

## 時間 - 周波数解析を用いた損傷検知手法に関する基礎的研究

京都大学 学生会員 ○金光 嘉久  
 京都大学 正会員 大島 義信  
 京都大学 正会員 杉浦 邦征

### 1. はじめに

床版における補修方法の一つである鋼板接着工法は、エポキシ系の樹脂材料と鋼板を用いた工法であり、鋼板の断面効果を期待できる工法である。しかし、接着剤の充填不足や劣化により剥離が生じている懸念がある。本研究では、このような損傷に対し、振動データを用いて検知を行うことを念頭に、要素技術として時間周波数解析の適用性を比較検討した。ここでは、FFT、ウェーブレット、HHT (Hilbert Huang Transform) を用いて、簡易モデルによりその有効性を検討した。

### 2. 実験概要

図 2.1 に示す厚さ 3mm、幅 30mm、長さ 500mm の母材アルミ板に対し、同厚、同幅で長さ 200mm の補強材アルミ板を結合させた。実際の鋼板接着では、接着剤が剥離し、仮止めのボルトのみで鋼板が保持されている場合がある。よってここでは、ボルト結合の有無により損傷を模擬した場合も想定した。両端を固定した 1 枚のアルミ板に対し、もう一枚のアルミ板をボルトにて固定し、ボルトを欠落させる位置や接着の有無により損傷を模擬した。加振にはインパクトハンマーを用い、加速度計により振動を測定した。実験ケースとしては、12 箇所全部固定、中央 4 箇所のみ固定、両端 4 箇所ずつ固定、片側 4 箇所のみ固定の 4 ケースを行った。片側 4 箇所のみ固定の 4 ケースの例を図 2.2 に示す。加振位置と打撃位置は図 2.3 のとおりである。補強区間内と区間外にセンサを設置し、加振位置も区間内外とした。

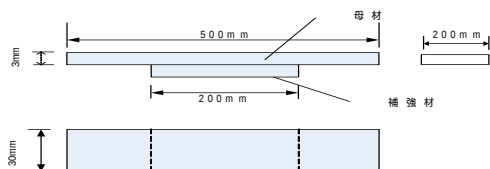


図 2.1 供試体の概略図

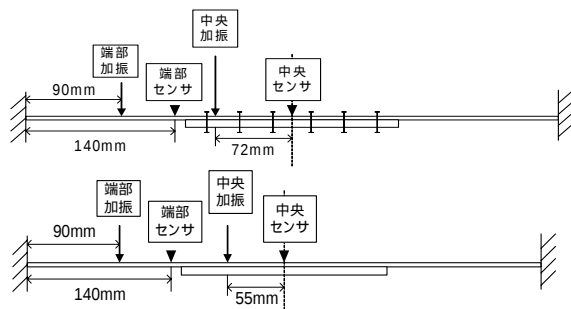


図 2.3 ボルト試験の加振位置とセンサ位

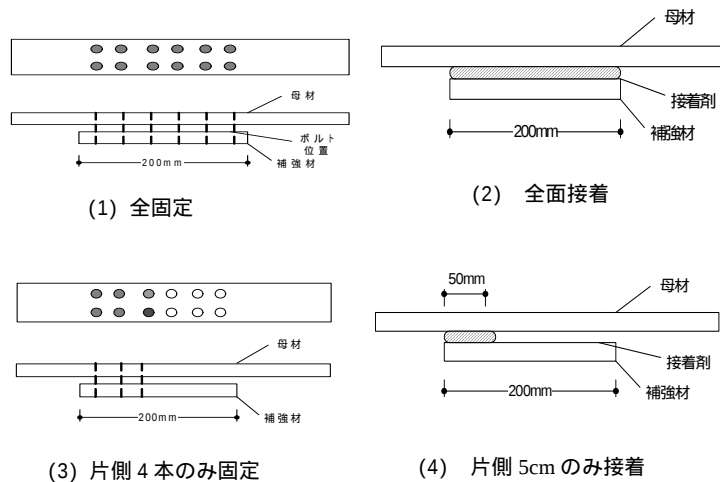


図 2.2 供試体の接着固定

### 3 実験結果及び解析結果

#### 3.1 FFT を用いた結果

FFT の一例として片側 6 本のみ固定した場合のパワースペクトル結果を図 3.1, 図 3.2 に示す。この場合には、1 次ピーク後に明確なピークが見られにくくなっている。また、健全時に 40kHz 付近に見られたピークが損傷時には、70kHz に移動したと見られ、1 次ピーク等のシフト量により損傷と識別することができるが、損傷時のスペクトル

キーワード 振動特性, 損傷検知, 時間周波数解析

連絡先 〒606-0911 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-4791

には複雑なモードが含まれているため、ピークを抽出することが難しい場合があると言える。さらに、高周波モードや複数のモードを含み、損傷上のセンサは様々なモードを拾いやすいといえる。なお、端部センサでは2次のモードを、中央センサでは1次のモードを拾いやすいことも分かった。

