

氏名	大竹 省吾
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 238 号
学位授与の日付	平成 30 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	鋼鈹桁道路橋の低周波音の発生部位と鉛直 2 次モードの振動に着目した対策に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 中村 一史 委員 教授 村越 潤 委員 准教授 小田 義也

### 【論文の内容の要旨】

高架道路からの交通振動の苦情の内容には、騒音、振動、低周波音がある。このうち、低周波音による“物的苦情”に対しては、わが国では、同調質量ダンパー（TMD）や緩衝機能付き中間支柱の設置等の対策が行われている。ただし、これらはいずれも鉛直 1 次モード（3.15～5Hz 帯）に着目した対策である。しかし、低周波音の苦情には、鉛直 2 次モードの高次振動（10～20Hz 帯）が影響する事例があり、これらについては運動量交換型衝撃吸収ダンパー（IMD）の研究や床版下面増厚の実施例等があるが、対策事例は非常に少ない。また、海外に目を向けた場合、対策構造となりうる制振装置や伸縮装置に係る研究はあるものの、高架道路からの低周波音苦情に係る研究は、筆者が調査した範囲ではない。一方、近年開通した新東名高速道路の合理化橋梁では、床版の鉛直方向や主桁ウェブの水平方向へのはらみ出しのような面外振動の影響と考えられる構成部材の少ない構造特有の橋梁振動が報告されている。

そこで本研究では、鉛直 1 次モードに加え、床版の面外の振動を含む鉛直 2 次モードの振動の影響に着目して、「低周波音に関わる苦情と発生部位の関係」、「苦情原因に応じた対策構造」、「新設橋梁の設計における配慮」の 3 点を明らかにすることを目的に研究を実施した。

第 1 章では、低周波音苦情の実態を概観して、高架橋の低周波音対策に関する既往の研究について概要を述べ、検討すべき課題と本研究の位置づけを明らかにするとともに、本論文の目的、全体構成、各章の内容について示した。

第 2 章では、橋梁の低周波音対策等の効果の推定に用いる車両走行解析において、詳細な動的相互作用を考慮した解析の代わりに、試験車両の車軸の振動加速度より疑似的な外

力を作成し、これを入力とする疑似応答解析手法を提案した。従来の構造と合理化構造の鋼桁橋に対して両解析手法を適用し、提案手法の妥当性を検証した。その結果、疑似応答解析は、車両と橋梁が共振し“物的苦情”の発生する「3.15～5Hz 帯」と「10～20Hz 帯」のピーク周波数帯において、動的相互作用解析と同等のスペクトル形状と波形形状を持つ加速度応答を算定できることを確認した。これにより、提案した疑似応答解析は、苦情対策の検討において動的相互作用解析と同等の効果をより簡便に評価できることから、対策効果の推定において実用的であるといえた。

第3章では、従来の構造と合理化構造の鋼桁橋において、合計4橋梁の振動・低周波音の計測記録より低周波音苦情の発生部位を分析した。その結果、“物的苦情”の原因となる低周波音の周波数は、何れの橋梁においても「3.15～5Hz 帯」に加え、「10～20Hz 帯」に存在することを明らかにした。加えて、低周波音と橋梁振動に有意な相関があることから、橋梁振動が低周波音の発生源である可能性が高いことを示した。また、「3.15～5Hz 帯」の振動・低周波音は、車両が橋梁の支間上を通過する間、継続的に大きいが、「10～20Hz 帯」は、車両が伸縮装置を通過した直後が特に大きく、伸縮装置前後の路面凹凸の形状や分布に起因することを予想することができた。さらに、計測記録を数値解析により補完することで、「3.15～5Hz 帯」と「10～20Hz 帯」の低周波音を発生させる橋梁振動のモード形状を特定することができた。

第4章では、これまで計測データや数値解析を用いた検討事例の無い、伸縮装置前後の路面凹凸の波長や分布等の特性と試験車両および橋梁の卓越周波数との関係に着目し、計測記録の分析と数値解析を併用して検討した。その結果、伸縮装置前後の路面凹凸によって、試験車両のばね下の振動が励起され、これにより橋梁の振動が励起されるメカニズムを把握するとともに、橋梁振動の継続時間とその時の加速度・音圧の大きさを定量的に示すことができた。また、伸縮装置前後の後打ちコンクリートとアスファルト舗装およびその上の段差修正対策による凹凸が車両のばね下と橋梁の卓越周波数帯である「10～20Hz 帯」の波長に一致する可能性が高いことを示した。さらに、路面凹凸をパラメータとした数値解析の結果より、車両振動の大きさと路面凹凸の段差の大きさ、波数、周波数（波長）等との関係を明らかにし、路面凹凸の制御対策の効果を振動加速度レベルで評価できることを示した。

第5章では、「10～20Hz 帯」の低周波音の発生源となる橋梁振動の対策方法について、「10～20Hz 帯」の振動のピーク位置の振動加速度の抑制効果に着目して対策効果の推定を行った。対策方法としては、路面对策として伸縮装置前後の路面凹凸の改善、上部構造対策として剛性付加（端横桁のRC巻き立て、床版の剛性付加、横桁剛性付加、縦桁剛性付加）、制振対策（TMD、IMD、中間支柱）を選定した。従来の構造と合理化構造に対して対策工法の規模をパラメータとして数値解析を実施した結果、橋梁の構造形式と効果が期待される対策方法の関係とその要因を示すことができた。加えて、対策効果を振動加速度レベルで評価することができた。

第6章では、第4章、第5章の検討結果を踏まえ、鋼桁橋の構造形式の別（従来の構造、合理化構造）と、各種対策方法の対策効果の評価結果を整理した。またこの結果を踏まえ、新設橋梁に対する事前の対策方法の提案を行った。

第7章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめるとともに、将来への展望、今後の課題について、総括的に論じた。