

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# 弾性まくらぎ直結軌道で騒音・振動を低減する

弾性まくらぎ直結軌道（弾直軌道）は、PCまくらぎをゴム製の弾性材を介してコンクリート道床で支持する直結系軌道です。弾直軌道は、保守の省力化に加えて、騒音・振動の低減を図るために1970年代に開発されました。騒音・振動を低く抑えられることから、開発以降、都市部の高架化工事や住宅密集地付近でのトンネル建設の際の軌道構造として採用されています。ここでは、広く普及しているD型弾直軌道（1998年開発）や2017年に新たに開発したS型弾直軌道について紹介します。

## はじめに

弾性まくらぎ直結軌道（弾直軌道）は、PCまくらぎをゴム製の弾性材を介してコンクリート道床で支持する直結系軌道（☞参照）です（図1）。

コンクリート道床は、まくらぎから

伝わる鉛直方向の「輪重」を支持するほか、「横圧」とよばれる水平方向の列車荷重に対しても抵抗する役割をもつ部材となっています。

弾直軌道は、保守の省力化に加えて、騒音・振動の低減を図るために1970年代に開発されています<sup>1)</sup>。広く普及している弾直軌道の例としては、1998年に鉄道総研で開発したD型弾直軌道があげられます<sup>2)</sup>。レール下（軌道パッド）とまくらぎ下（まくらぎパッド）に敷かれた弾性材により、軌道の支持剛性を低くすることができること

