

【学位論文審査の要旨】

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、いわゆる“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、海外においては、対策構造となりうる制振装置や伸縮装置に関する研究はあるものの、高架道路からの低周波音の苦情に関する研究は見られない。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。

本研究は、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、複数の鋼鈹桁橋の低周波音、振動加速度の計測データを分析・評価するとともに、解析的な研究を実施したものである。

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 橋梁の低周波音対策等の効果の推定において、詳細な動的相互作用を考慮した車両走行解析の代わりに、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鈹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示した。したがって、提案手法は、動的相互作用解析と同等の効果をより簡便に推定でき、実用的であるといえた。

(2) 従来の構造と合理化構造の鋼鈹桁橋において、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、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、「10~20Hz 帯」の振動・低周波音は、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示した。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。

(3) 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した。また、伸縮装置前後の路面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。

(4) 「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に着目して対策効果の推定を行った。対策方法として、伸縮装置前後の路面凹凸の改善、上部構造の剛性付加（端横桁の RC 巻き立て、床版・横桁・縦桁の剛性付加）、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、構造形式別に対策方法の効果とそのメカニズムを明らかにした。加えて、対策効果を振動加速度レベルで定量的に評価することができた。

(5) 前述の検討結果を踏まえ、鋼鈹桁橋の構造形式別（従来の構造、合理化構造）および対策方法別の低周波音の評価結果を整理するとともに、新設橋梁への適用を含めた設計法を提案した。

以上要するに、本論文は、鋼鈹桁橋における低周波音の発生メカニズムとその対策効果を明らかにして、新設橋梁への適用を含めた低周波音対策の設計法を提案したものであり、橋梁工学分野における貢献は極めて大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があると認められる。