

模型実験による角折れ時の道床横抵抗力特性

JFE エンジニアリング株式会社 (元横浜国立大学) 正会員 ○山本 紗穂里
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 中村 貴久 桃谷 尚嗣
 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 正会員 早野 公敏

1. はじめに 高架橋上のバラスト軌道では、地震時の不同変位により道床横抵抗力が低下することが知られており、レールの座屈挙動に及ぼす影響を評価した報告がある²⁾。しかし、現場で生じる様々な条件下の角折れ時の道床横抵抗力特性を実際に調べることは難しく、事例はほとんどない。そこで本研究では水平角折れに着目し、“角折れが発生できる装置”を製作し、模型試験を実施した。模型試験では、道床横抵抗力に角折れの大きさや回数が及ぼす影響、そして1本引き载荷試験と軌きょう引き载荷試験における違いなどについて調べた。

2. 1本引き試験による道床横抵抗力特性

a) 装置と試験方法 製作した装置概要を図-1に示す。模型スケールは実際の1/5で、道床の密度は1.60g/cm³である。2層構造の土槽底面のうち上側の層を、あらかじめ決めた幅の大きさに開くことで水平角折れを再現した。1本引き試験では、バラスト道床内の角折れの影響を最も受け易い位置に3Hまくらぎ1本をセットし、図-2に示すように所定回数の角折れを繰返し生じさせた後、開いた状態あるいは閉じた状態でまくらぎの横引き载荷試験(0.4mm/min)を行った。角折れ幅が5, 10 mmの場合は、角折れ回数1, 10, 20回後の閉じた状態でそれぞれ横引きを実施し、角折れ幅が20 mmの場合は角折れ回数1, 20回目の開いた状態および閉じた状態、そして角折れ回数10回目の閉じた状態でそれぞれ横引きを行った。なお、後に述べる軌きょう引きと比較するため、まくらぎの設置高さが変わらないように横引きし、また横引きを行った後は毎回、道床を作り直した。

b) 角折れ幅と回数の影響 角折れ幅 20mmを与えたあとの横引きにおける水平荷重・水平変位関係を図-3に示す。角折れが生じると道床横抵抗力が低下しており、また角折れが閉じた状態よりも開いた状態の方がより低い。角折れ幅と最終道床横抵抗力(水平変位5~10mmの水平荷重の平均値)との関係を図-4に示す。いずれの角折れ回数においても、角折れ幅が大きいほど道床横抵抗力が低下している。角折れ回数と最終道床横抵抗力の関係を図-5に示す。角折れ回数が10回程度で道床横抵抗力の低下は収束しており、閉じた状態では角折れ幅が5mmで15%程度、10mmで20~30%程度、20mmで40%程度低下する。開いた状態では角折れ幅が20mmで60~70%低下する。

