

審査の結果の要旨

氏名 宇野 護

本論文は、超高速鉄道における地盤振動の特徴を実験線測定結果の分析に基づいて振動の発生・伝達の観点から把握し、それを踏まえた適切な予測評価手法を構築して、新幹線の勧告値が順守可能であると実証することを目的としている。

まず第 1 章では超高速鉄道のインフラに関わる技術課題とそれらに対する取組みの状況について網羅的に分析する中、超高速で走行を行うためには沿線環境の保全が重要であり、中でも地盤振動に関して研究を進めていく必要があることを整理した。その後第 2 章では新幹線の地盤振動特性や振動レベルの予測評価手法、超高速鉄道の構造物の特性等に関する既往の文献調査を行い、さらには過去からの実測結果を整理して、振動と構造物特性や地盤特性との関連など、今後研究を進めていくうえでの着眼点を得た。

第 3 章では、実験線の走行試験において、超高速鉄道が走行する際の構造物及び沿線地盤の振動測定を 2 箇所の高架橋・橋梁を対象にして実施し、振動の発生・伝達の観点から、その特徴を分析した。その結果、軌道部分では新幹線と同様に、台車の間隔や通常の鉄道の車輪に相当する磁石の間隔等の規則性に起因する周波数成分の振動が卓越していること、車両が磁力で浮上して走行する影響もあり高架橋・橋梁を伝達する過程で振動が大幅に減衰すること、特定の周波数においては減衰量が少なくなる傾向があることなどから、橋脚下部では新たな周波数のピークが形成されて、沿線で測定される地盤振動にも影響を与えていることを確認した。また沿線地盤で測定した振動の分析結果から、新幹線や道路と同様、超高速鉄道においても地盤の条件によっては沿線地盤において振動レベルが大きくなる場合があることを確認し、超高速鉄道における振動の予測・評価にあたっては、地盤特性の影響を考慮することが重要であるとの示唆を得た。

第 4 章では、沿線地盤で観測される振動に対して構造物の特性が与える影響について、たわみ測定の結果や高架橋の固有値モード解析結果と、構造物や地盤の振動との比較を通じて検討を行った。その結果、構造物における振動の減衰の特徴は桁の固有振動数等、構造物の特性に基づくものであり、超高速鉄道においては、構造物の振動特性が沿線地盤振動に強い影響を及ぼしていることを確認した。

第 5 章では、明かり区間と同じく環境影響評価項目となっているトンネル区間での地盤振動特性を把握するため、実験線の走行試験において、トンネル内や地表面での振動測定を実施し、高架橋等との比較を行った。その結果、側壁の基礎部分で発生する振動の周波数特性は高架橋等と同様である一方、振動レベルは大幅に小さいことを確認した。またトンネル内や地表における振動は側壁の基礎部分と比較して更に減衰しており、速度が変わっても周波数特性に変化がなく、構造物や地山の振動伝達特性が影響を及ぼしているとしている。

第 6 章では、供用を想定している路線において、軌道部分の側壁や明かりフードを含めた種々の構造物と地盤を一定の考え方で取扱うため、等しい大きさの立方体メッシュを用いるボクセル有限要素法による数値解析を行うことを検討し、構造物設計時の材料特性や地盤におけるボーリングデータから得られる地盤特性に基づいて 3 次元動的 FEM 解析モデルを構築し、実験線走行条件での予測を行って、予測値と実測値を比較した。その結果、実験線の標準高架橋である桁長 37.8m の PRC 箱桁においては、加振力特性に起因する周波数のピークと構造物特性に起因する周波数のピークを再現した上で、沿線地盤で振動レベルが大きくなる傾向も再現し、振動レベルの最大値を実用上十分な精度で、具体的には誤差 2dB 程度で予測可能なことを確認した。

第 7 章では、第 6 章で構築した予測モデルを用いて、車両編成長が長くなった場合、環境対策工として明かりフードを設置した場合、高架橋高さが低い場合、軟弱な地層が厚く存在する場合等、想定路線における種々の条件で振動レベルの予測を実測した。その結果、どの条件においても実験線で測定された数値とほとんど差がないこと、これらの値が環境保全の目標値と想定される新幹線勧告値の 70dB に対して十分に小さなことを確認し、様々な構造物や地盤条件が組合わせられた場合を考えても、勧告値の達成は可能であるとの見通しを得た。

最後に第 8 章では研究の成果を取りまとめるとともに、設備更新・延伸後の実験線における測定データを活用した研究精度の向上、何らの理由で更に積極的に振動の低減を図る場合への解析モデルの活用、在来鉄道や道路の予測への解析モデルの活用など、今後の課題を取りまとめた。

本論文は、超高速鉄道走行時の構造物及び地盤の振動について、実験線の走行試験で振動の発生から伝達に至るまでの一貫した測定を実施して、得られた詳細な測定データを丹念に分析し、同じ高速鉄道である新幹線との比較を通じて、観測される振動の周波数特性や構造物・地盤での減衰特性などを初めて明らかにしている。また、交通振動にはこれまで適用例のないボクセル有限要素法を適用し、様々な条件における地盤振動レベルを予測するための解析モデルを構築したことは、今後超高速鉄道の環境影響評価を進めるにあたって有益であるとともに、他の交通機関への応用等、更なる研究への契機となることが期待される。よって、博士（工学）の学位請求論文として合格と認める。