

氏名	伊原 茂		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 7725 号		
学位授与年月日	平成 28年 3月 25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	既設構造物を活用した都市高速道路高架橋の耐震性向上に関する研究		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	庄司 学
副査	筑波大学 教授	工学博士	境 有紀
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	松島 亘志
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	金久保 利之
副査	東京工業大学 教授	工学博士	二羽 淳一郎

## 論文の要旨

本研究では、兵庫県南部地震クラスのレベル2地震動に対して、既設構造物を有効活用した、都市高速道路高架橋の新しい耐震構造の考案・開発を行った。得られた知見は以下の通りである。

- ・支承部や桁間に免震・制震デバイスを併用することにより上部構造の地震荷重を低減し下部構造や基礎構造の塑性化を抑制する効果について検証した。その結果、様々な免震・制震デバイスの組み合わせにおいて、鋼製橋脚基部の応答ひずみを許容ひずみ以下まで安定して低減できるが、弾性域まで低減することは困難となる場合があることが明らかとなった。

- ・鋼製橋脚基部のアンカー部の応答が塑性化した場合には復旧に多大な時間を要することから、フーチングに埋設されている既設アンカーボルトの塑性変形を抑制するための増設アンカー補強構造の力学的メカニズムを検証した。その結果、既設鋼製橋脚のベースプレートを拡張しフーチングの支圧抵抗面積を増加させて、引張側の既設アンカーボルトの応力度の低減を図る鋼製橋脚基部拡張補強構造の考案・開発を行った。

- ・基礎構造の土被りや深さ方向の制約条件を考慮すると、高さの低いフーチングに埋設でき、アンカー機能を有する定着構造が必要となる。このため、既設の基礎構造を有効活用し、アンカー機能を有する鋼製格子部材を埋設した合成構造フーチングの考案・開発を行った。橋軸及び橋軸直角方向に対して最大荷重はレベル2地震動相当荷重の約3.5倍及び約2.0倍の十分な耐荷性能を示すとともに、各構成要素の初降伏から最大荷重に至る安定した破壊進展過程が示され、適切なりダンダンシーを有する力学的メカニズムが明らかとなった。さらに、合成構造フーチングを含む構造物-地盤連成系の破壊進展過程において、レベル2地震動相当荷重の150%においても基礎全体としては降伏せず、既設構造物を有効活用し基礎構造への損傷を極力抑制できる有効な耐震構造であることが示された。

## 審査の要旨

### 【批評】

本研究では、1次固有周期が1.0秒以上の帯域となり、兵庫県南部地震相当のレベル2地震動による大きな動的応答が懸念される都市高速道路高架橋を対象として、上部構造に作用する1gオーダーの地震荷重を下部構造－基礎－地盤系で荷重分担する構造的な技術方策が提案されている。本研究において対象とする都市高速道路は車道拡幅の強い要請のもと、関東圏の相対的に軟弱な地盤に立地するとともに、現場の狭隘な空間制約から通常適用される橋脚基部の耐震補強やフーチング及び杭基礎の大規模な増し杭対策が技術的に困難であり、免震・制震デバイスによる動的応答の低減にも限界があるため、新たな耐震構造の開発が喫緊の課題となっていたものである。

第2章においては、上述したような構造系に対して免震・制震デバイスによるエネルギー吸収に限界があることを示した上で、下部構造－基礎－地盤系に求められるエネルギー分担の程度を示し、狭隘な空間に対応可能な鋼製橋脚の新たな定着構造の必要性について論じている。その点に関して、既存の高架橋に即し、構造パラメータをモデル化した上で、非線形動的解析により各構造要素の地震応答を定量的に示し、課題抽出をはかっている。

第3章においては、兵庫県南部地震以降、新設の鋼製橋脚のアンカー部の耐震対策については豊富な研究知見が示されている中で、課題の1つとなっている既設の鋼製橋脚のアンカー部の耐震対策として、ベースプレートの拡張とリブ補強を施した基部拡張補強構造を提案し、その耐荷性能と補強効果を3次元FEM解析により明らかにしている。橋脚基部の構造ディテールに関わる新規性の高い提案で、実施工に還元され得る拡張性の高い学術知見が得られている。一方で、3次元FEM解析結果の信頼性を担保するためにも、実験的な検討が課題であると考えられる。

第4章においては、鋼製橋脚基部と剛結した鋼製格子部材を新設フーチングに埋設させ、既設フーチングと一体化させた合成構造フーチングを考案するとともに、橋軸及び橋軸直角方向の耐荷性能を載荷実験及び3次元FEM解析により明らかにしている。高い新規性を有する基礎構造が提案されているだけでなく、非線形性の強い現象に対して実験及び解析結果を丹念に分析することで、耐荷性能に関わる力学的メカニズムを明らかにしており、実施工に耐え得る有用な知見が得られている。

第5章においては、合成構造フーチングを適用した場合の下部構造－基礎－地盤系の破壊進展プロセスを2次元FEM解析により明らかにし、レベル2地震動相当の荷重の150%においても基礎全体としては降伏しないという構造的頑強性を示している。一方で、2次元から3次元の解析に拡張し、解析結果の信頼性をより高めることが今後の課題としてあげられる。

### 【最終試験の結果】

平成28年1月26日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。