3. 軌きょう引き試験による道床横抵抗力特性

a) 試験方法 1本引き試験と同じ装置を用いて、バラスト道床内にまくらぎ5本からなる軌きょうを設置し、1本引き試験と同様に、角折れを作用さ

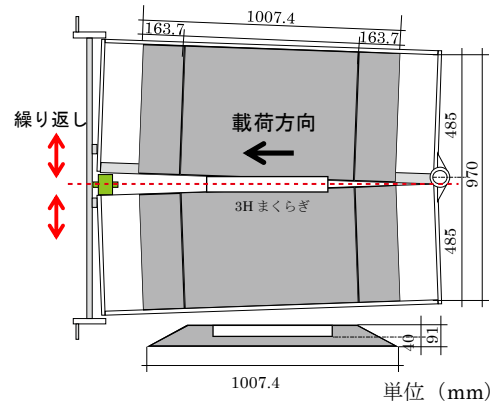


図-1 角折れ試験装置概要

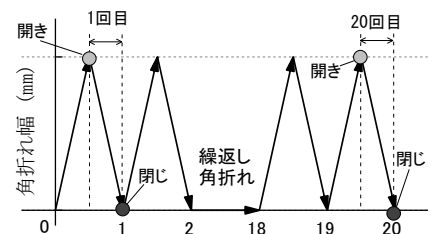


図-2 载荷のタイミング

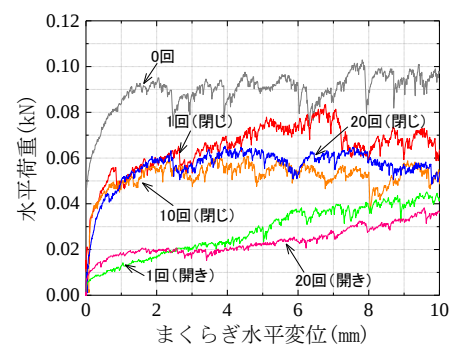


図-3 荷重・水平変位関係
(1本引き 20mm)

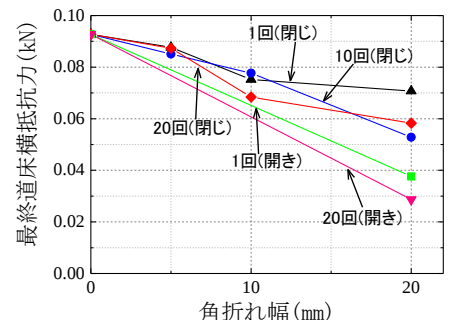


図-4 最終道床横抵抗力・
角折れ幅関係

キーワード バラスト軌道、鉄道高架橋、角折れ、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

せた後に横引きを行った。横引き中は、軌きょうにより 5 本が同時に一緒に移動する。なお図-6 に示したまくらぎ①, ②にはロードセルを別途個別に設置し、分担する道床横抵抗力を調べた。道床形状は 1 本引き試験と同じである。横引きは角折れ幅を 20mm とし、角折れ回数 1, 20 回目の開いた状態で行った。

b) 軌きょうと角折れの影響 軌きょう全体の水平荷重～水平変位関係を図-7 に示す。初期の道床横抵抗力は、角折れ 1 回と 20 回ではほとんど差が見られない。その後は角折れ 1 回の方が小さくなっており、最終道床横抵抗力は角折れしない状態に比べ 20～25% 程度低下している。1 本引きより低下率が小さいが、軌きょうにおける各まくらぎに対する角折れの影響が異なるためと考えられ、まくらぎ①, ②, ③の道床横抵抗力を整理した。まくらぎ③の道床横抵抗力は、対称性を仮定し軌きょう全体の道床横抵抗力から算出した。

図-8 に各まくらぎの最終道床横抵抗力と角折れ回数の関係を示す。同図で角折れが発生しない状態で、すでに各まくらぎが分担する道床横抵抗力が異なるが、これは群杭効果や境界条件の影響として知られる。まくらぎ③の最終道床横抵抗力は群杭効果の影響を特に受けるため小さい。角折れの影響を見るとまくらぎ②の 20 回目の傾向がやや異なるが、角折れによる低下はまくらぎ③の場合 20～40% 程度であり、まくらぎ①, ②の場合 5～25% 程度である。設置位置が同じであるまくらぎ③の場合でも、1 本引きの角折れによる低下率 60～70% に比べて小さい。

角折れが生じると、まくらぎ端面が露出するほどバラストが流出し、1 本引きの場合には特に側面も露出する。しかし軌きょう引きの場合、隣接するまくらぎによりバラストが拘束されているため、それほど側面が露出しない。加えてもともと群杭効果によりまくらぎ端部の抵抗力の全体に対する貢献が相対的に小さいため、軌きょう引きのほうが 1 本引きより低下率が小さいと考えられる。

