

京都大学	博士 (工学)	氏名	蘇 丹娜
論文題目	SEISMIC PERFORMANCE OF HIGHWAY BRIDGES SUBJECTED TO STRONG EARTHQUAKES CONSIDERING VEHICLE-BRIDGE INTERACTION (車両－橋梁の相互作用を考慮した強地震動を受ける橋梁の耐震性能に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、橋梁上を走行する車両と橋梁の相互作用による連成振動を橋梁－車両の一体構造システムとして捉えた構造解析手法を構築するとともに、この一体構造システムが強地震動を受ける時の応答特性を明らかにしたうえで、橋梁の耐震設計における車両重量の取り扱いについてとりまとめたものである。同時に、地震時に橋梁上を走行する車両の運転者・同乗者の安全性に関する考察を行っているものであって、6章からなっている。</p>			
<p>第1章は序論であり、研究の背景と目的について述べ、橋梁の耐震設計ならびに活荷重と地震荷重の荷重組合せの現状、および車両と橋梁の連成振動に関する研究の動向を示している。</p>			
<p>第2章では、橋梁および橋梁上を走行する車両をそれぞれ独立した振動モデルとして構築し、車両のタイヤと橋面の接触位置での変位および作用反作用の反力を共有することで、連成振動応答を反復計算するアルゴリズムを構築し、汎用有限要素解析コードおよびMATLABを用いた地震時応答シミュレーションで本アルゴリズムの妥当性を実証している。ここでは、路面凹凸、構造物の非弾性応答も考慮できる実用性を示している。</p>			
<p>第3章では、橋軸直角方向および上下方向の地震動入力（1995年兵庫県南部地震の気象台観測記録を補正した設計地震動など）に対する2次元の橋梁－車両の一体構造システムとしての地震時応答を求めた結果、走行車両は橋梁の応答を総じて増幅する効果があるが、走行車両の台数ならびに走行速度によっては、応答を低減する場合もあることを明らかにしている。また、橋梁上を連行走行する車両と橋梁上に停車する車両の影響を比較すると、両者の橋軸直角方向の加速度応答に大きな差異は無く、安全性評価の簡便な代替法として停車した車両の活用を提案している。また、車両応答は、運転者・同乗者において不快感を与えない程度であることを明らかにしている。</p>			
<p>第4章では、橋梁－車両の一体構造システムを3次元モデルとして構築し、3種のレベルII地震の設計用地震動を橋軸方向に入力した地震時応答性状を精査した結果、走行車両の付加質量による長周期化、車両の振動系によるダンパー効果が総じて加速度応答を低減し、変位応答を大きくすることを明らかにしている。また、走行車両においては、運転者の車両操作性に影響を及ぼす応答レベルとなることを明らかにした。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	蘇 丹娜
------	---------	----	------

第5章では、2011年の東北地方太平洋沖地震における継続時間が長く、加速度ピークが顕著に複数現れる強震動を、3次元の橋梁-車両の一体構造モデルの橋軸方向に入力し、巨大地震時の応答性状を評価した結果、走行車両は橋梁の加速度応答のピーク値を大きくする傾向にあるが、加速度応答の二乗平均値ならびに変位応答を低減する効果があることを明らかにしている。また、車両運転者・同乗者への影響に関するISO基準に基づくと、車両応答は、疲労感・走行安全性に関わるレベルには至らないものの、不快さを感じるレベルには達することを明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、耐震設計における車両重量の取り扱いについて展望をとりまとめるとともに、大地震時に橋梁上を走行する車両の運転者の車両操作性、運転者・同乗者の安全性についてとりまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、橋梁上を走行する車両と橋梁の相互作用による連成振動を橋梁-車両の一体構造システムとして捉えた構造解析手法を構築するとともに、強地震動を受ける橋梁と車両の地震時の連成振動性状を明らかにしたうえで、橋梁の耐震設計における車両重量の取り扱いについてとりまとめたものである。同時に、地震時に橋梁上を走行する車両の運転者・同乗者の安全性、操作性に関する考察を行っているものである。

第1章では、研究の背景と目的について述べ、橋梁の地震時被害および耐震設計における活荷重と地震荷重の荷重組合せ、および車両と橋梁の連成振動に関する研究の動向を示している。第2章では、橋梁および橋梁上を走行する車両をそれぞれ独立した振動モデルとして構築し、車両のタイヤと橋面の接触位置での変位および作用反作用の反力を共有することで、連成振動応答を反復計算するアルゴリズムを構築し、汎用有限要素解析コードおよび MATLAB を用いた地震時応答シミュレーションで本アルゴリズムの妥当性を実証し、路面凹凸、構造物の非弾性応答も考慮できる実用性を併せて示している。第3章では、橋軸直角方向および上下方向の地震動入力（1995年兵庫県南部地震の気象台観測記録を補正した設計用地震動）に対する2次元の橋梁-車両の一体構造システムとしての地震時応答を求めた結果、走行車両は橋梁の応答を総じて増幅する効果があるが、走行車両の台数ならびに走行速度によっては、応答を低減する場合もあること、橋梁上に車両が停車しても橋軸直角方向の加速度応答に大きな差異が無いこと、運転者・同乗者が不快と感じない車両応答レベルであることを明らかにしている。第4章では、橋梁-車両の一体構造システムを3次元モデルとして構築し、3種のレベルII地震の設計用地震動を橋軸方向に入力した地震時応答性状を精査した結果、走行車両の付加質量による長周期化、車両の振動系によるダンパー効果が総じて加速度応答を低減し、変位応答を大きくすること、走行車両の運転者の車両操作性に影響を及ぼすことを明らかにした。第5章では、2011年の東北地方太平洋沖地震における強地盤振動を、橋梁-車両の一体構造モデルの橋軸方向に入力し、巨大地震時の応答性状を評価した結果、走行車両は橋梁の加速度応答のピーク値を大きくする傾向にあるが、加速度応答の二乗平均値ならびに変位応答を低減する効果があることを明らかにしている。また、ISO基準に基づく、車両応答は、疲労感・走行安全性に関わるレベルには至らないものの、不快適さを感じるレベルには達することを明らかにしている。第6章では、本研究で得られた成果をまとめるとともに耐震設計での地震荷重と活荷重の組合せおよび橋梁上を走行する車両の運転者・同乗者の安全性に関する今後の展望について示している。

以上、本論文は、橋梁の耐震設計における車両重量の取り扱いについて検討するとともに、橋梁上を走行する車両の運転者などの安全性をとりまとめることにより、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

氏 名	蘇 丹娜
-----	------

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、（平成31年3月31日までの間）当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。