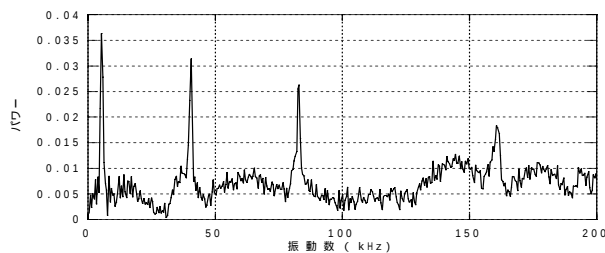


図 3.1 全固定 端部打撃 中央センサ

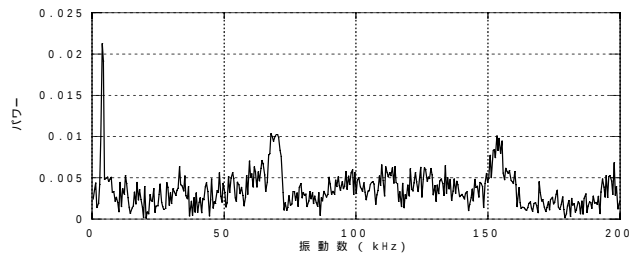


図 3.2 片側6本のみ固定 端部打撃 中央センサ

### 3.2 ウェーブレットを用いた結果

一例としてボルトを片側6本固定した場合の結果を図3.3と図3.4に示す。これらを比較すると、損傷がある場合には、高周波数の部分に強いパワーが見られ、高周波数の持続時間が短いことが分かる。よって、高次ピークの発生位置と持続時間により、損傷を識別できる可能性があるが、分解能が低いという難点があることが分かった。

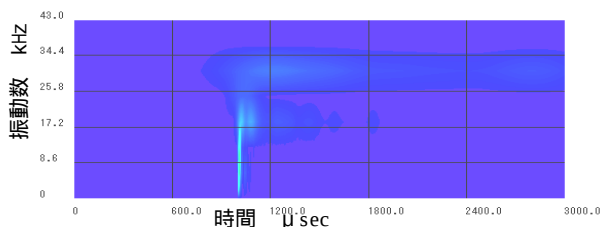


図 3.3 全固定 端部打撃 中央センサ

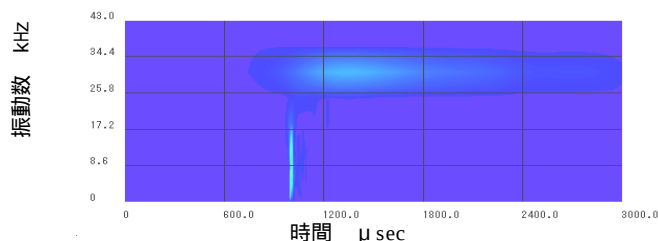


図 3.4 片側6本のみ固定 端部打撃 中央センサ

### 3.3 HHT(Hilbert-Huang Transform)を用いた結果

HHTとは、任意の波形にヒルベルト変換を施すため、与えられた波形を Intrinsic Mode Function(IMF)と呼ばれる要素に分解し、瞬間の振動数と振幅を得る手法である。HHTにより得られた位相の推移を図に示す。ここで位相 $\theta$ は、計測波形 $f_n$ を実部に、ヒルベルト変換 $h_n$ を虚部に持つ、試験信号 $z_n$ の位相として求めることができる。また波形をIMFへ分解したのち得られる各位相の総和を波形の全位相とし、中央と端部センサ間の全位相差の履歴を求めた。

図3.5は全固定と片側4点のみ固定時の位相差の推移である。全固定時の位相差は正を示し、どちらかの位相が常に先行していることがわかる。これに対し片側のみ固定されている場合は、位相差推移が逆転する。このように位相差推移の傾向から損傷の状態を把握できる可能性があると思われる。

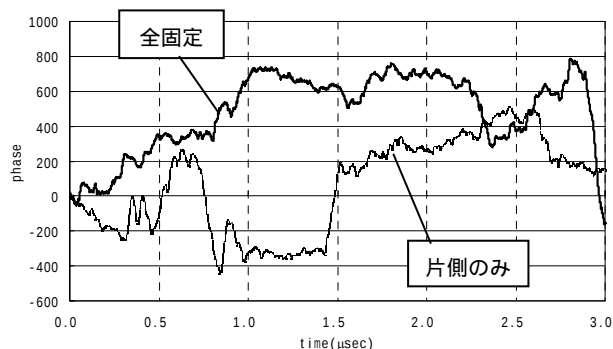


図 3.5 位相差の推移

### 4. 結論

各種解析手法の相違を評価した結果、従来手法の周波数解析に加え HHT による位相推移が損傷検知に適用可能であることがわかった。

#### [参考文献]

- (1) 阪神高速道路公団監修 都市高速道路研究会編著 「都市高速道路における道路橋の点検・補修マニュアル」 理工図書 1994
- (2) Norden E Huang & Samuel S P Shen 「Hilbert - Huang Transform and Its Applications」 world scientific 2005
- (3) 盛川 仁 宇田川 鎮生 「時間 - 周波数解析を用いた微動位相速度の推定のための基礎的研究」土木学会年次学術講演会