## ☞ 直結系軌道

レールとまくらぎまたは軌道スラブをコンクリート道床などで支持する軌道のことを指します。

レールとまくらぎを支持するバラスト道床の沈下が生じる「バラスト軌道」と違い、保守の省力化を図れます。



**谷川 光**  
Hikaru Tanigawa  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
研究員  
[専門分野] 直結系軌道,  
バラスト軌道, コンクリート工学



**吉川 秀平**  
Shuhei Kikkawa  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
研究員  
[専門分野] 直結系軌道,  
バラスト軌道



**高橋 貴蔵**  
Takatada Takahashi  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
主任研究員  
[専門分野] 直結系軌道,  
コンクリート工学



**桃谷 尚嗣**  
Yoshitsugu Momoya  
軌道技術研究部  
軌道・路盤研究室  
室長  
[専門分野] 直結系軌道,  
バラスト軌道, 地盤工学

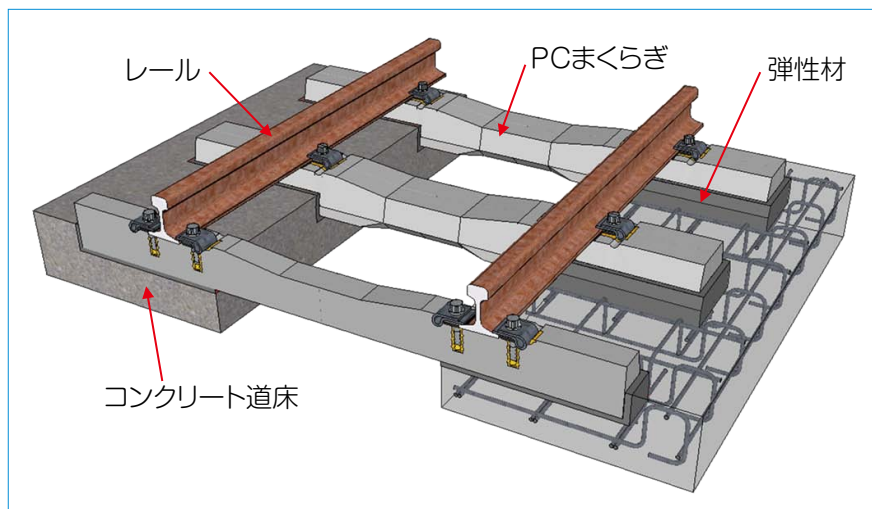


図1 弾性まくらぎ直結軌道の部材構成

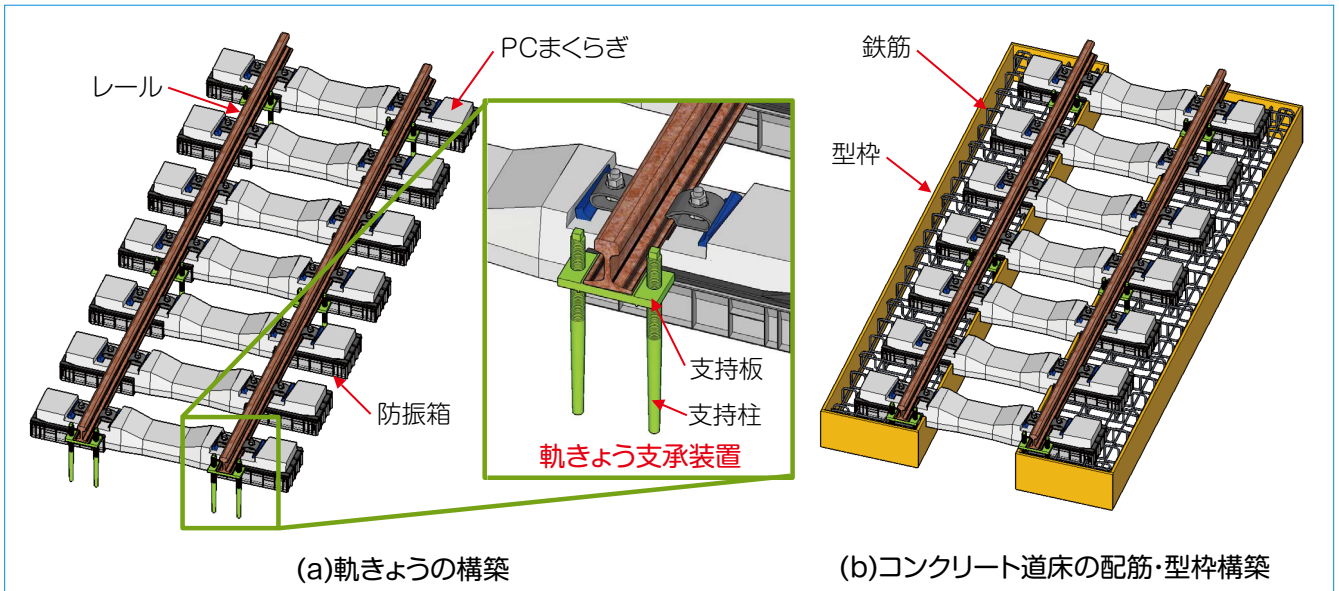


図2 D型弾直軌道の施工方法

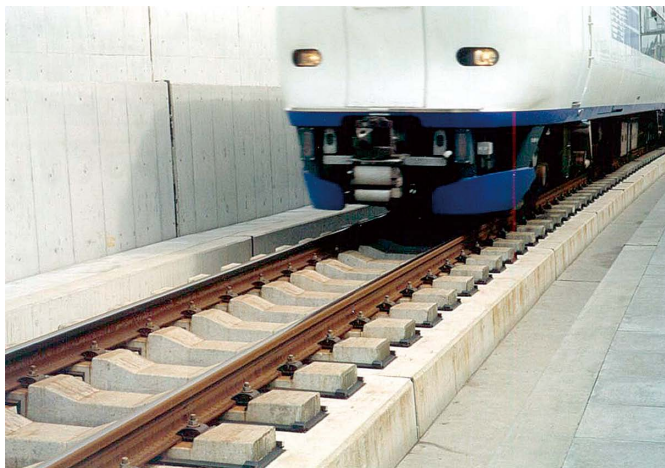


図3 営業線に敷設されたD型弾直軌道<sup>3)</sup>

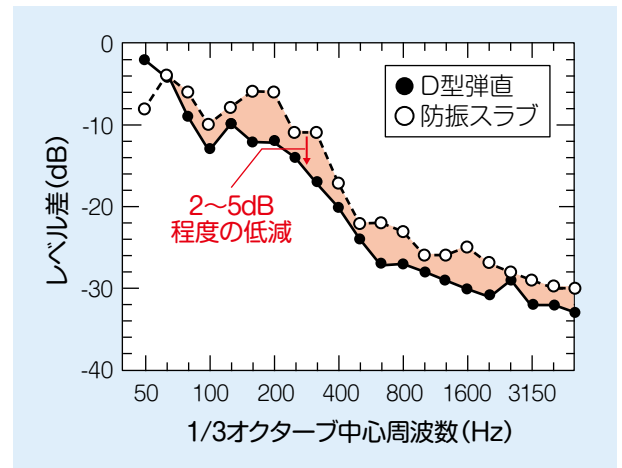


図4 営業線における走行試験の結果<sup>2)</sup>

から、騒音・振動を低く抑えられます。そのため、都市部の高架化工事や住宅密集地付近でのトンネル建設の際の軌道構造として採用されています。

ここでは、D型弾直軌道の施工方法や騒音・振動の低減効果、最近の研究開発の状況について紹介します。

### 弾直軌道の施工方法

図2にD型弾直軌道の施工方法を示します。はじめに、施工箇所である高架橋上やトンネル内にレールおよびPCまくらぎを運搬し、配列していきます。その後、レールにPCまくらぎを所定の間隔で締結し、軌きょうを構

