

Title	機械構造物の健全性評価にかかわる逆問題解析手法とその適用
Author(s)	大竹, 泰弘
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58336
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	大竹泰弘
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24198 号
学位授与年月日	平成 22 年 9 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	機械構造物の健全性評価にかかわる逆問題解析手法とその適用
論文審査委員	(主査) 教授 久保 司郎 (副査) 教授 箕島 弘二 教授 藤田喜久雄 教授 梅田 靖

論文内容の要旨

機械構造物の設計と今後の補修や補強などの計画において、機械構造物に作用する負荷、境界値および材料特性の推定が必要な場合があり、その解決に負荷逆問題、境界値逆問題および材料特性逆問題が適用できる。

本論文では、機械構造物の健全性評価にかかわる負荷逆問題としての線状加熱と突合せ溶接継手の残留応力分布推定、境界値逆問題としての外熱キルン炉の嵌め合い構造での接触力推定および材料特性逆問題としてのメンブレンリアクターを構成する反応管に触媒玉が詰められた領域の材料特性推定における逆解析手法を構築した。

負荷逆問題の研究では、線状加熱で曲げられた平板と突合せ溶接継手に生じる固有ひずみ分布推定の逆解析手法を提案し、その有効性を数値シミュレーションで明らかにした。また、溶接突合せ継手試験体を製作し、残留応力分布値を破壊測定法の分割法と非破壊測定法の X 線残留応力測定法により測定し、その測定値を用いて提案した逆解析手法の有効性を実験的に検証した。さらに、提案した逆解析手法が三角状や台形状のような固有ひずみ分布推定に対しても利用でき、チホノフの適切化と食違い量原理によりその推定値が高精度化できることを明らかにした。提案した逆解析手法では、X 線応力測定法による非破壊測定値から突合せ溶接継手の残留応力分布値と溶接線上の最大値を推定でき、運用中に実機を破壊せずに残留応力分布を求めることができる。

境界値逆問題の研究では、都市ごみのガス化溶融システムで利用されている大型回転構造物の外熱キルン炉を対象に、内筒と外筒を結合する内筒支持部のガタを有する嵌め合い構造に作用する接触力を、炉体外面で測定したひずみの値を用いて推定する逆解析手法を構築した。その逆解析手法により推定された荷重値を用いて、複数の内筒支持部の構造健全性を数値シミュレーションにより調べ、その結果から保守の簡略化と低コスト化を図ることができる長寿命構造を提案した。

材料特性逆問題の研究では、水素を製造するために開発が行われたメンブレンリアクターの主要構造である触媒玉と鋼管からなる反応管を対象に、反応管に詰められた触媒玉領域の材料定数を、反応管を曲げた時の分離管の曲げひずみの測定値から推定する逆解析手法を構築し、その妥当性を数値シミュレーションと反応管試験体の 3 点曲げ試験の結果により明らかにした。これにより、反応管の構造設計が可能になった。

論文審査の結果の要旨

機械構造物の健全性評価のため、作用する負荷、境界条件、材料特性などの推定が求められることがある。このためには、問題を負荷逆問題、境界値逆問題および材料特性逆問題などに定式化し、個々の問題に適した逆問題解析手法を構築し、適用していくことが有効であると考えられる。しかし、問題に適した逆問題解析手法を構築あるいは選択し、さらに、実問題を逆問題解析にたえうる問題にブレイクダウンし、工学的に有用な解を導きだすことは容易ではない。

本論文は、機械構造物の健全性評価にかかわる残留応力分布を推定する問題、外熱キルン炉の嵌め合い構造での接触力を推定する問題、およびメンブレンリアクターを構成する反応管の触媒玉の力学特性を推定する問題に対し、問題の定式化、解析手法の構築、実用的・工学的に有用な解の導出を行ったものである。

まず、線状加熱により曲げられた平板と突合せ溶接継手に生じる固有ひずみ分布を推定する問題を負荷逆問題として定式化し、この問題に適した逆解析手法として、境界要素法に基礎をおく解析手法を提案している。この提案手法の特長は、推定すべき固有ひずみ分布のパラメータを観測量と直接的に関係づける式を、境界要素関係式から導出していることにある。また、未知パラメータの数が多くなると推定結果が不安定になるという、逆問題特有の不適切性を回避するため、物理的ならびに工学的に意味のある少数のパラメータを媒介することにより、問題を合理的に適切化している。さらに、媒介パラメータを使わなくてもよい適切化手法として Tikhonov の適切化法を適用し、適切化パラメータの選定には、食違い量原理を用いている。その結果、実溶接材に対しても推定が可能であることを示すとともに、三角形状や台形状の固有ひずみ分布に対しても推定が可能であることを示している。

都市ごみのガス化溶融システムで利用されている大型回転構造物の外熱キルン炉に対しては、内筒と外筒を結合する内筒支持部の嵌め合い構造に作用する接触力を推定する問題を、境界値逆問題としてとらえ、これを炉体外面で測定したひずみの値を用いて推定する逆解析手法を提案するとともに、実構造に対する適用を行っている。複数の内筒支持部の構造健全性を数値シミュレーションにより調べ、その結果から保守の簡略化と低コスト化を図ることができる長寿命構造を提案している。

さらに、水素を製造するために開発が進められたメンブレンリアクターの主要構造の触媒玉と鋼管からなる反応管の力学特性を把握する問題については、これを材料特性逆問題としてとらえ、反応管に詰められた触媒玉領域の材料定数を推定している。

以上のように、本論文は、機械構造物の健全性評価のために必要となる、作用する負荷、境界条件、材料特性などの推定に関して、問題の定式化、逆解析手法の構築、実問題に対する適用を行ったものであり、工学的ならびに工業的に価値が高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。