

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 桃谷 尚嗣

鉄道軌道を支持する路盤は、列車荷重によって継続的に変形するため継続的な保守作業が必要となる。しかし、近年の労働力不足から、継続的な変形の少ない路盤を建設して保守作業を軽減あるいは全く無くした方が合理的な場合が増えてきた。変形が少なくなるように強化した路盤を設計するためには、移動列車荷重による強化路盤の変形が予測できる必要がある。この場合の特徴は、荷重が移動すること、載荷回数が非常に多いこと、荷重がまくらぎを経て距離的に見て離散的に路盤とその下の路床に伝達されること、変形には弾性的な即時繰返し変形と非可逆的な長期残留変形があることである。従って、これらの要因が路盤の変形特性に与える影響を定量的に評価できる必要がある。さらに、これらの研究結果に基づいて、新しい設計法を提案する必要がある。本研究はこのような背景の下で行われたものである。

第1章は序論であり、以上のような研究の背景と研究目的がまとめられている。特に、従来の路盤の設計では路床の剛性に応じて路盤表面の変位量が許容値を満足するように路盤厚さを決定しているが、列車本数や列車荷重等の荷重条件を考慮していないことを指摘している。また、従来の模型実験では載荷位置が固定した繰返し載荷が行われているが、この載荷条件は実際に移動する列車荷重条件とは著しく異なる結果をもたらす可能性があることを指摘している。研究目的は、移動載荷と定点載荷の違いが鉄道路盤の即時及び残留変形に与える影響を定量的に評価すること、鉄道路盤の弾性的変形を実験的に正確に評価して弾性解析による予測の精度を検証すること、強化路盤の設計においてアスファルトコンクリートの弾性ひずみを弾性 FEM 解析で正確に求める方法を提案すること、耐用年数を考慮した強化路盤の新しい設計法を提案すること、であることを述べている。

第2章は、小型鉄道軌道模型を用いて移動荷重と定点荷重を用いた繰返し載荷を行って、路盤と路床の変形特性を詳細に検討した結果をまとめている。まず、本研究のために新たに設計制作した実験装置の詳細が示されている。さらに実験結果を解析することにより、路盤の存在によりまくらぎの受ける荷重は大きくなるが路床内の応力は減少して路盤の沈下量は減少すること、定点載荷と比較すると移動載荷の場合のまくらぎの残留沈下量ははるかに大きくなることを示している。これは、定点載荷を行うと載荷点のまくらぎ直下の路盤と路床に生じる残留ひずみが相対的に大きくなり、レールの剛性のために載荷位置まくらぎが受ける荷重が繰返し載荷とともに減少してゆくことが主な理由であることを、様々な測定結果を基礎にして推察している。他の要因として移動荷重による路盤と路床内で主応力方向が連続的に回転していることも挙げている。また、強化路盤では路盤が厚い方がアスファルトコンクリート内のひずみが小さくなること

を実験的に示し、このために疲労寿命を長くすることが出来ることを示している。また、路床内のひずみを画像解析により求めて、強化路盤には、荷重を分散することにより路床内のひずみを分散して残留ひずみを軽減する機能があることも示している。

第3章では、三次元線形弾性有限要素法によって強化路盤の小型模型実験の結果を解析している。路盤・路床の弾性挙動に対して、路盤・路床の物性値を適切に設定することにより、路盤厚さがアスファルトコンクリート内に生じる引張りひずみに与える影響や模型土槽底面に作用するせん断応力と鉛直応力の載荷輪位置に対する分布形状の実測結果が正確に予測できることを示している。

第4章は、実物大のアスファルト路盤模型の載荷実験法と実験結果、及び実験結果の三次元線形弾性有限要素法による数値解析の結果をとりまとめたものである。その結果、実物大のアスファルト路盤模型の弾性挙動も、提案する数値解析法によって正確に予測できることを示している。

第5章は、バラスト路盤上に設置した実物大のまくらぎの載荷実験法と実験結果、及び実験結果の三次元線形弾性有限要素法による数値解析の結果をとりまとめたものである。実物大まくらぎの底面は26個と多数の二方向ロードセルの受圧面で全面的に覆うことにより、まくらぎ底面での直応力とせん断応力の分布を正確に測定している。まくらぎ底面としては、平滑面、粗にした面、ゴムで作成した弾性材を介在した面と言う三つの条件を用意している。その結果、この順序でバラストがまくらぎ底面に対して相対的に移動しやすく、バラストが移動しやすいほど、まくらぎ底面でより大きなせん断応力が発揮されて繰返し載荷に伴う応力分布の変化も大きくなり残留沈下量が大きくなることを実証している。さらに、バラスト軌道の路盤内の圧力分布を、線形弾性有限要素法により適切に評価できることを示している。

第6章では、耐用年数を考慮した強化路盤の新しい設計法を提案している。模型実験によって精度を検証した有限要素法によって数値計算を行うことにより、路盤に大きなたわみが生じた場合でも、アスファルトコンクリート下面で一様な引張りひずみが生じるのではなく、個々のまくらぎの端部直下でひずみが集中することを示している。また、列車本数や列車荷重に応じて柔軟な設計をすることができる新しい設計法を提案している。現行の設計標準で規定されている路盤厚さは、耐用年数を考慮して再検討すると、通常の列車荷重に対して妥当な厚さであることを示している。

第7章は、結論である。

以上要するに、鉄道路盤の移動列車荷重による変形のメカニズムを模型実験と数値解析により明らかにして、新しい強化路盤の設計法を提案しており、今後の本研究分野の発展及び実務設計の改善に寄与する新しい知見を与えている。これらは、土質工学に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。