差が小さくなる傾向が見られた．これは，まくらぎ1本あたりの道床横抵抗力が大きくなると，いわゆる「群杭効果」のように，隣接したまくらぎ相互の影響で1本あたりの支持力がより低下するためであると考えられる．また，一般に行われている1本引きにおける水平変位2mmの道床横抵抗力については，4T，3Hなど従来形式のまくらぎの場合，軌きょう引きの最終道床横抵抗力と近似できることが再確認されたが，比較用のような特異な形状のまくらぎの場合は過大評価になる可能性が示された．したがって，特異な形状のまくらぎを用いる場合，軌きょうとしての道床横抵抗力性能を確認するのがよいと考えられる．

参考文献

- 1) 三浦重，柳川秀明：急曲線へのロングレールの適用，鉄道総研報告，Vol.6, No.1, 1992.1
- 2) 高谷博文，佐藤吉彦，鈴木俊一：分岐器の温度軸圧載荷試験，鉄道技術研究所速報，No.A-87-214, 1987.3
- 3) 三浦重，大石不二夫，横田敦，堀池高広：実用形有道床弾性まくらぎの開発，鉄道総研報告，Vol.4, No.5, 1990.5
- 4) 中村貴久，関根悦夫，白江雄介：大型振動台試験によるバラスト軌道の耐震性能評価，鉄道総研報告，Vol.24, No.12, 2010.12

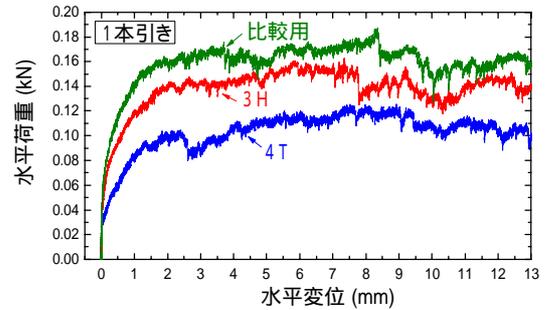


図4 道床横抵抗力(1本引き)

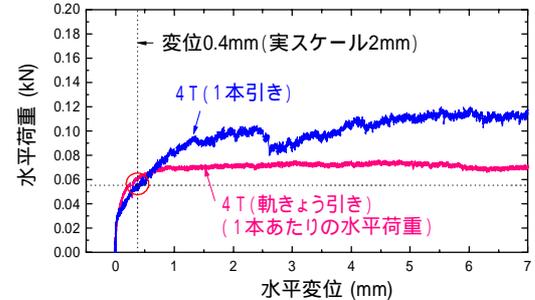


図5 4Tまくらぎの道床横抵抗力

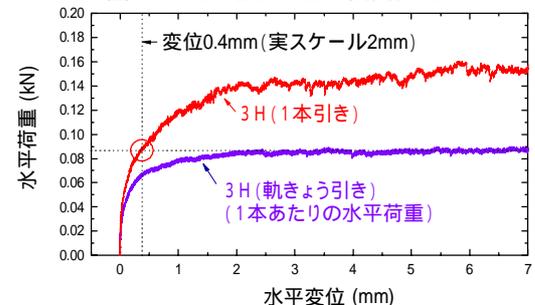


図6 3Hまくらぎの道床横抵抗力

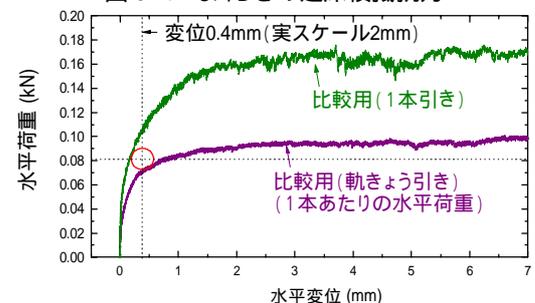


図7 比較用の道床横抵抗力

表2 試験結果まとめ (kN)

	4T	3H	比較用
1本引き(2mm)	0.056	0.086	0.104
軌きょう引き(最終)	0.072	0.084	0.094