

構造損傷同定に用いるフィルタリングアルゴリズムの特性について

CHARACTERISTICS OF FILTERING ALGORITHMS AS INVERSE ANALYSIS PROCEDURE ON STRUCTURAL DAMAGE IDENTIFICATION

遠藤 龍司¹⁾, 川上 善嗣²⁾, 登坂 宣好³⁾

Ryuji ENDO, Yoshitsugu KAWAKAMI and Nobuyoshi TOSAKA

- 1) 職業能力開発総合大学校建築工学科 (〒229-1196 相模原市橋本台 4-1-1, E-mail: endo@uitech.ac.jp)
 2) 職業能力開発総合大学校建築工学科 (〒229-1196 相模原市橋本台 4-1-1, E-mail: kawakami@uitech.ac.jp)
 3) 日本大学生産工学部数理情報工学科 (〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1, E-mail: n7tosaka@cit.nihon-u.ac.jp)

This paper is concerned with structural damage detection of three kinds of structural type, namely, frame, truss and fluid-structural coupled system, based on free vibration and filtering theory. The inverse problem in general must be analyzed under consideration of stochastic properties of mathematical and structural model because observations are usually measured in the presence of noise. The filtering theory has been known as the inverse analysis procedure for considering the stochastic properties. In this study, on three structural type mentioned above, inverse analyses are carried out by filtering algorithms based on wiener filter, projection filter and parametric projection filter, respectively. The notable characteristics and adaptability of each filtering algorithm against frame, truss and coupled system are made clear through the inverse analyses.

Key Words: Damage identification, filtering algorithm, frame, truss, coupled system.

1. はじめに

構造物の損傷を検出する一手法として、離散確率システムの最適ベクトルの決定に多用されているフィルタ理論が知られている。とりわけ、Wiener フィルタを復元作用素とする拡張 Kalman フィルタリングアルゴリズムは、有限要素法や境界要素法との組み合わせにより、地盤物性の同定¹⁾や弾性体の欠陥同定問題²⁾の逆解析手法として展開されてきた。これに対して、登坂³⁾は Wiener フィルタの評価基準とは異なる評価基準を満足させた射影フィルタを復元作用素とするフィルタリングアルゴリズムを提案した。さらに、登坂³⁾は射影フィルタの評価基準を緩和することにより、パラメトリック射影フィルタを復元作用素とするアルゴリズムを提案している。

筆者ら^{4)~6)}は、これらのフィルタリングアルゴリズムを採用し、固有振動数のみを観測データとして、これまでフレームモデル、トラスモデル、および流体-構造物連成系に対する構造損傷解析を報告してきた。これらの結果、一般化固有値問題として数理モデルが構成される場合、いずれかのフィルタリングアルゴリズムを用いても損傷を同定することが可能であるものの、収束安定性や初期値の依存性等の観点から、フィルタの特性についてさらに詳細な

検討が必要であることが明らかになった。一方、構造システムが連成系として定式化される場合には、構造物と流体の速度の連続性を保証するウェットモード⁷⁾を用いた連成固有振動数を求めるための特性方程式において、付加質量行列が連成円固有振動数の関数となるため、繰り返し計算に起因する不安定性をともなう数理モデルとフィルタリングアルゴリズムの適応性の検討が必要であった。

ところで、近年の耐震技術の発展に伴って様々な力学特性を有する構造物が建造されるようになってきた。これらの構造物の地震被害等による損傷同定をフィルタ理論の援用により行うに当たり、それぞれの力学特性に対するフィルタリングアルゴリズムの特性と適応性を検討しておく必要がある。そこで、本論文では構造物を力学特性によって3種類のカテゴリーに大別し、それぞれの形態に対し固有振動数のみを観測データとする損傷同定を行うことにする。すなわち、

- ・主に曲げ応力による応力伝達機構を特徴とするフレームモデル
- ・フレームモデルとは対照的な構造形式として、軸力のみで応力を伝達するトラスモデル
- ・複雑な構造形式として、流体-構造物連成系