

分岐器高速通過時における軌道変位が分岐器部材の 損傷および車両運動に与える影響の評価に関する研 究

塩田, 勝利

<https://hdl.handle.net/2324/7443442>

出版情報 : Kyushu University, 2025, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 塩田 勝利

論文名 : 分岐器高速通過時における軌道変位が分岐器部材の損傷および車両運動
に与える影響の評価に関する研究

区 分 : 甲

論文内容の要旨

分岐器は鉄道固有の軌道部材であり、車両の進行方向を切り替えるため可動機構を有している。その構造上、レール乗り移り部やレール継目部など衝撃荷重を受けやすい箇所を多数含み、一般的な駅間の線路（以下、「一般区間」という）に比べ精緻な保守管理が求められている。分岐器保守管理の中でも特に軌道変位管理は、分岐器の部材損傷や走行安全性に直結するため重要な管理項目である。分岐器軌道変位管理は、旧日本国有鉄道（以下、「旧国鉄」という）において 1950 年代から体系的に整備されてきたとされており、現在では、車両の走行速度や通過重量に応じた線路等級別の管理値などが導入されている。

このような状況の中、旧国鉄では運転時分の短縮に向け、在来線における分岐器直線側の車両通過速度の向上が検討されてきた。分岐器の車両通過速度は 1968 年に最高速度 100km/h に引き上げられたが、その後、さらなる速度向上のニーズが高まり、1981 年に 120km/h での走行試験が実施された。この試験の結果、一部の分岐器において車輪・レール間で著大な横圧の発生が確認された。この著大な横圧が繰り返し発生すると、分岐器部材の損傷が生じ、走行安全性を低下させるおそれがあることから、高速通過にあたっては各種対策の必要性が示された。具体的には、著大横圧が確認された分岐器では、その発生要因として、レール継目部の目違いが大きいこと、クロッシングの軌間が大きいこと、バックゲージが小さいことが挙げられた。さらに車輪の接触力を増加させる要因の一つとして分岐器内の軌道変位も影響するとされ、これらへの対策が必要と考えられた。

これを受け、旧国鉄ではレール継目部の目違い、クロッシングの軌間、バックゲージの管理値を厳格化する構造上の対策（以下、「個別対策」という）に加え、追加対策として、軌道変位の整備基準値を一般区間の最上級線区における最も管理水準の高い値を準用し整備することが実施された。これらの対策を行った上で再度走行試験を行った結果、著大横圧の発生が確認されなかったことから、在来線の分岐器基準線側を最高速度 120km/h で通過する高速用分岐器では上述の対策に従って管理することが決められた。これらの管理は旧国鉄から各 JR へ移行後も一部で継続されているが、その後の各種検討において、上述した個別対策を実施することで、分岐器の構造上、軌道変位の影響を受けにくく高速走行に対応していることが確認された。この点を踏まえると、追加対策として設定された軌道変位の整備基準値は必要以上に厳しい可能性がある。必要以上に厳しい整備基準値は保守作業の増加とメンテナンスコストの上昇につながる。とりわけ高速用分岐器では現行の厳格な整備基準値により、一般分岐器に比べ、軌道変位の基準値超過が相対的に多く発生しており、現場の保守管理の大きな負担となっている。そのため、高速用分岐器における軌道保守の最適化に向け、力学的根拠に基づいた軌道変位整備基準値の再検討が望まれている。このためには、分岐器高速通過時における軌道変位が分岐器部材の損傷や車両運動に与える影響を定量的に評価する必要

がある。

以上を踏まえ、本研究では、高速用分岐器を対象とした分岐器走行シミュレーションモデルを構築し、これを用いて軌道変位が分岐器部材の損傷および車両運動に与える影響について定量的な評価を行った。さらに評価結果を踏まえ、力学的根拠に基づく新たな軌道変位整備基準値を提案した。

第1章では、研究の背景として、高速用分岐器における軌道変位の整備基準値が設定された背景およびその課題に関する概略を示すとともに、研究の目的について述べた。

第2章では、本論文において用いた鉄道に関する専門用語について概説した。

第3章では、高速用分岐器における軌道変位が部材損傷に与える影響の実態把握および分岐器走行シミュレーションモデルを構築するための基礎データを得ることを目的として、現地測定試験を実施した。その結果、本試験条件下においては、分岐器部材に発生する応力、変位は各部材の限度値に対して十分に余裕があることを確認したとともに、分岐器高速通過時における各部材の動的挙動を把握した。

第4章では、現地測定試験で得られたデータを基に、軌道変位の影響を評価するための分岐器走行シミュレーションモデルを構築した。具体的には、分岐器部材の損傷評価については、3次元の動的有限要素法を用いてモデル化を行い、車両運動の影響評価については、マルチボディダイナミクスを用いてモデル化を行った。両モデルとも既存のモデル化手法では本研究で対象とする部材挙動および車両挙動を十分に再現できないことから、分岐器の力学的構造を考慮したモデル改良を行った。その結果、各モデルの妥当性が確認され、本モデルを用いた軌道変位の影響評価が可能となった。

第5章では、構築した分岐器走行シミュレーションモデルを用いて、軌道変位が分岐器部材の損傷および車両運動に与える影響について検討した。具体的には、分岐器部材の損傷に関する検討として、軌道部材および信号部材に発生する応力や変位の評価を行った。また、車両運動に関する検討として、走行安全性および車両動揺に関する評価を行った。その結果、高速用分岐器において厳しく管理されている軌道変位のうち、通り変位は現行の整備基準値以下の範囲では問題はみられないものの、整備基準値以上の範囲では、部材損傷および車両運動に影響を与えることがわかった。そのため、通り変位については現行の整備基準値で管理することが望ましいことを確認した。一方、高低変位および水準変位は、現行の整備基準値を超える軌道変位 25mm の条件においても問題はみられず、これらの軌道変位が分岐器部材の損傷および車両運動に与える影響は小さいことがわかった。このことから、高低変位および水準変位の整備基準値は、一般分岐器の整備基準値と同じ値まで許容しても問題ないことを明らかにした。以上の結果を踏まえ、高速用分岐器における力学的根拠に基づく新たな軌道変位整備基準値を提案した。

第6章では、本研究で得られた結論を記し、今後の展望について述べ、本論文の結論とした。