

氏 名	ヒシャム アブデルワヒド アハメド ユーセフ エルシャズリ Hesham Abdelwahed Ahmed Youssef Elshazly
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 913 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 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	農 学 研 究 科 農 業 工 学 専 攻
学位論文題目	A NEW APPROACH TO IDENTIFICATION OF MODEL PARAMETERS OF STRUCTURES AND PREDICTION OF THEIR RESPONSE TO FUTURE EARTHQUAKES BY INVERSE ANALYSIS (構造物のモデルパラメータ同定および地震応答予測に対する逆解析を用いた新しい手法)
論文調査委員	(主 査) 教 授 長谷川高士 教 授 河 地 利 彦 教 授 水 山 高 久

論 文 内 容 の 要 旨

構造物や地盤の動的応答特性を定めるために必要となる構成材料のパラメータを求める手法を、逆解析問題として取り扱い、それらの構造物が示す入力振動にたいする応答に基づいて、同定する手法を開発することを目的とした研究である。その際、対象構造物が非線形挙動を示すことや、入力振動が地震現象であることから、振幅が経時的および不規則な変動をすることに配慮している。

まず、第1章において逆問題としてのシステム同定の概要を説明し、研究の現状を文献により明らかにしている。

第2章では、フィルタ理論の理念の由来と沿革について詳述し、次いで、当面する問題に対応して、フィルタ理論に代わり得る他の理論をも展望している。さらに、フィルタ理論の基本構造について記述し、分析している。ここでは、フィルタリングの手法を、確率論的(ベイズ理論)に説明し、線形(カルマン)フィルタを導いている。次いで、線形から非線形カルマンフィルタに論及し、拡張カルマンフィルタ理論を線形化の理念に基づいて説明し、その展望を述べている。

第3章では、逆解析における簡便モデルの理念の適用について、より複雑な系の挙動を近似し得るパラメータ同定を目指しつつ、検討している。特に、ループ型履歴現象を表し得る線形モデルによる解析理論を導入して、その採用の可能性を検討している。その結果、骨格曲線の非線形性が軽度の場合には極めて精度よく、また、中程度の非線形性の場合には満足できる程度の精度で線形モデルが適用できる結果を得ている。また、線形の仮定のもとで、逆解析によるパラメータの収束性について取り扱っているが、取り扱ったいずれの場合でも収束性に問題は認められず、2行程程度の繰返しによって、同定したパラメータは十分安定した。さらに、得られた未知パラメータの精度についても吟味している。

第4章では、第3章で得られた結果を利用して、振幅が変化する外乱による、ループ型履歴系の同定に

たいする新しい方法論を構築している。この方法には、Varying Amplitude Identification 法 (VAI 法) と名付けた。この VAI 法は、本質的には、ある変形レベルに対応して1つの等価割線係数を定める多段階手法である。これによって、変位振幅と割線係数が対として求まり、これによってループ型履歴曲線の骨格曲線が求まるというものである。これは、非線形挙動を線形化して取り扱うことであり、簡便さが特徴である。さらに、そのような簡便性を特徴とはするが、もとのループ型履歴現象を明確に再現できるものである。

第5章では、第4章で述べたこの手法の鍵となる、その適用限界について考察しているが、この問題は割線係数によって構成される直線に関するループ曲線の軸対称性の仮定に起因するものである。この仮定を考察すると、同定精度は材料の特性と応答のひずみレベルに依存することが推察される。このような限界に鑑みて、VAI 法の土質構造物への適用性を検討し、多種類の土にたいする適用から得られた同定結果について吟味した。その結果によると、まず、水平堆積土質地盤の水平入力地震波にたいする応答による同定からは、工学的に十分な精度の結果が得られた。この事実は、この方法がこの種の問題にたいする適用において、これ以上配慮すべき大きな問題を含んでいないことを示すものと理解できる。さらに、広く性質の異なる何種類かの砂質土の応答から、同定したパラメータに基づく誤差は僅少であることを確認している。

第6章では、これらのまとめとしての結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

土質構造物の地震応答を解析的に求めるためには、室内の試験によって得られた土質材料の動的パラメータが用いられる。しかしながら、室内試験では、対象となる試験供試体の大きさに自ずと限界が生じるため、それに応じて実際と異なる粒度分布をもった土質材料によって、試験が行われる。その結果、解析結果は現実の現象を十分に再現できるまでには至っていない。

近年、逆問題が応用数学あるいは工学の分野で大きな関心を集めていて、広い分野で研究が進められ、成果の蓄積も進んでいる。このカテゴリーでこの問題を取り扱うと、実際構造物で得られた応答によって、構造物が現実存在する状態での材料パラメータが同定できる可能性がある。しかしながら、土のように非線形性が卓越し、その原因となるエネルギー損失の機構が複雑な材料では、取り扱いに多くの困難が存在している。

この研究では、逆解析の手法を用いて、非線形性によってループ型履歴応答を示す材料のパラメータ同定手法 (VAI 法) を提案したものである。

評価できる主要な点は、以下のようである。

1. ループ型履歴応答は、現実の構造物に見られる複雑な応答で、従来の手法では応力反転履歴が知られている必要があった。その上に、精度よく同定するにはループ形状がきれいであることが求められた。これにたいして、提案された手法は線形係数をひずみレベルに応じて多段階に利用するものであるため、基本的に線形のパラメータ同定であり、取り扱いが単純で安定した結果が得られる。
2. カルマンフィルタを始めとし、他の感応性がよい逐次近似スキームに属する手法を用いて発散する問

題でも、線形モデルを採用している限りは、直接的な最小自乗回帰のような手法はユニークな解を与え得るものである。提案された VAI 法によれば線形モデルの採用が可能である。

3. 解析例を用いて精度について検討し、提案した手法が極めて良い結果を与えることを確認するとともに、その理由として、接線係数を用いる曲線型履歴モデルによる解析が部分データの影響を強く受けるのと比較して、割線係数による場合は部分データの影響を受けにくいことを明らかにした。

以上のように、本論文は土のような非線形履歴応答を示す材料からなる構造物の材料パラメータを同定し、その動的応答の予測精度を高め得る逆解析の手法を開発したもので、逆問題に関する研究に寄与するとともに、地盤工学、農業施設工学の発展に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成 9 年 1 月 17 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。