

# 環境負荷と経済性を考慮した省力化軌道に関する研究

漣上, 翔太

<http://hdl.handle.net/2324/4495985>

---

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (工学), 論文博士  
バージョン :  
権利関係 :



氏 名 : 瀧上 翔太

論 文 名 : 環境負荷と経済性を考慮した省力化軌道に関する研究

区 分 : 乙

## 論 文 内 容 の 要 旨

鉄道における線路構造物の中で、軌道は鉄道車両の走行に伴う動的な荷重を直接支持し、それらを下部構造物に伝える重要な役割を担っている。省力化軌道とはコンクリートやアスファルトを用いた部材で構成される軌道であり、バラスト軌道に係る定期的な保守を低減するために開発されてきた。既設線のバラスト軌道を省力化軌道とする場合はてん充道床軌道や舗装軌道が採用され、新設線においてはスラブ軌道や弾性まくらぎ直結軌道が採用される場合が多い。

てん充道床軌道や舗装軌道は、既存の経年したバラスト（道床）を新しいバラストまたは粒度調整碎石等に交換し、道床内にセメント系やアスファルト系のグラウト材を充填して道床を固化する構造である。これらの軌道は列車荷重の繰返し作用に対するレールやまくらぎの沈下抑制効果は高いが一般に施工コストが高価となりやすく、上級線区への適用にとどまっている。よって、特に在来線の中・下級線区において省力化軌道の適用拡大を図るためには、将来にわたる碎石資源の確保やコスト削減の観点から、既存の資源を有効的に活用した低コストな省力化軌道を開発することが重要となる。一方、スラブ軌道等が敷設される新幹線等の高速走行区間においては、将来的に列車速度がさらに高速化した場合、周辺で発生する騒音や振動が増大することが懸念される。一般に、鉄道における騒音・振動対策はスラブ軌道のような軌道構造に対して講じられる場合が多く、特に地盤振動を積極的に低減することを目的とする場合は、軌道スラブの支持部材にコイルばねを用いたコイルばね防振軌道が採用されるが、これまでに高速走行時の地盤振動低減効果に関する詳細な検討が行われておらず、一部の在来線の中・低速区間や新幹線の駅部等への適用にとどまっている。よって、新幹線等の高速走行区間において更なる高速化を図るためには、騒音や振動の低減効果に優れた低コストな省力化軌道を開発するとともに、これらの適用による地盤振動低減効果を定量的に評価することが重要となる。

本研究では、上述した省力化軌道に関する2つの研究課題に対して、それぞれの対象線区における列車荷重や列車速度等の特性を考慮した省力化軌道の基本構造を提案するとともに、解析的および実験的な手法により提案する省力化軌道の適用可能性について検討した。

第1章では本研究で対象とする省力化軌道に関する課題について述べるとともに、軌道における保守の省力化や騒音・振動対策に関する既往の研究成果について示した。

第2章では本論文に記載する鉄道に関する技術用語について説明した。

第3章では在来線の中・下級線区における省力化軌道の適用拡大を図るために、既存のバラストを活用した低コストなてん充道床軌道の適用について検討した。はじめに、適用対象箇所とした営業線のバラスト軌道において経年したバラストの粒度分布や軌道を支持する路盤の剛性を確認した。次に、てん充道床軌道のグラウト材として選定した複数の材料について流動性試験および圧縮強度試験を行い、細粒分含有率の高いバラストに対してCAモルタルと超微粒子セメントミルクが高い

充填性を示すとともに、超微粒子セメントを充填したバラスト硬化体は CA モルタルの場合と比較して約 4 倍の圧縮強度を有することを確認した。以上より、既存の道床に超微粒子セメントミルクを充填した低コストな充填道床軌道を提案するとともに、実物大軌道供試体の繰返し載荷試験によって 30 万回載荷時の軌道の沈下量が 1mm 以下となることを確認し、省力化軌道として十分な沈下抑制効果を示すことを明らかにした。さらに、営業線で試験施工を行い、施工後の軌道状態も良好であることを確認した。

第 4 章では新幹線等の高速走行区間において高速走行時の地盤振動を低減するための低コストな防振軌道の適用について検討した。はじめに、新幹線の高架橋区間を対象として高速走行時の地盤振動を再現可能な数値解析モデルを構築するとともに、同解析手法を用いて軌道構造の違いが地盤振動に与える影響を明らかにした。次に、コイルばね防振装置と同等のばね定数を有し且つ経済的にも有利なウレタン製の防振材を適用したフローティングスラブ軌道の基本構造を提案するとともに、大型起振機を用いた実物大軌道供試体の加振試験により、同軌道は従来のコイルばね防振軌道と同等の地盤振動低減効果を示すことを明らかにした。また、ウレタン防振材を用いたフローティングスラブ軌道についてレールレベルを変えずに既設の普通スラブ軌道と置き換えることを可能とした軌道スラブを設計・製作するとともに、同軌道を試験線に敷設し、モータカー走行時の振動特性を評価した。モータカーの走行速度は 40km/h と低速であるが、フローティングスラブ軌道走行時の地盤の振動レベルは普通スラブ軌道の場合と比較して、軌道脇で 6.6dB、軌道中心より 12.5m 地点で 3.3dB 低下することを示した。最後に、前述した解析手法を用いて、ある新幹線区間の地質データをもとに複数の地盤条件をパラメータとした数値解析を行い、提案するフローティングスラブ軌道の適用範囲を試算した。解析の結果、表層地盤の N 値が 7 以上または表層が軟弱な地盤であっても支持層が 5m 程度と浅ければ、フローティングスラブ軌道上を 400km/h で走行した際の地盤の振動レベルは現状（普通スラブ軌道 320km/h 走行時）以下となる可能性があることを明らかにした。

第 5 章では本研究の結論と今後の展望についてまとめた。