

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 塙 光雄

鉄道の従来の普通線路の軌道は、列車荷重をレールが支持し、レールを枕木が支持し、まくら木を大粒径でほぼ等径の礫（バラストと呼ばれる）からなる道床が支持し、道床を土路盤が支持する構造となっている。道床バラストは、車両からの絶え間ない荷重により継続的に変形し、そのためレール面が非一様に沈下や水平変位して、それが著しくなると列車運行に支障を及ぼすようになる。つまり、道床バラストは絶えず破壊が継続している構造物と言える。このため、定期的にバラストを詰め替えて締固める維持補修作業を定期的にかつ恒常的に行う必要がある。

しかし、今後我が国では労働力が不足するようになるのは必須であり、上記の方法で鉄道軌道を維持管理して行くことは極めて困難になることが予測されている。この見通しから、初期投資は大きくても軌道の維持保守管理工事が基本的には不要になり、全過程での費用（ライフサイクルコスト）が低くなるような新しい省力化軌道構造を開発することが必要になってきた。本研究は、現在膨大に存在するバラスト軌道をそのような新しい省力化軌道へ変換する工法の開発、実際の施工過程と使用状態における地盤工学的課題とその解決法、新形式の省力化軌道の実際の長期挙動の観察による工法の評価の結果を取り纏めたものである。

第一章は上記のような研究の背景を説明している。即ち、新しい軌道構造に要求される条件は、1) 初期建設費が出来るだけ低いこと、2) 恒常的で定期的な維持補修工事が基本的に不必要になること、3) 施工が機械化されていて能率的であり、特に従来のバラスト軌道からの取り替え工事が夜中の列車が運行しない時間内を利用して約3時間で終了すること、4) 取り替え工事終了直後の始発電車から通常の運行が出来る軌道構造であること、を説明している。

第二章は、これまで開発されてきて試みられてきた各種の省力化軌道の技術的・経済的な開発経緯と実際に使用された時の性能を総括している。従来、新設の省力化軌道としてはスラブ軌道等が採用されてきたが、現在営業しているバラスト軌道を省力化軌道に転換する工法としては、バラスト道床への加熱アスファルトの充填、大型プレキャストコンクリート(PC)大型まくら木への交換、両者の組み合わせ、バラスト道床充填材として常温型アスファルト系複合材ついでセメントアスファルトモルタルの使用、と進展してきた。しかし、これら既存のバラスト軌道の省力化軌道への転換工法の実績も施工性・経済性・性能から満足できるものではないことを総括し、更に根本的な改善が必要なことを示している。

第三章では、新しい省力化軌道構造を開発するために行った室内実物大軌道振動試験（ビブロジール試験）の結果をとりまとめてその数値解析を行うことにより、新しい省

力化軌道構造の基本形を提案し、更に充填材料の選定と施工法を具体的に検討している。即ち、現在全てのバラスト道床に対して使用されている締固め機械（マルチプルタイタンパー、MTT）が活用できるように、まくら木間隔が十分取れてまたレール方向の鉄筋補強が不要になるようにPCまくら木の幅は40cmとした。その結果、まくら木間隔は35cmとなりレール締結間隔は75cmとなった。また、置き換えて締め固めてから充填を行うバラストの厚さを施工性と必要性能から厚さ20cmと従来よりも小さくした。更に、低コストであるが強度が早期に十分出るような充填材として、超硬化セメントと鉱物質粉末フィラーからなるセメント系モルタルを用いることを提案している。また、バラストをすき取った後に型枠として不織布を敷設し、その中に新しいバラストを入れてからPCまくら木を設置して、通常バラスト軌道整備と同様にまずMTTを用いてバラストの締固めをしつつ軌道整正を行し、その後一定期間経過後にバラスト充填作業を行う施工法を提案している。

第四章と第五章は、東海道貨物支線（品川）と大崎駅構内と渋谷駅～原宿駅間の山手線の実際の軌道において、従来のバラスト軌道と「今回提案している構造形式を含めて、各種の大型PCまくら木を用いてバラスト道床に充填を行う新しい省力化軌道構造」の長期に亘る性能の比較検討を行った結果を取り纏めたものである。その際、レールに加わる列車からの荷重（輪重）、レールとまくら木の間荷重（レール荷重）、レールの変位、バラスト道床内の加速度、バラスト道床と土路盤の境界での圧力等を組織的に大規模に測定している。測定結果を解析して、従来形式の軌道構造と比較すると、今回提案する大型PCまくら木を用いてバラストを充填する新しい構造形式の省力化軌道では、実際の電気機関車と貨物車両からなる列車と旅客車両からなる列車による長期に亘る軌道の沈下の進みとそれに伴う軌道の狂いの進みは遙かに少なくなったことを示している。その理由として、新しい省力化軌道構造は剛性が高くなるために、同一の列車荷重に対しても輪重は増加するが、同時に動的に動くマスの大きさが大きくなるため、道床内の加速度及び道床とその下の路盤の境界での圧力は大幅に減少し、このためにレール変位と枕木変位も小さくなったことを示している。特に、今回の研究で提案している40cm幅のPCまくら木を用いて20cm厚さのバラスト道床に充填を行う構造では、枕木変位は従来のバラスト軌道の約1/8になったことを示している。また、仮に路盤の圧縮変形により軌道の沈下が進んでも軌道狂いは顕著に小さくなったことを示している。これらの現地での施工記録、長期観測結果を総合して、経済性・施工性・性能から見て本研究で提案している新しい省力化軌道が最も優れていると結論している。

第六章は、新たに提案した省力化軌道構造の有限要素法による数値解析の結果を取り纏めたものである。その結果として、新しく提案した省力化軌道の構造形式の妥当性を示している。

第7章は、結論である。

以上要するに、世界に先駆けて従来のバラスト軌道構造を、優れた施工性で経済的であり恒常的な維持保守管理を不要にする省力化軌道に転換する工法を実用化し、その性能を現場記録により力学的に検討し、優れた性能を実証している。これらは、地盤工学

の分野において貢献することが大である。よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。