

氏 名	トラジ タリハニ Touraj Taghikhany
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2413 号
学位授与の日付	平成 16 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 シ ス テ ム 工 学 専 攻
学位論文題目	Effect of Variation of Normal Force on Seismic Performance of Resilient Sliding Isolation Systems (軸力変動下における滑り免震システムの性能評価)
論文調査委員	(主 査) 教 授 家 村 浩 和 教 授 チャールズ スコーソン 教 授 鈴木祥之

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、弾性的な復元力特性を有する構造要素と滑り摩擦支承とを組み合わせ、いわゆる弾性滑り摩擦支承の免震特性の検討と実設計への適用を目的としたものである。特に滑り摩擦支承において危惧される、軸力変動下における免震性能について、実験と解析の両面から検討するとともに、同支承の最適なパラメーターの選定法を提案したもので、次の6章からなっている。

第1章では、弾性滑り摩擦支承の各種の構造例、特に弾性復元力の発生機構や摩擦面の材料について調査するとともに、それらの適用性について述べている。次に摩擦力による地震エネルギー吸収性能が、支承に作用する軸力の変動によって無視できない影響を受けること、またその程度を定量的に把握し、地震応答値の低減度を精度よく評価することが、今後の免震構造設計において極めて重要であることを述べている。

第2章では、橋梁の桁構造を対象として、どのような振動性状態で滑り摩擦支承に軸力変動が発生するかについての一般的な考案を進めている。次に桁構造の四角を滑り摩擦支承で支持した、いわゆる単純桁構造の模型を対象とした、振動台実験を実施している。この時、全ての滑り摩擦支承直下に3方向の分力計測器を配置し、軸力変動量、水平方向復元力の直接的な検出を行っている。まず、滑り摩擦支承の基本的特性として、一定軸力下における摩擦係数の速度依存性についての実験を行い、速度とともに漸増する摩擦係数の実験モデルを提案した。次に軸力変動の要因としては、地盤の鉛直震動によるもの、および地盤の水平震動による桁のロッキング運動に起因するものに注目し、その変動が水平摩擦力に及ぼす影響を振動台実験により直接検討した。その結果、高振動数成分の多い鉛直震動による影響はさほど大きくならないこと、またロッキング運動による個々の支承の軸力変動は大きい、軸力増加側および減少側の全ての支承の履歴復元力特性の面積を合計した、構造系全体としてのエネルギー吸収性能には、大きな影響のないことを明らかにしている。

第3章では、橋梁の連続桁構造を対象として、その鉛直面内でのたわみ振動による軸力変動の影響を振動台実験により検討した。径間数の多い連続桁の模型を、全体として振動台に載せることは振動台の長さの制約から困難なので、1次振動モードが相似となる部分振動模型を新たに考案・作製して実験を実施した。免震支承としては、滑り摩擦支承以外にも、従来より用いられている天然ゴム支承、高減衰ゴム支承などを採用して、それらのエネルギー吸収特性を比較した。その結果滑り免震支承は、桁のたわみ振動による軸力変動が発生しても、従来よりの高減衰ゴムと同等またはそれ以上のエネルギー吸収性能を有することを明らかにした。

第4章では、実験結果に基づき、摩擦力を速度および鉛直軸力の関数として評価する数値モデルを提案した。次に、数値モデルを用いた非線形地震応答解析結果と実験結果とは良い一致を示すことを確認した。このことから提案した数値モデルは今後の地震応答解析に有効に利用できることを示した。

第5章では、弾性滑り摩擦支承を実際の構造物や装置の免震設計に適用するに当たって、許容される応答変位や作用地震力といった制約下で、最適となる弾性部材の剛性や、摩擦係数の選定法に関する数値解析法を開発した。

第6章では、上記各章より得られた成果を取りまとめ総合的な結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、弾性的な復元力特性を有する構造要素と滑り摩擦支承とを組み合わせ、いわゆる弾性滑り摩擦支承の、軸力変動下における免震性能について、実験と解析の両面から検討したもので、得られた成果は次のとおりである。

1. 弾性滑り摩擦支承の各種の構造例やその適用性について述べると共に、その摩擦力による地震エネルギー吸収性能が、支承に作用する軸力の変動によって影響を受けること、またその程度を定量的に把握することが、今後の免震構造設計において極めて重要であることを示した。
2. 桁構造の四角を滑り摩擦支承で支持した、いわゆる単純桁構造の模型を対象とした振動台実験を実施した。まず滑り摩擦支承の基本的特性として、一定軸力下における摩擦係数の速度依存性についての実験を行い、実験式を示した。次に、軸力変動の要因としては、地盤の鉛直震動によるもの、および水平震動による桁のロッキング振動に起因するものに注目し、その変動が水平摩擦力に及ぼす影響を振動台実験により検討した。その結果、高振動成分の多い鉛直震動による影響はさほど大きくならないこと、またロッキング振動による個々の支承の軸力変動は大きい、軸力増加側及び減少側の全ての支承を合計した、構造系全体としてのエネルギー吸収性能には、大きな影響のないことを明らかにした。
3. 橋梁の連続桁構造を対象として、その鉛直面内でのたわみ振動による軸力変動の影響を振動台実験により検討した。全体模型を振動台に載せることは困難なので、一次振動モードが相似となる部分振動模型を作製して実験を実施した。免震支承としては、滑り摩擦支承以外にも、高減衰ゴム支承などを採用して、それらのエネルギー吸収特性を比較した。その結果滑り免震支承は、桁のたわみ振動による軸力変動が発生しても、高減衰ゴムと同等またはそれ以上のエネルギー吸収性能を有することを明らかにした。
4. 実験結果から、摩擦力を速度および鉛直軸力の関数として数値モデル化し、その妥当性を検討するとともに、非線形地震応答解析への基本要素モデルを提案した。
5. 弾性滑り摩擦支承を実際の構造物や装置の免震設計に適用するに当たって、許容される応答変位や作用地震力といった制約下で、最適となる弾性部材の剛性や、摩擦係数の選定法に関する数値解析法を開発した。

以上のように本論文は、弾性滑り摩擦支承を対象として、軸力変動下におけるエネルギー吸収性能を実験的に明らかにするとともに、それらの結果に基づいて数値モデルを提案し、最適な免震設計の手法を開発したものである。学術上、実際に寄与するところが少なくなく本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成16年7月27日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。