築します。

軌きょうの構築後には、軌きょう支承装置とよばれる高さ調整治具を用いて、仕上がり線形にレールの高さを調整・固定します。軌きょう支承装置は、レール底部を支持する支持板および高さ調整を行う支持柱で構成されています(図2(a))。軌きょう支承装置は、一般的に、2.5mごとに左右レールそれぞれ1基ずつ設置されます。

仕上がり線形への調整が完了した後、PCまくらぎの周りに鉄筋を配筋し、コンクリート道床の型枠を構築します(図2(b))。D型弾直軌道のコンクリート道床は鉄筋コンクリート製で

あることから、配筋や型枠の構築作業では鉄筋のかぶりに留意しながら作業を進めます。

コンクリート道床の型枠構築後は、コンクリートの打ち込みを行います。コンクリートの硬化後、型枠を取り外し、弾直軌道の完成となります。

### 弾直軌道の騒音・振動低減効果

D型弾直軌道(図3)は、試験線軌道や営業線における走行試験によりスラブ軌道区間と比較することでその騒音・振動低減効果が確認されています。図4に、営業線において行われた営業列車の走行試験の結果を示します。走

行試験では、D型弾直軌道および防振スラブ軌道（軌道スラブ下にゴムマットが敷設された2区間（高架橋上）において、列車通過時の騒音レベルの測定が行われています。騒音レベルは、レール近傍および高架橋の床版裏での測定が行われており、図4の縦軸は、各周波数帯域におけるレール近傍騒音と高架橋の床版裏騒音のレベル差を示しています。

測定結果より、防振スラブ軌道に比べてD型弾直軌道ではほぼ全ての周波数帯域で2～5dB程度の低減効果を確認されています。

### 最近の研究開発の状況

次に、弾直軌道に関する最近の研究開発の状況について紹介します。

1998年に開発されたD型弾直軌道は広く敷設されてきましたが、コンクリート道床が鉄筋コンクリート製であったため、その施工時には①かぶり管理にともなう型枠位置調整や②過密な配筋作業に時間を要している状況がありました（図5(a)）。また、敷設コストも比較的高い状況がありました。そのため、敷設速度の向上と敷設コスト削減が求められていました。

そこで、2017年に施工が容易で低コストなS型弾直軌道を開発しています（図5(b)）<sup>4)</sup>。新たに開発したS型弾直軌道では、①まくらぎ側面に設けた突起（せん断キー：Shear-key）で横圧に抵抗する構造とすることで、コンクリート道床をスリム化しました。また、②型枠の必要寸法も自然に得られる構造としています。さらに、③コン

