

本論文は、東海道新幹線を対象に、その高速化技術の変遷を体系的に論述するとともに、近年その重要性が増している沿線環境対策に対する技術開発を述べたものである

論文では、1章で論文の背景を述べ、2章ではまず、新幹線高速化についての技術開発の変遷について論じている。新幹線高速化を通史的に以下の4期に分け、1期(新幹線誕生期:1958~1964)は、広軌別線建設の答申から開業までであり、国鉄技術陣の技術力を集約して新幹線の基本的な骨格を形作った時代。2期(新幹線定着期:1964~1987)は、開業から国鉄民営化までとし、新幹線建設に伴う利子負担や労使関係の悪化に起因するサービスの低下と需要減もあり、経営は悪循環を繰り返した。高速化への要素技術開発は行われていたが、更なる高速化へ繋げていくような時代背景ではなく、追加的な課題(騒音問題、架線破断等)への対応の時期としている。3期(第2世代新幹線誕生期:1987~1992)は、国鉄民営化後の経営戦略上の要請から大幅な速度向上を実現すべく、システム全体の見直しが行われた時期である。主な技術課題は、高速走行性能と軽量化を同時に実現することであり、新たな技術を大幅に導入しシステム全体を見直すことで270km/h化を可能にした。4期:(第2世代新幹線定着期:1992~)は、300系車両投入以降、現在に至るまでの時期を示し、270km/h化新幹線のブラッシュアップの時代と言える。主な技術的な課題は、車内快適性の確保と速度向上に伴い悪化する恐れのある環境に対する対策であったとしている。

高速化技術の変遷をまとめ、「高速走行性能」と「走行安全性の確保」に関しては、1・2期でほぼ骨格が出来上がり、3期で完成したことを明らかにしている。「快適性の確保」と「省エネルギー化」は開業以降の継続的な課題であるが、3期で飛躍的に向上した。「沿線環境対策」は、2期に騒音問題が顕在化し今日に至るまで対策を進めているが、高速化の際に悪化が避けられないものであり、特にメカニズムが十分に解明されていない地盤振動問題は将来に向けた最も重要、かつ喫緊な技術的課題であることが通史的な視点からも明らかとなった。そして、これらの分析を通じて、高速化を促進する以下の3つの要因を抽出している。1)「再現技術の活用」による短期間で経済的にかつ安全性・信頼性の高い技術開発、2)「技術ジャンル横断的な技術開発体制」による各技術の境界部や横断的な課題への対応、3)「経営戦略に基づく決断」による技術的ブレークスルーの促進

論文の後半である、3章以降においては新幹線高架橋区間の地盤振動の特性解明と振動対策工の開発を論じている。具体的には、東海道新幹線のラーメン高架橋区間(図1)を対象とした実用的振動低減対策手法を提案している。これは、既設の高架橋自体に対策を行うという意味で、振動低減対策としては従来ほとんど提案されなかった範疇のものである。

地盤振動問題は、その発生、伝播等の基本特性が十分に解明されていない現象であることから、新幹線走行に伴って発生する振動を実際の高架橋の駆体および周辺地盤で調査した結果を注意深く観察するとともに、数値解析を用いて対策工を具体的に案出することが、最適な開発方針と判断し、現地測定の結果を分析し、東海道新幹線の沿線地盤では振動数8~10Hzと20Hz成分が卓越し、また高架橋ブロック端部に隣接する柱においてブロック中央の柱には見られないような付加的な振動

が発生しており、ブロック端部の張出し部分が地盤振動の発生に影響を与えていることを明らかにしている。このことから、現状では構造的に切れている隣接ブロックの端部の間を剛に繋ぐこと(端部剛接)が、一つの有効な振動低減対策になるであろうことを着眼した。

次に、高架橋と柱近傍地盤の振動シミュレーションが可能な数値解析モデルを構築し、シミュレーションによる検討を行ったところ、端部剛接が他の対策より各段に大きな振動低減効果を有し、実用上最も有効な方策であることを明らかにするとともに、振動数8~10Hzを中心とした振動を低減できるという振動低減メカニズムを解明した。

既設高架橋の端部隙間を剛接連続化は既設構造物に悪影響を及ぼすため、端部剛接対策に準ずる「X型端部補強工」(図2)なる対策工を考案した。この対策工について、試験施工で振動低減効果を確認の上、沿線の複数箇所に設置したところ、2dB程度の振動低減効果が得られ、また低減する振動数域が数値解析の予見と一致した。

本研究で考案された端部補強工は、今までに実用化された対策手法に加え、東海道新幹線の高架橋に一般的に適用できる防振対策として、広く適用できるものである。その後、東京~新大阪間の必要箇所に施工され、十分な防振効果が発揮されたことを実測値により確認している。

以上のように、本論文は東海道新幹線の高架橋形式に起因する地盤振動への衝撃的影響を実測と数値計算により発見し、それを低減するために、既設高架橋自体に適用できる新たな防振対策工を考案して、実施工により防振効果を得るという、一連の成果をまとめており、工学的な意義も高い。よって、博士(工学)学位請求論文として合格と判断される。

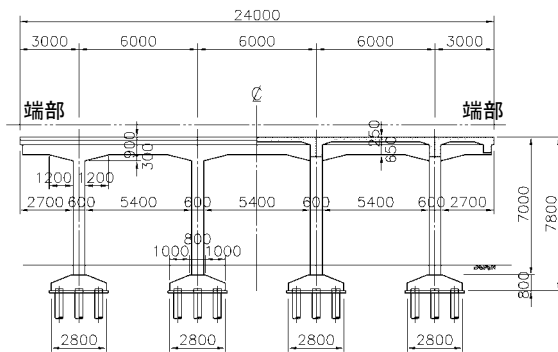


図1 東海道新幹線のラーメン高架橋

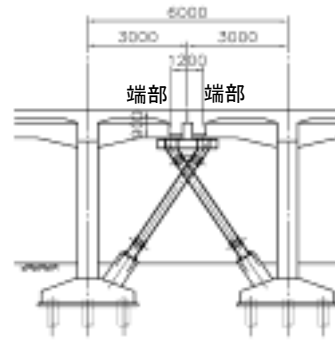


図2 端部補強工(X型補強工)