

京都大学	博士（工学）	氏名	新谷謙一郎
論文題目	床の面内剛性を考慮した弾性および弾塑性建築構造物の地震観測結果を用いたシステム同定法		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文では、建築構造物の健全性を調べるためのシステム同定問題において、床の面内剛性を考慮した弾性および弾塑性立体建築構造物の地震観測結果を用いた方法を展開することを目的として、最小二乗法に基づくパラメータ同定手法を構築しており、全6章から構成されている。各章の要旨を以下に示す。</p> <p>第1章では、建築構造物の剛性、減衰、復元力特性等の力学特性の地震観測結果を利用したシステム同定に関する研究分野について概観し、現状の問題点および研究目的を述べるとともに、本論文の構成を示している。建築構造物のシステム同定の研究分野においては、比較的安定した特性を有するモーダルパラメータ同定と制振分野などでその進展が強く求められている物理パラメータ同定（剛性や減衰係数を対象パラメータとした同定）、およびそれらを組み合わせた方法が存在することを述べ、物理パラメータ同定においては有力な研究がそれほど多くないことを示している。また、非線形復元力特性に対する研究もその復元力特性タイプが限定されたものが多く、モデルタイプを限定しない一般的な同定手法が強く求められていることを述べている。</p> <p>第2章では、床の面内剛性が無限大である剛床仮定が成立する立体骨組構造物モデルについて、床の対角線上の2点における水平2方向の地震観測結果から、水平2方向の複数の鉛直構面の剛性と減衰係数を同時に同定する最小二乗法に基づく方法を提案している。本手法の特徴は、剛性偏心位置などの情報を前もって与える必要がないことと、剛性と減衰係数の同時同定が可能である点である。実際の地震観測結果の代わりに、複数の記録地震波に対する応答解析により求めた加速度データを用いて提案手法の精度とノイズに起因する精度低下の影響を明らかにしている。</p> <p>第3章では、床の面内せん断剛性が有限である場合について、床の対角線上の鉛直構面に対応する点における水平2方向の地震観測結果から、水平2方向の複数の鉛直構面の剛性と減衰係数を同時に同定する最小二乗法に基づく方法を提案している。実際の地震観測結果の代わりに、複数の記録地震波に対する応答解析により求めた加速度データを用いて提案手法の精度とノイズに起因する精度低下の影響を明らかにしている。数値解析の結果、鉛直構面の剛性・減衰の同定精度に比べて水平床面の同定精度が低下する傾向にあることを明らかにしている。その原因として、鉛直構面の層剛性同定で用いる層の上下の水平変位は十分大きいものに対して、床面の面内せん断剛性の同定で用いる隣接鉛直構面の相対変形量が小さくなる傾向にあることを示している。また、ノイズによる同定精度の低下を抑制するために特異値分解を用いた方法を提案している。</p> <p>第4章では、第3章と同様に床の面内せん断剛性が有限である場合について、振動台を用いた模型実験を実施し、上記提案手法の検証を行っている。試験体は、基礎部、柱（鋼棒）、梁（ばね鋼）、床とし</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	新谷謙一郎
------	--------	----	-------

ての天板(アクリル板)、ノード部(鋼製)より構成され、床の面内変形が各鉛直構面の力学特性の同定精度に及ぼす効果を考慮可能な構造である。実験で用いた試験体の鉛直構面および水平床面のせん断剛性の比較値(参照値)を求めるために静的な実験を行い、得られた結果からそれぞれの剛性を特定する方法を展開している。また、提案同定手法の本実験結果への適用を可能とするために、ノイズを除去する方法を用いている。提案同定手法は剛性については数パーセント程度の誤差で同定が可能であることを示している。一方、減衰については、採用したモデルの減衰量が極めて小さいため、同定精度に大きな誤差を含む結果となっている。減衰の同定精度については、モデル設定等も含めて更なる検討が必要である。

第5章では、第3、4章と同様に、床の面内せん断剛性が有限である場合について、床の面内せん断力時刻歴および各鉛直構面の層せん断力時刻歴をフーリエ展開により近似表現し、そのフーリエ係数から床の面内および鉛直構面の非線形復元力特性を同時に評価する最小二乗法に基づく同定法を提案している。提案手法では、鉛直構面数を上回る数の床上の点における水平2方向の応答加速度データを用いており、非線形復元力特性のタイプなどの仮定を行うことが不要である点や、フーリエ級数展開における項数の限定がノイズ除去効果の役割も果たす点が大きな特徴である。

第6章では、本論文で得られた研究成果の要約を行っている。

## (論文審査の結果の要旨)

本論文では、建築構造物の健全性を調べるためのシステム同定問題において、床の面内剛性を考慮した弾性および弾塑性建築構造物の地震観測結果を用いた方法を展開することを目的として、最小二乗法に基づくパラメータ同定手法を構築しており、全6章から構成されている。以下、その内容と得られた結果を記す。

- (1) 床の面内剛性が無限大の立体構造物モデルについて、床の対角線上の2点における水平2方向の地震観測結果から、水平2方向の複数の鉛直構面の剛性と減衰係数を同定する最小二乗法に基づく方法を提案している。実際の地震観測結果の代わりに、応答解析により求めた加速度データを用いて提案手法の精度とノイズに対する精度低下の影響を明らかにしている。
- (2) 床の面内せん断剛性が有限である場合について、床の対角線上の2点における水平2方向の地震観測結果から、水平2方向の複数の鉛直構面の剛性と減衰係数を同定する最小二乗法に基づく方法を提案している。また、特異値分解を用いたノイズ低減手法も示している。剛性の同定に用いられる変形の大きさ等に起因して、検討したモデルでは、床の面内剛性の同定精度は鉛直構面の剛性の同定精度よりも低下することを明らかにしている。
- (3) 床の面内せん断剛性が有限である場合について、振動台を用いた模型実験を実施し、上記提案手法の検証を行っている。提案同定手法は剛性については数パーセント程度の誤差で同定が可能であることを示している。減衰については今後の検討が必要である。
- (4) 床の面内せん断剛性が有限である場合について、床の面内せん断力時刻歴および各鉛直構面の層せん断力時刻歴をフーリエ展開により近似表現し、そのフーリエ係数から床の面内および鉛直構面の非線形復元力特性を評価する最小二乗法に基づく同定法を提案している。提案手法では、鉛直構面数を上回る数の床上の点における水平2方向の応答加速度データを用いており、非線形復元力特性のタイプなどの仮定を行うことが不要である点や、フーリエ級数展開における項数の限定がノイズ除去効果の役割も果たす点が大きな特徴である。

以上の内容を要約すると、本論文は、構造物の健全性を調べるためのシステム同定問題において、床の面内剛性を考慮した弾性および弾塑性建築構造物の地震観測結果を用いた方法を展開することを目的として、最小二乗法に基づくパラメータ同定手法を構築したものであり、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、令和2年12月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、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。