

## 低ばね化した S 型弾直軌道の載荷試験による性能評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○吉川 秀平 高橋 貴蔵 桃谷 尚嗣  
九州旅客鉄道株式会社 正会員 谷川 光

### 1. はじめに

弾性まくらぎ直結軌道（以下、弾直軌道）は、弾性材を介してまくらぎをコンクリート道床で支持する構造の軌道である。弾直軌道は構造物音や地盤振動の低減効果を有することから、都市部の高架橋上を中心に敷設され、保守の省力化と沿線環境の改善に貢献してきた。鉄道総研では1998年に開発したD型弾直軌道<sup>1)</sup>と比較して、コンクリート道床の施工コストを60%削減でき、施工速度も1.7倍となるS型弾直軌道を2016年度に開発した（図1）<sup>2)</sup>。S型弾直軌道用まくらぎの底面弾性材はD型弾直軌道と同じばね定数30MN/mとして開発していたが、さらなる騒音・振動の低減を目的とした軌道の低ばね化の要望もある。

そこで、底面弾性材を20MN/mとしたまくらぎを用いた実物大軌道模型の載荷試験を実施し、低ばね化したS型弾直軌道の性能評価を行った。

### 2. 実物大軌道模型の作製

実物大軌道模型はまくらぎ1本分とし、厚さ300mmのコンクリート版上に構築した。実物大軌道模型の形状を図2に示す。軌道条件は直線区間、50kgN レールとし、まくらぎ下部のコンクリート道床の厚さは250mmとした。コンクリート道床は施工目地部分を想定しており、まくらぎ中心から施工目地までの長さを320mmとし、反対側は580mmとした。

はじめに、レディーミクストコンクリート（普通-27-18-20N、空気量4.5±1.5%）を用いてコンクリート版を作製した。コンクリート版には事前にずれ止め筋等を配筋した。コンクリート版の作製後、製作したまくらぎをまくらぎ底面からコンクリート版との高さが250mmとなるように軌きょう支承装置で保持し、コンクリート道床の型枠を構築後、コンクリート道床の打込みを行った。打込みでは、ベースコンクリートの生コン（普通-27-18-20N、空気量4.5±1.5%）を積載したアジテータ車に、0.5vol%のPP繊維を混入し、短繊維補強コンクリートを作製した。型枠内に短繊維補強コンクリートを片方向から打込みを行い、高周波フレキシブルバイブレータを使用して締固めを行った。打込みではまくらぎ下にコンクリートが十分に回り込むことを確認しながら進め、材齢4日まで養生後、型枠を取り外した。

### 3. 繰返し鉛直載荷試験

列車による鉛直方向の繰返し荷重に対する特性を把握するため、実物大軌道模型に対する繰返し載荷試験を行った（図3）。レール締結装置には、線ばね形（タイププレート式）を使用してレールを締結し、軌道パッドのばね定数は60MN/mとした。コンクリート道床の材齢28日で200万回の繰返し鉛直載荷試験を行った。繰返し載荷は、ア

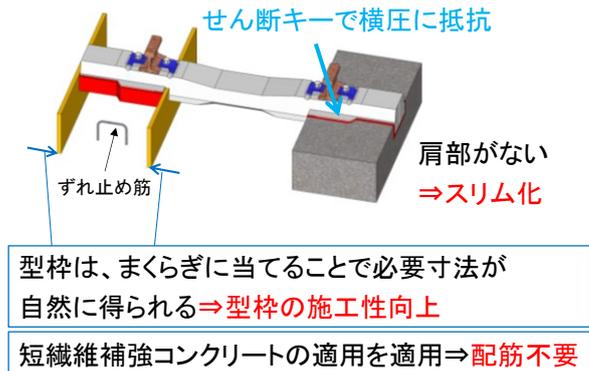


図1 S型弾直軌道の構造

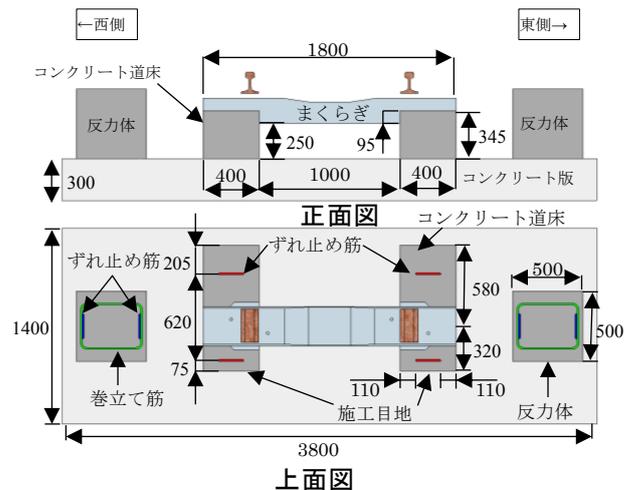


図2 実物大軌道模型の形状（単位:mm）

キーワード S型弾直軌道, 低ばね化, 鉛直載荷試験, 静的水平載荷試験, 軌道ばね係数  
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel 042-573-7276 Fax 042-573-7413

