

氏名	中西 泰之		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	第 6245 号		
授与報告番号	(甲)第 3530 号		
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 22 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者		
学位論文名	ノックオフ部材を用いた高架橋の耐震性能向上に関する研究		
論文審査委員	主査 教授 山口 隆司	副主査 教授 谷口 与史也	
	副主査 教授 鬼頭 宏明	副主査 准教授 松村 政秀 (京都大学)	

論文内容の要旨

免震構造では、繰り返し荷重などによる支承の耐久性の劣化や、支承本体の剛性が低いため荷重作用による変位応答によって車両走行性が損なわれるなどの課題がある。本論文では、常時およびレベル 1 地震時とレベル 2 地震時に支承条件の変化を促すノックオフ部材を用いることによって、耐久性や走行性などに優れた免震構造を実現することを目的に一連の研究を実施した。本研究では、ICSB 支承（ノックオフ型サイドブロックを用いた免震支承）、および SKS システム（すべり支承、鋼製ピン型ノックオフ部材および変位制限装置を組み合わせた支承形式）に着目し、ノックオフ部材の設計手法および動的解析へのモデル化手法を検討するとともに、振動台実験および動的解析により、ICSB 支承、SKS システムによる高架橋の耐震性能向上効果を明らかにした。本論文は 5 章より構成されている。

第 1 章では、本論文の背景および本論文に関連する既往研究について述べ、本論文の位置づけと目的を明らかにし、本論文の構成を述べた。

第 2 章では、ICSB 支承、SKS システムを構成するノックオフ部材の静的せん断実験により、その形状寸法が破壊性状に与える影響を解明し、ノックオフ部材の設計荷重の算定式を提案した。次に、部材の破壊前後にて急激な剛性変化を伴うノックオフ部材の適切な解析モデル化手法について着目し、動的解析を通じて、ノックオフ部材を用いる場合には部材破壊のモデル化が必要であること、剛性変化に伴う減衰のモデル化手法の違いが構造系の全体挙動に与える影響が小さいことを示した。

第 3 章では、ICSB 支承を用いた高架橋の地震時挙動を検討するため、振動台実験および動的解析を行った。その結果、ノックオフ型サイドブロックの破壊直後に支承の変形や応答加速度の急増は観察されず、解放直後から免震系の振動へ移行した。また、動的解析より、ノックオフ型サイドブロックの破壊荷重をレベル 1 地震からレベル 1 地震の 1.5 倍程度に設定すると ICSB 支承に期待する効果が得られること、ICSB 支承では、ノックオフ型サイドブロックの破壊荷重が小さいほど、橋脚の発生曲率を小さくできることを明らかにした。

第 4 章では、SKS システムの振動台実験を実施し、SKS システムにより常時およびレベル 1 地震時には固定、レベル 2 地震時には可動へと移行する機構が実装できること、ノックオフ部材の破壊荷重や変位制限装置の設置遊間量が変位制限装置への衝突荷重に影響を与え、これらのパラメータが SKS システムの設計を行う上で重要であることを示した。また、その再現解析により SKS システムを構成する変位制限装置の適切な解析モデル化手法を検討し、反発係数より算定されるダッシュポット、緩衝材の初期剛性から算定されるバネ要素によりモデル化することで変位制限装置への衝突現象を再現できた。さらに、高架橋を対象に SKS システムの設計方法を例示し、動的解析を通じてその下部構造の断面力低減効果などの耐震性能の向上効果を確認し、経済性や耐震上の余裕度など従来支承と比べた優位性について論じた。

第 5 章では、本論文にて得られた成果をまとめ、SKS システムの実用化のための課題を示した。

論文審査の結果の要旨

高架橋の有用な耐震性能向上法である免震設計法では、繰返し荷重などによる支承本体の劣化や比較的剛性が低いことによる荷重作用による変位応答を伴い車両走行性が損なわれるなどの課題から、これらを克服した免震構造の開発が望まれている。

本論文では、常時・レベル1地震時とレベル2地震時に支承条件の変化を促すロックオフ部材を用いることによって、免震構造に対して耐久性や走行性などに優れた構造を付与することを目的とし、その実現のために、**ICSB** 支承（ロックオフ型サイドブロックを用いた免震支承）、および **SKS** システム（すべり支承、鋼製ピン型ロックオフ部材および変位制限装置を組み合わせる支承形式）に着目している。

まず、**ICSB** 支承、**SKS** システムを構成するロックオフ部材の静的せん断実験により、その形状寸法が破壊性状に与える影響を解明し、その設計荷重算定式を提案している。また、動的解析を通じて、ロックオフ部材の破壊などにより急激な剛性変化を伴う構造系の適切な解析モデル化手法を検討し、部材破壊の有無で応答性状が異なること、剛性変化に伴う減衰の設定手法の差異が与える影響は小さいことを明らかにし、急激な剛性変化を伴う構造系の動的解析では、剛性変化を適切にモデル化する必要はあるものの、減衰特性は構造系を代表する振動特性にてモデル化すればよいことを提案している。

さらに、**ICSB** 支承ではロックオフ型サイドブロックの破壊直後に応答加速度の急増なく免震系に移行することを振動台実験より示し、高架橋を対象にした動的解析により、**ICSB** 支承の設置効果を検討し、ロックオフ型サイドブロックの破壊荷重が下部構造の発生断面力に影響を与え、その破壊荷重を小さく設定することで耐震性能の向上が期待できることを明らかにしている。加えて、**SKS** システムにより常時およびレベル1地震時には固定、レベル2地震時には可動へと移行する機構が実装できることを振動台実験により示している。また、その再現解析を通じて **SKS** システムを構成する変位制限装置の適切な解析モデル化手法を検討し、反発係数より算定されるダッシュポット、緩衝材の初期剛性から算定されるバネ要素によりモデル化することで変位制限装置への衝突現象を再現できることを明らかにしている。最後に、高架橋を例として **SKS** システムの設計方法を示すとともに、下部構造の断面力低減効果などの耐震性能向上効果を振動台実験により確認し、経済性や耐震上の余裕度の観点から従来支承と比べた優位性を明らかにしている。

以上のように、本論文は、**ICSB** 支承および **SKS** システムの振動性状や高架橋の耐震性能向上効果を明らかにし、その構成部材の設計手法や解析モデル化手法を提案しており、**ICSB** 支承および **SKS** システムを用いた耐震設計における実務上、重要かつ有益な知見を与えており、橋梁工学の発展に寄与するところが大きい。したがって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格を有すると認める。