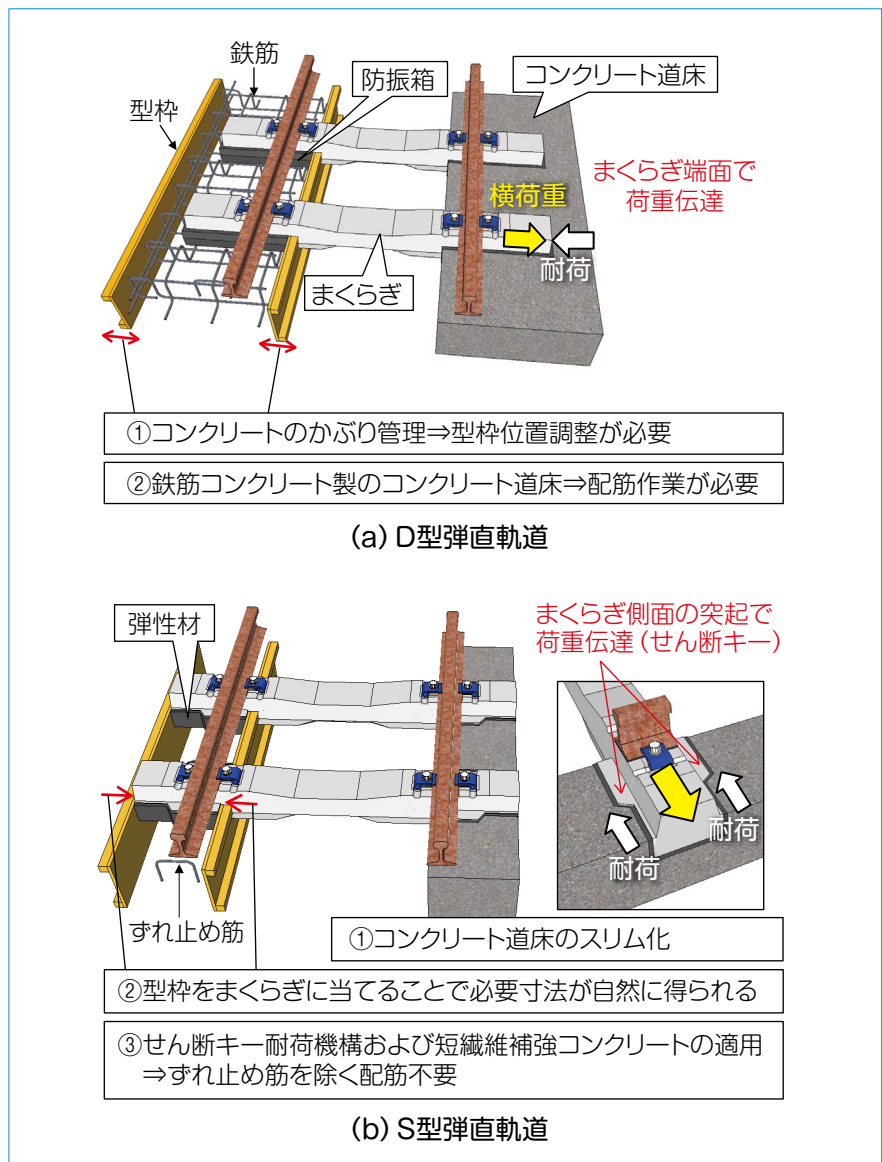


図5 弾性まくらぎ直結軌道の構造

クリート道床に短繊維補強コンクリート（☞参照）を適用することで、すれ止め筋以外の鉄筋を不要としました。

なお、S型弾直軌道の軌道パッドやまくらぎパッドのばね定数については、D型弾直軌道と同じ値を基本としました。

S型弾直軌道の開発においては、はじめに、せん断キーで横圧に抵抗する

構造に関する要素試験を行い、その後、実物大軌道模型を用いた水平載荷試験や試験線軌道での検討を行いました。各種検討により、弾直軌道としての耐荷性能や防振性能を有していることを確認しています<sup>4)</sup>。

現地施工も行われ、鉄道事業者の高架化事業の先行工事区間において実際に敷設されました（図6）。さらに、実際の施工環境での施工性を加味して、敷設コストの積算も行いました。