クチュエータ 2 基を用いた 2 点荷重とした。試験条件は表 1 に示す。アクチュエータの荷重振幅は、輪重 80kN に対して軌きょうによる荷重分散 0.5 を乗じて 40kN とした。荷重周波数は試験工程の都合により 50 万回以降を 10Hz で荷重した。試験では片レールあたり鉛直変位を 2 点測定しており、測定結果を平均したもので評価した。図 4 に繰返し鉛直荷重試験の結果を示す。200 万回時点で最大荷重 45kN 時のレールの平均鉛直変位は東側で 4.0mm、西側で 4.1mm (193 万回時) となった。また、レール鉛直変位振幅は左右レールとも約 2.5mm であった。繰返し荷重中のレール鉛直変位に変動が見られるが、これは試験時の気温変化と類似した傾向となっていることから変位計を取付けた鋼材の温度挙動が影響した可能性が考えられる。試験結果より一締結装置あたりのレール支持ばね係数を算出すると、荷重振幅 40kN (5~45kN) では 16 MN/m となり、計算値 15 MN/m と比較して概ね等しく、低ばね化したまくらぎの底面弾性材が機能していることを確認した。200 万回の繰返し鉛直荷重後に実物大軌道模型を観察した結果、まくらぎの側面弾性材および底面弾性材の抜け出しやコンクリート道床のひび割れといった変状は見られなかった。

4. 静的水平荷重試験

S 型弾直軌道の横荷重に対する耐荷性能を確認するため、繰返し鉛直荷重試験後の実物大軌道模型に対する水平荷重試験を実施した (図 5)。手動油圧ジャッキを用いてまくらぎ端面を押すことで水平方向に静的荷重を行った。荷重方向はまくらぎ長手方向とし、コンクリート道床に対してまくらぎの水平変位が 3mm になるまで荷重を行った。荷重ステップは 10kN, 30kN, 60kN に達した際に 0kN まで除荷し、その後まくらぎの水平変位が 3mm となるまで荷重した。水平荷重試験結果を図 6 に示す。コンクリート道床のまくらぎ長手方向について、60kN 荷重後におけるまくらぎの残留変位が 1mm 程度生じたが設計作用 (破壊) に対して十分な耐力を有していた。最大 89kN までの荷重試験の結果、目地部側の軌間内外のコンクリート道床側面にひび割れが生じたが、まくらぎ側面のせん断キーおよびコンクリート道床上面にひび割れは生じなかった。

5. まとめ

底面弾性材を従来の 30MN/m から 20MN/m に低ばね化した実物大軌道模型に対する 200 万回の繰返し鉛直荷重試験の結果、鉛直方向の耐荷性能を十分に有していること、およびまくらぎの弾性材の抜け出しやコンクリート道床のひび割れといった変状が生じないことを確認した。また、水平荷重試験によりコンクリート道床のまくらぎ長手方向の設計作用 (破壊) に対して十分大きな耐力を有していた。

参考文献 1)堀池高広他：着脱式弾性まくらぎ直結軌道 (D型弾直軌道) の開発, 鉄道総研報告, Vol.12, No.6, pp.25-30, 1998.6 ; 2)谷川光他：施工が容易で低コストなS型弾性まくらぎ直結軌道の開発, 鉄道総研報告, Vol.31, No.12, pp.23-28, 2017.12

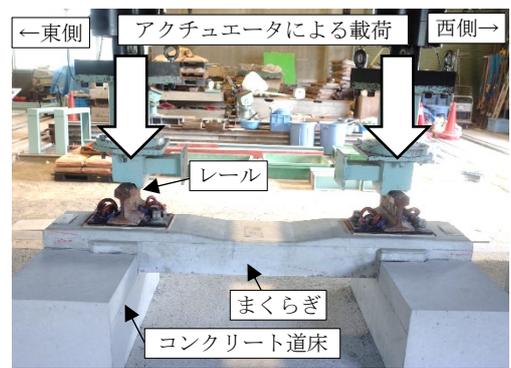
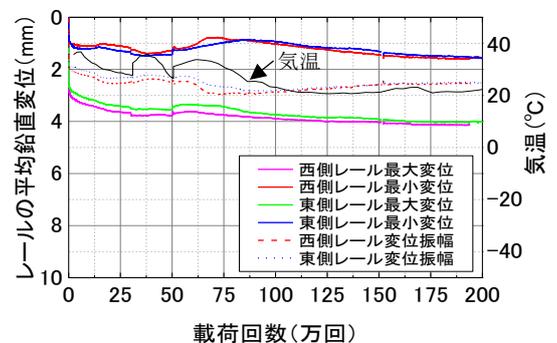


図 3 繰返し鉛直荷重試験の状況

表 1 試験条件

荷重荷重 (荷重振幅)	5kN~45kN (40kN)
荷重周波数	0~50 万回 5Hz
	50~200 万回 10Hz



※西側レール最大変位は 193 万回以降の計測不可

図 4 繰返し鉛直荷重試験の結果

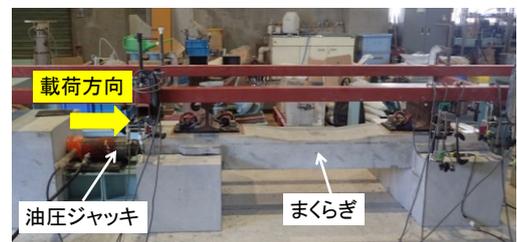


図 5 水平荷重試験の状況

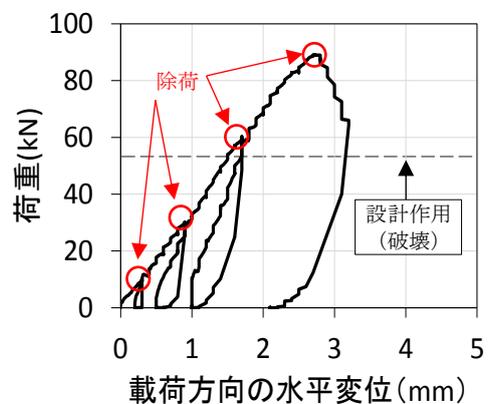


図 6 水平荷重試験結果