

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 伊東 孝之

鉄道路盤におけるバラスト碎石からなる道床がその下の軟弱な粘性土の路盤にめり込む現象は、鉄道工学における古くからの重要な問題の一つであり、今日でもこの問題は、十分には解決していない。このめり込みが生じないような構造形式の道床・路盤を開発する努力が行われているが、既設の鉄道では依然としてこの問題は深刻であり、新規鉄道でもコストから見てバラストからなる道床を採用することが多い。道床のめり込みは、道床の貫入力に対する路盤の抵抗が不足しているために生じる。既設鉄道の路盤は品質が十分でないものも多く存在していて、道床の路盤へのめり込みにより軌道の狂いを誘発する事が多く、このため多くの保守量を必要としている。従って、計画的な保守作業を行うためにも、新たに路盤を建設する場合に対しても、道床の路盤へのめり込み沈下の要因とその量の予測式を確立する必要があった。

本研究は、系統的な室内模型試験を行うとともに、現地での道床のめり込みに関する広範囲な調査を行い、上記の要求に応えたものである。

序論で、既往の研究を総括し、上記のような研究の背景をまとめている。

第二章では、道床の路盤へのめり込みの現象の基本メカニズムを、原位置での調査結果を基に検討をしている。その結果に基づいて、内径 47.5 cm の小型シリンダー内に鋼球で模した道床と 4 種の粘性土の模型路盤を作成して、一次元状態で鉄道荷重を模した鉛直繰返し载荷を行っている。その結果をまとめ、定常沈下速度 B (mm/10 万回) を路盤に生じる繰返し圧力の最大値 (p) と路盤のコーン貫入抵抗値 (q_c) の関数として、土質により異なるパラメータ β_0 、 β_1 ($=2.5 \sim 3.5$)、 β_2 ($=-1.5 \sim -2.5$) を用いた経験式 $B = \beta_0 \cdot p^{\beta_1} \cdot q_c^{\beta_2}$ で表せることを示している。次に、模型道床を実際のバラスト碎石で作成して同様な実験を行ったところ、沈下速度は約 3 倍になった。これは、バラストの直径が鋼球の直径の約 3 倍であったためであると推定している。

第三章では、実現象が三元的であることを考えて、直径 75 cm のシリンダー内に粘性土を用いて模型路盤を作成して鋼球を用いた模型道床を異なる直径で作成して、第二章で説明した方法と同様な方法で繰返し载荷した。各種の三次元効果が観察されたが、道床の路盤へのめり込みによる定常沈下速度は、二次元模型実験と基本的に同じであることを見出ししている。

第四章では、道床の粘性土路盤へのめり込み現象のメカニズムは、コーン貫入試験での円錐コーンが粘性土地盤へ貫入するメカニズムと基本的には同一であることを理論的に考察し、それ故同一の繰返し荷重の下では定常貫入速度はコーンの直径すなわち道床バラスト碎石の直径に比例することを示している。

第五章では、実物大の軌道・実際のバラスト砕石を用いた道床・三種の路盤模型を室内で作成し、実際の列車荷重相当を用いた繰返し載荷をレール上の定位置で与えた実物大実験を行った結果をまとめて、室内小型模型実験で得られた経験式の妥当性を検討している。その結果、100～200万回載荷させた繰返し載荷後期でのレール沈下速度は、小型模型試験で得られた経験式とほぼ等しいことを示している。

第六章では、道床が過大に沈下しないための、路盤の構築時の路盤土に要求される土質と含水比の関数としての強度と、模型試験で得られた繰返し載荷の下での路盤の密度変化に基づく圧縮沈下に関する経験式を用いて求めた路盤にされる密度等の品質をまとめている。

第七章は、線路改良工事により廃線敷となった全国 10 箇所において道床の路盤に対するめり込みの実体調査と営業時の軌道狂い（高低狂い）の進み状況の調査を行うとともに、路盤・道床に対する平板載荷試験、コーン貫入試験による路盤支持力特性の調査を行った結果をまとめている。すなわち、室内模型試験により求めた経験式による軌道狂い進みの計算値は実測値を 30 % 程度過大評価するが、実測値の傾向を極めて正確に予測していることを示している。この差は、実査の軌道では上記経験式では考慮していない道床の圧縮沈下も生じるためであると推定している。また、模型試験では繰返し載荷によって路盤のコーン貫入抵抗(q_c)は一定値の収束する傾向が見られたが、原位置においても $q_c = 8 \cdot p$ (p は路盤圧力) に収束することを示している。

第八章は、本研究で得られた結果に基づいて、実務に適用すべき道床のめり込み沈下の予測式と必要路盤強度を提案し、道床沈下が殆ど生じないようにするための路盤貢献を判定する方法を提案している。

第九章では、本研究の成果が、新幹線開業後の軌道沈下の予測等の実務に用いられてきた状況をまとめている。

第十章は、結論である。

以上要するに、現場での実現象の観察・室内試験・理論的考察・現場測定に基づいて、列車荷重によるバラスト砕石からなる道床が長期に亘り粘性土路盤にめり込む現象のメカニズムを明らかにし、道床のめり込み量の予測式と道床のめり込みを無くすための路盤条件を定量的に明らかにし、実務で使用できるレベルでの定量的な提案をしており、地盤工学の研究分野の発展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。