図6(a)は型枠構築後の状況を示しており、型枠をまくらぎ端面およびせん断キーの内側に当てることで必要寸

#### ☞ 短繊維補強コンクリート

数十mm程度の長さの繊維が添加されたコンクリートのことを指し、ひび割れ分散や引張強度の増加といった効果が得られます。

繊維には、鋼繊維やガラス繊維、炭素繊維、有機系繊維が用いられます。S型弾直軌道のコンクリート道床には、有機系繊維を使用します。

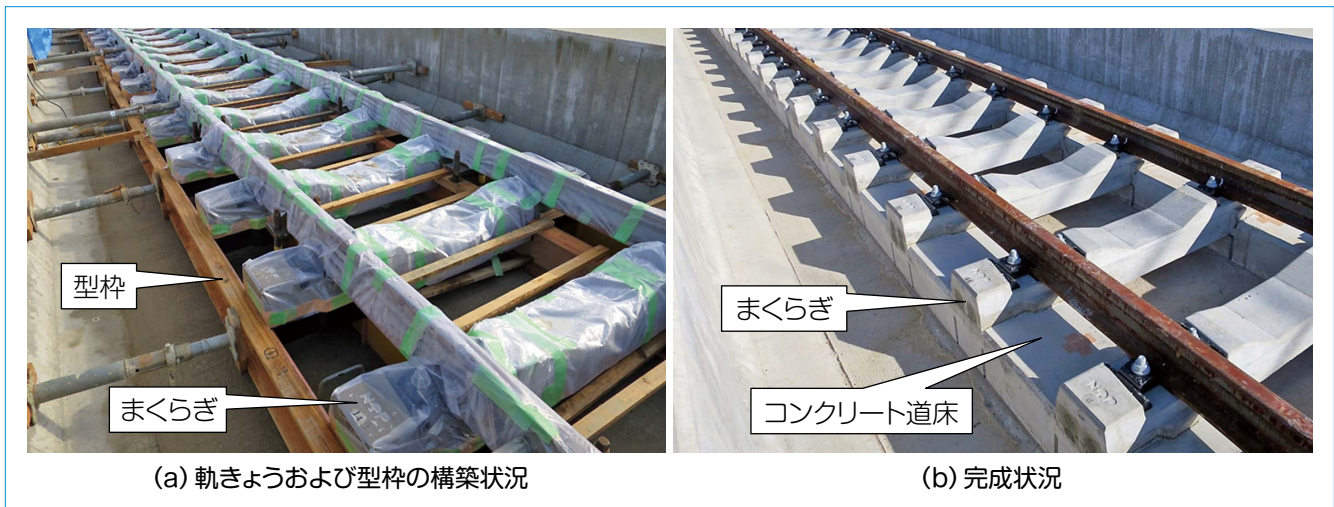


図6 S型弾直軌道の施工状況<sup>4)</sup>

法が自然に得られることが確認されています。また、S型弾直軌道は、D型弾直軌道に比べて道床幅が小さい(2400→1800mm)ことから、軌道肩部の施工空間も大きく確保することができます。都市部の高架橋上やトンネル内での工事では、狭隘な施工環境となることが多く、施工性の向上につながります。

ずれ止め筋以外の鉄筋も不要であることから、コンクリート道床の打ち込みもスムーズに行うことができます。短繊維補強コンクリートを使用していますが、通常のコンクリート同様、ポンプ圧送も問題なく行えることを確認しています。

コスト積算の結果、従来のD型弾直軌道に比べてコンクリート道床の施工費を60%削減できることがわかりました。また、レール・まくらぎといった材料費や高架上への材料吊り上げ作業、ロングレール設定替え作業までを含めた軌道全体の敷設コストに対しても、20%削減できることも確認しています。

さらに、従来は75mを施工単位として軌道を施工していましたが、人工・工数の削減効果により、施工単位を少なくとも125mに延長できることがわかりました。これにより、敷設速

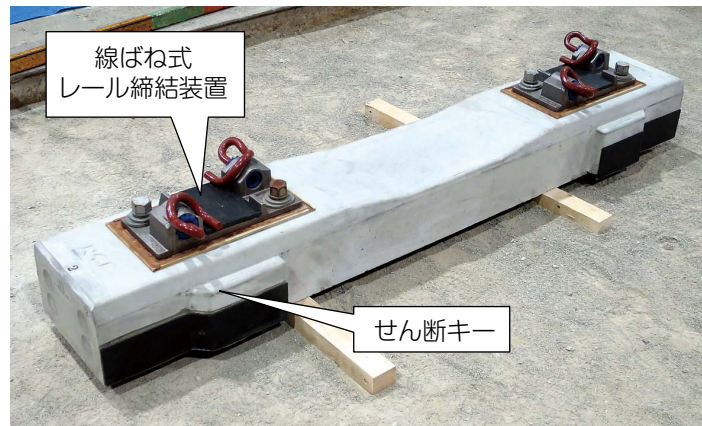


図7 線ばね式レール締結装置に対応したS型弾直用まくらぎ

度を少なくとも1.7倍とすることができ、従来のD型弾直軌道の課題であった敷設速度の向上と敷設コスト削減を実現することができます。

### おわりに

ここでは、沿線環境の改善に貢献してきた弾直軌道の施工方法や騒音・振動低減効果、最近の研究開発の状況に

ついて紹介しました。

2017年には施工が容易で低コストなS型弾直軌道を開発しており、今後も都市部の高架化工事を中心に、さらなる弾直軌道の普及に取り組んでいきたいと考えています。現在、線ばね式レール締結装置への対応(図7)など、適用条件の拡大に向けた検討を進めています。RRR

### 文献

- 1) 佐藤吉彦, 岩崎岩雄, 宇佐美民雄, 平田五十, 小井土八十一: 弾性まくらぎ直結軌道の提案とその敷設試験, 鉄道技術研究所速報, No.76-1005, 1976
- 2) 堀池高広, 高尾賢一, 須永陽一, 安藤勝敏, 福井義弘, 内田一男: 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
- 3) 堀池高広: 鉄道総研の patents (87) D型弾性まくらぎ直結軌道, RRR, Vol.64, No.7, pp.40-41, 2007
- 4) 谷川光, 高橋貴蔵, 桃谷尚嗣, 吉川秀平: 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