

## 審査の結果の要旨

氏名 金治英貞

兵庫県南部地震以降、既設構造物の地震時性能向上化が実施されてきているが、長大橋に限ると高速道路ネットワークのきわめて重要なリンクにも関わらず、その投資額、技術的難易度から一般高架橋の対策に遅れをとっているのが現状である。地震活動度の高まっている日本の現状を考えると、合理的かつ定量的に長大橋の地震時性能向上化の妥当性を説明できるようにすることとともに、工学的に優れかつ費用負担の少ない対策法を確立させることが必要な状況にある。本論文はこの立場から、長大トラス橋である港大橋を対象に、性能設計体系に基づき合理的な要求性能を設定し、この要求値をできるだけ効率的に満足するための地震時性能向上化策のための技術開発を実施し、これらに関する一連の設計論をまとめている。なお、本論文では、従来の耐震構造ではなく免震、制震構造による応答制御を重視した研究内容となっていることから、対震性能向上化という言葉を用いて耐震補強や耐震性能向上化と区別している。

まず、確率論的地震ハザードと構造特性を考慮した部材損傷度特性をベースに、ライフサイクルコストを指標として、その最小化から要求性能を設定している。地震入力に関しては、断層モデルを用い、橋梁の地震時性能評価のため、時刻歴応答解析を実施し、要求値を満たさない部材に対して、床組免震と制震ブレースを用いた損傷制御構造を主とした対策を種々検討している。さらに、損傷制御技術である床組免震と制震ブレースに関して、本橋の要求性能を満たすデバイスの開発を行い、それらに対する性能評価を実験的かつ解析的に行なっている。論文は以下の7章から構成されている。

第1章では、兵庫県南部地震における長大橋の被災特性、海外の長大橋地震時性能向上化の現状、長大橋の地震時性能向上化に向けた性能設計、入力地震動、および応答制御技術の現状と課題を列挙し、本論文の目的を述べている。

第2章では、リスクマネジメント手法を用いたライフサイクルコストによる地震リスク評価を行い、対震性能向上化によるリスク低減実施の経済的合理性を明らかにしている。それにより、巨大地震後の交通開放、復旧性を考慮した合理的な構造系である損傷制御構造、つまり、主構部材にはほぼ弾性挙動を

期待し、非主構部材には非線形挙動を許容する構造系が最適であることを示した。また、性能設計に必要となる架橋地点特有の地震動を評価するために、地震危険度解析から上町断層地震と南海・東南海地震が支配的であることを示し、これらを対象に断層モデルを用いた入力地震動を作成した。

第 3 章では、解析により動的挙動を把握するとともに、現橋の性能を当初設計に基づき照査し、レベル 2 地震動に対して部材耐力が不足する重要モードの抽出を行っている。次に、現橋梁の常時微動解析および地震観測記録の解析から、検討に用いた解析モデルの妥当性を議論している。

第 4 章では対策構造案に対して 3 次元地震応答解析を実施し、主部材等の最大ひずみエネルギーおよび応答変位の面から、その効果の定量的比較評価を行った。その結果、橋軸方向の対策である床組免震、橋軸直角方向の対策である床組連続化および制震ダンパーはともに大きな低減効果をもたらすことを示した。

第 5 章では、低摩擦型すべり免震支承とゴムばねの振動台試験を実施し、すべり支承の面圧および速度依存性を明らかとするとともに、面圧および速度依存性を考慮した数式モデルを構築している。設計モデルとして、静止時から設計最大応答速度における、速度-摩擦係数曲線の面積と等価な面積を与える摩擦係数を等価摩擦係数とすることを提案し、この摩擦力を塑性値とした剛塑性モデルを用いて良いことを示した。

第 6 章では、座屈拘束制震ブレースを既設長大橋に適用する上で重要となる施工性とガセット取り付け構造を考慮した種々の制震ブレースを提案した。芯材形状として平板型と十字型を実験的に検討した結果、十字型の方が局部座屈抑制効果は高く、安定した荷重変位関係を実験的に描くことを示した。さらに、実橋のフレームを模擬した小型試験を実施し、対象とした既設橋梁の構造諸元範囲では下横梁が部分的に塑性変形する可能性があるものの、フレーム系の等価減衰特性には有意な差が出ないこと、ならびにブレースの累積塑性低サイクル疲労の観点からも実験的検討を行っている。第 7 章では、得られた知見を取りまとめるとともに今後に残された課題を記述している。

以上のように、本論文は、性能設計体系の概念に基づき、長大トラス橋を対象に長大橋の地震時性能向上の妥当性を合理的かつ定量的に明らかにし、要求性能のレベルを定量化するとともに、工学的に優れかつ費用負担の少ない、床免震と座屈拘束部ブレースの組み合わせという新しい対策法を考案し、解

析ならびに一連の実験から「一つの技術」としてまとめている。本論文での成果は、内外の長大橋梁の地震時性能向上にも大きなインパクトを与えるものといえる。以上により、本研究の成果は極めて学術的価値の高いものと判断される。よって、博士(工学)の学位請求論文として合格と認める。