

京都大学	博士 (工 学)	氏名	Muhannad Yacoub FAKHOURI
論文題目	Application of Sliding Isolation Bearings with Upward Lifting Mechanism for Seismic Performance Enhancement of Multi-Story Structures (多層構造物の地震時性能向上のための上揚運動機構を有するすべり免震支承の適用)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、水平すべり面とその両端に傾斜したすべり面により地震時に水平方向および鉛直方向の変位が生じることを利用して構造物の耐震設計における耐震性能の確保と大地震時に生じる変位の制御を行う、新しいタイプのすべり支承 (UPSS 支承) に着目し、高い耐震性能を持つ建物の実現や隣接建物の衝突危険度を低減した耐震改修等への適用を目的として、多層構造物へ適用した場合の基本的な力学的特性やすべり面の摩擦係数の組合せと地震応答制御性能の関係を解明したものである。さらに、UPSS 支承の中間階免震への適用を提案するとともに、本タイプの滑り支承を用いた構造物の設計法の開発および数値解析による提案設計法の有効性の検証を行っており、全 8 章から成っている。</p> <p>第 1 章は、序論である。建物の地震時性能の確保の方策としての免震構造の現状を概説した上で、もともと橋梁用に新たに提案された形式のすべり支承である UPSS 支承 (UPlifting Slide Shoe) に着目した理由、デバイスとしての経済性や変位の低減等の利点を踏まえ、建物の免震や耐震改修への適用の可能性の検討と設計手法の開発を目的とすることを説明した上で、論文の構成について述べている。</p> <p>第 2 章においては、着目した UPSS 支承の議論を行う上での基礎となる事項として、過去に開発あるいは提案されてきた様々なすべり支承の方式と関連する既往の研究を概観した後、本研究で対象とする UPSS 支承の構造とその特性および既往の研究により得られている知見について述べている。さらに、すべり支承の持つメリットを享受できることに加えて望ましい地震応答特性を付与できる利点があり、また構造設計の自由度や地震時に隣接する建物間の衝突のおそれがある場合における応答変位低減効果の効用など、建物への適用にあたって考えられる利点を指摘した上で、その最大の特徴である地震時の変位低減のメカニズムの理論的背景をまとめている。</p> <p>第 3 章では、多層構造物に UPSS 支承を適用した場合の基本的な地震応答特性を検討するため、UPSS 支承の基本的な挙動を解説しこれを表現するための数値モデル化の考え方と具体的な方法について説明した後に、UPSS 支承を適用した構造物の動的入力時の応答を数値応答解析により計算することで、ゴム支承、すべり支承と比較した UPSS 支承の特徴的な基本応答性状を計算例により明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、UPSS 支承の数値モデルに現れる設定パラメータとして傾斜すべり面の角度、クリアランスの長さ、摩擦係数の 3 つを取り上げてそれらの意義について説明した上で、多層構造物モデルを用いて UPSS 支承の設定パラメータと地震応答特性の関係を詳細に検討している。その結果より、すべり面の摩擦係数を水平すべり面と傾斜すべり面で異なる値を組み合わせることを提案し、各種の地震記録加速度を入力として動的応答解析を行った結果から、より高い応答変位低減効果が得られること、およびその効果を最大限に発揮すると考えられる最適値の導出法を示している。また、こうした効果を得るための適用範囲について論じている。</p>			

京都大学	博士 (工 学)	氏名	Muhannad Yacoub FAKHOURI
<p>第5章では、過去に行われた UPSS 支承の試作装置の要素試験および振動台実験についてまとめた後、それらのデータに基づく UPSS 支承の数値モデルの開発を行い、その成果について説明している。開発したモデルを用いた数値計算による検証により、実験結果と高い整合性を持つ応答の予測が可能であり、デバイスの本質的な特性を表現できる扱いが簡易な近似モデルであることを示している。</p> <p>第6章では、“soft first story”タイプの構造物に UPSS 支承を適用することで耐震改修を行う方法を提案している。このタイプの構造物の耐震性能上の問題点と、耐震改修に関して過去に提案されている方法を概観した上で、UPSS 支承を適用して耐震改修を行うことで建物間の間隔が十分確保できない場合に地震時の衝突を避け安全性を確保できる利点を指摘し、数値計算によりその具体的な効果を示すとともに、実際の適用に当たっての配慮事項について考察している。それを踏まえて、最適な設計パラメータに関する検討を行っている。</p> <p>第7章では、日本における免震構造設計指針での規定を参照基準として、UPSS 支承を用いた建物の性能設計法の手順を提案している。UPSS 支承による地震時の構造物の鉛直運動に伴うエネルギー吸収作用の応答低減効果への寄与を考慮した等価線形化法とキャパシティブスペクトルを用いて UPSS 支承を適用した構造物の設計法を展開している。具体的な例として UPSS 支承を適用した6階建ての建物を想定し、提案する手法による設計を例示し得られる設計結果を検討している。決定された設計パラメータに基づき、第5章で開発した数値モデルを用いた非線形動的応答解析を行うことで、提案設計法により得られる設計の妥当性を確認している。</p> <p>第8章では、本研究で得られた結論を要約するとともに、今後の課題について述べている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、水平すべり面とその両端に傾斜したすべり面により地震時に水平方向および鉛直方向の変位が生じることを利用して構造物の耐震設計における耐震性能の確保と大地震時に生じる変位の制御を行う、新しいタイプのすべり支承 (UPSS 支承) に着目し、多層構造物へ適用した場合の基本的な力学的特性やすべり面の摩擦係数の組合せと地震応答制御性能の関係を解明したものである。高い耐震性能を持つ建物の実現や隣接建物の衝突危険度を低減した耐震改修、中間階免震への適用の提案とともに、本タイプの滑り支承を用いた構造物の設計法の開発および数値解析による提案設計法の有効性の検証を行っており、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 多層構造物モデルを用いて UPSS 支承を適用した場合の設定パラメータと地震応答特性の関係を詳細に検討した結果に基づき、すべり面の摩擦係数を水平すべり面と傾斜すべり面で異なる値を組み合わせることを新たに提案している。各種の地震記録加速度を入力として動的応答解析を行った結果により、提案する UPSS 支承の適用により、高い応答変位低減効果が得られることを明らかにするとともに、その最適設定値を求める方法を明らかにしている。
2. "soft first story"タイプの構造物に UPSS 支承を適用することで耐震改修を行う方法を新たに提案し、建物間の間隔が十分確保できない場合に地震時の衝突を避け安全性を確保できる利点を明らかにした上で、数値計算によりその具体的な効果を示し、その有用性を明らかにしている。また、この目的に対応した UPSS 支承の最適な設計パラメータを示している。
3. UPSS 支承による地震時の構造物の鉛直運動に伴うエネルギー吸収作用の応答低減効果への寄与を考慮した等価線形化法とキャパシティブスペクトルを用いて、UPSS 支承を適用した構造物の性能設計法を新たに展開し、提案している。日本における免震構造設計指針での規定に基づき提案する手法による設計が可能であることを示すとともに、非線形動的応答解析により提案設計法により得られる設計の妥当性を明確に示している。

本論文は、構造物の耐震設計および耐震改修をより合理的かつ経済的に実現するために適用することが可能な一つの新たな方法論を提示するものであり、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24年2月9日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、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。