HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Structural Health Monitoring by Vibration Measurement with Non-contact Laser Excitation [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Huda, Feblil
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第11568号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/57203
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Feblil_Huda_review.pdf (審査の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　Feblil Huda

審査担当者　主　査　教　授　梶原 逸朗
副　査　教　授　但野 茂
副　査　教　授　小林 幸徳
副　査　教　授　中村 孝

学位論文題名

Structural Health Monitoring by Vibration Measurement with Non-contact Laser Excitation
(非接触レーザー加振を用いた振動計測に基づく構造ヘルスモニタリング)

本研究では, パルスレーザーの照射により生成されるレーザーアブレーションおよびレーザーブレイクダウンを利用し, 構造物にインパルス加振力を作用させることにより振動試験を行い, 広帯域の振動特性を計測することで, システムのヘルスモニタリングを実施する手法・技術の開発を行った. 高出力パルスレーザーによるインパルス加振法を用いる理由として,(1) 加振力特性の再現性が高いこと,(2) 理想的なインパルス加振力が作用するため広帯域の振動計測が可能であること,(3) 加振・計測に関して完全非接触の振動試験を実現できること, の 3 点が挙げられる. 本研究では, 光源としてパルス幅 5ns, 最大出力 1J の Nd:YAG レーザーを用いた. そして, 非接触レーザー加振技術をベースとし, 構造物に締結されたボルトの緩みを検知する技術, 柔軟な膜構造上に生じた損傷を検知する技術を開発した.

ボルトの緩みを検知する技術の開発では, レーザーアブレーションによる加振法を採用し, 高周波数帯域の振動計測を行い, ボルト緩みにより生じる周波数特性の変化から, 緩みの検知を行った. まず, ボルト締結構造の有限要素解析を行うべく, ボルト緩みを表現し得るモデル化法を提案した. そして,2 つのアルミニウム平板を 1 本のボルトおよび 6 本のボルトで締結する 2 種類の構造に対して適用し, 解析結果と実験結果の比較から, モデル化法の妥当性を示した. 次に, 計測された周波数特性から, 統計的なデータ処理に基づく RT (Recognition-Taguchi) 法により, ボルト緩みを検知する方法を提案した. 本手法では, 標準トルクで締結された正常状態に対し, 複数のサンプルについて計測を行い, データを統計的に処理することにより正常状態の単位空間を作成する. そして, ボルト締結トルクが低下した緩みの状態で計測されたデータと正常状態の単位空間とのマハラノビス距離から異常判定指標を定義した. この値が大きいほど, ボルトが緩んでいる可能性が高いことを示す.6 本のボルト締結構造に本手法を適用したところ, 緩んだボルトと緩みの程度を精確に同定することができた. そして,20kHz 以上の高周波数帯域のデータを用いることにより, 同定の精度および信頼性を向上できることを確認し, レーザー加振技術の適用がきわめて有効であることを検証した.

次に, 膜構造を対象とし, 本振動試験技術により損傷を検知する新しいヘルスモニタリングシステムの開発を行った. 膜構造は, 建築分野をはじめ, パネルディスプレイに用いられる光学フィルムや, センサ/アクチュエータとして用いられる PVDF フィルムなど, 幅広い分野で利用されている. 膜構造は軽量かつ柔軟であるが故, 加振器やアクチュエータなどを利用した振動試験法を適用することは困難である. そこで本研究では, 高出力パルスレーザーを用い, レーザーブレイクダウンにより発

生する理想的な点音源を利用して, 膜構造の加振を行った. この加振力が理想的なインパルス入力として膜構造に作用するため, 測定対象物を高次のモードまで励起させることができた. また, 出力計測に関し, レーザードップラー振動計 (LDV) を用いて行うことにより, 完全非接触で振動試験を行うことができ, 適用範囲の拡大とともに計測の信頼性を高めることができた. このような振動計測システムをベースとし, 簡便に異常診断を行えるヘルスモニタリングシステムを構築することで, システムの安全性や保守性の向上が期待できる. 本研究では, レーザー加振時において LDV による多点計測を実施し, 抽出された振動モード形状からデータ処理に基づく損傷検知を行った. ここで, 抽出された振動モード形状に 2 次元連続ウェーブレット変換を適用した. そして, 変換により得られたウェーブレット係数に境界処理を施し, 損傷判定のための閾値を設定した. これらのデータ処理を経て, ウェーブレット係数が有意なピークをとる位置として損傷位置が同定された. 本研究では, 基本モードだけでなく, 高次のモードに対して, 本損傷検知法を適用することにより, 高い精度かつ信頼性の下で損傷検知が可能であることを検証した. これらの結果は, 膜構造のような軽量かつ柔軟な対象の振動試験およびヘルスモニタリングに対するレーザー加振技術の有効性を示している.

これを要するに, 本研究は, 提案する非接触レーザー加振技術に基づくヘルスモニタリングシステムを構築し, 理想的なインパルス加振力を非接触で対象構造物に作用させ得ることから, 広帯域の振動計測および異常検知に優れた加振法であることを示すと同時に, さまざまな対象および環境に対する適用性を明らかにしたものであり, 振動工学分野の発展に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.