4. まとめ 1/5 スケールの模型試験で角折れによる道床横抵抗力への影響を検討した。1 本引き試験では、角折れ幅が大きくなるほど道床横抵抗力は低下し、20mm の角折れが生じると道床横抵抗力は 60～70% ほど低下する。繰返し角折れが生じた場合、10 回程度で低下は収束する。5 本の軌きょう引き試験では、軌きょう全体の道床横抵抗力は、20mm の角折れが生じると 20～25% ほど低下する。軌きょう中央のまくらぎで角折れによる低下は 20～40% 程度であり、1 本引きより低下が少ない理由として拘束効果や群杭効果の影響が考えられる。

参考文献 1) 佐藤吉彦, 三浦重, 高井秀之, 長沢孝哉: 高架橋の

水平目違いおよび水平角折れに対する軌道の変形特性試験, 鉄道技術研究所速報, No.A-85-61, pp.1-77, 1985

2) 曾我部正道, 浅沼潔, 桃谷尚嗣, 中村貴久: 構造物境界における有道床軌道の地震時座屈挙動とそのフラジリティ曲線, 鉄道総研報告, Vol.28, No.12, pp.53-58, 2014

3) 小池陽平, 早野公敏, 中村貴久, 桃谷尚嗣: まくらぎの形状と本数がバラスト軌道の道床横抵抗力に及ぼす影響, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2013.7

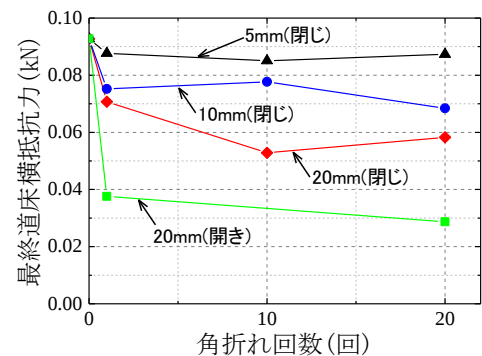


図-5 最終道床横抵抗力-角折れ回数関係

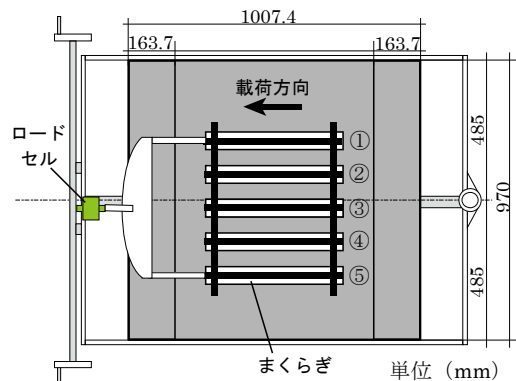


図-6 軌きょう引き試験装置概要

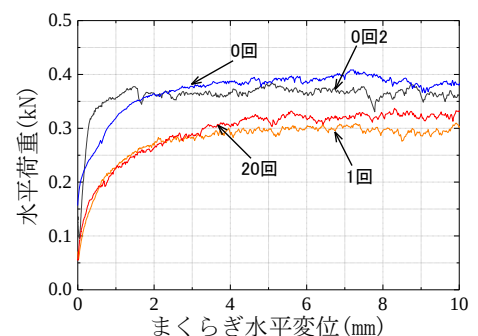


図-7 荷重-水平変位関係
(軌きょう引き 20mm)

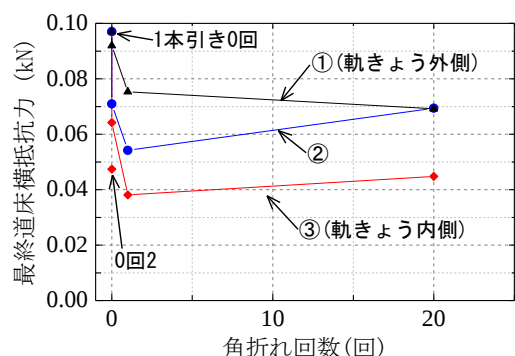


図-8 最終道床横抵抗力-角折れ回数関係