

京都大学工学部 学生員 ○金光 嘉久
 京都大学工学研究科 正会員 大島 義信
 京都大学工学研究科 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。このような損傷に対し、目視点検、たたき点検などが行われているが、本研究では、振動データを用いた接合不良の検知手法を提案し、簡易モデルによりその有効性を検討する。特に、振動特性をFFT、ウェーブレット、HHTにより把握し、その解析手法についての検討を行う。

2. 実験概要

図2.2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2.3図2.4に示す。加振位置と打撃位置は図2.5図2.6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。

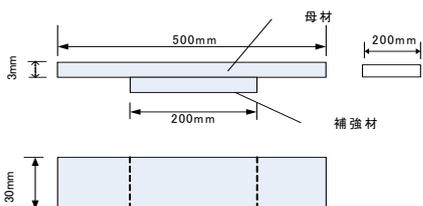


図 2.1 供試体の概略図

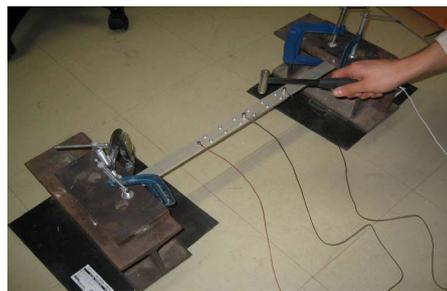


図 2.2 加振状況

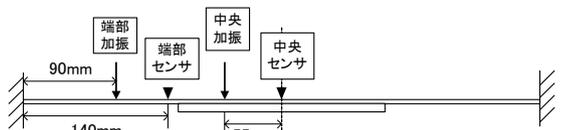


図 2.5 接着試験の加振位置とセンサ位置

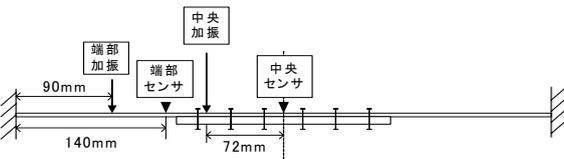


図 2.6 ボルト試験の加振位置とセンサ位置

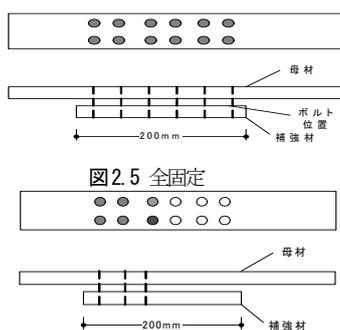


図 2.3 片側6本のみ固定

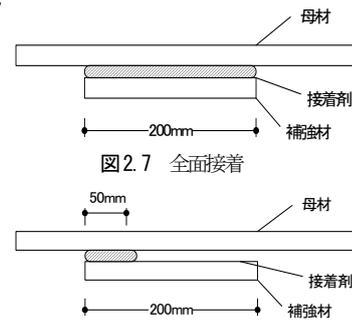


図 2.4 片側5cmのみ接着

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。

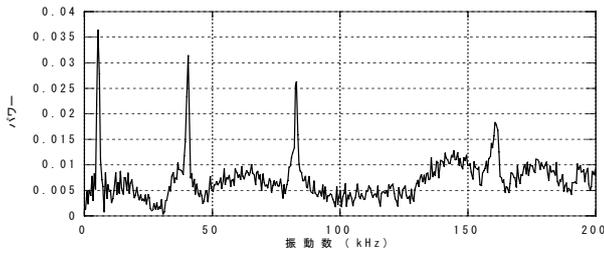


図3.1 全固定 端部打撃 中央センサ

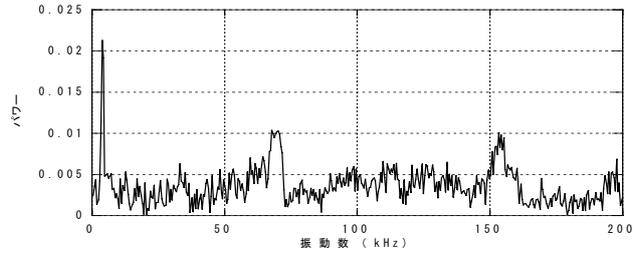


図3.2 片側6本のみ固定 端部打撃 中央センサ

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。

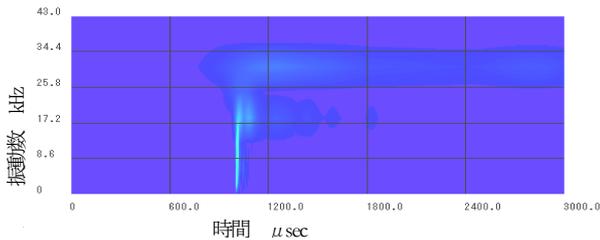


図3.3 全固定 端部打撃 中央センサ

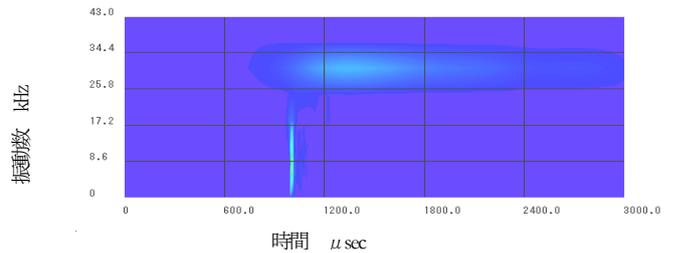


図3.4 片側6本のみ固定 端部打撃 中央センサ

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。今回は、HHTにより得られる低次IMFの中央と端部の位相差に着目して損傷の有無を検知することを検討した。ここで位相 θ は、ヒルベルト変換 h_n を虚部に持つ、 $z_n = f_n + h_n$ なる複素時系列を考えた時、

$\theta = \arctan(h_n / f_n)$ で与えられる。位相差は端部センサ、中央センサの位相をそれぞれ θ_a 、 θ_b とおくと、 $|\theta_a - \theta_b|$ で求まる。

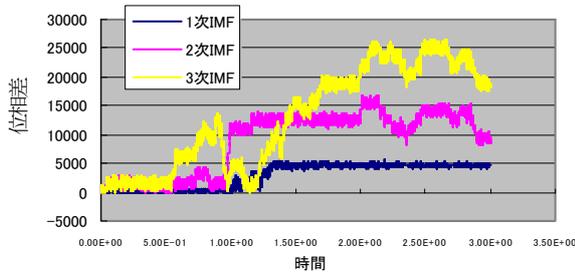


図3.5 全固定 端部打撃

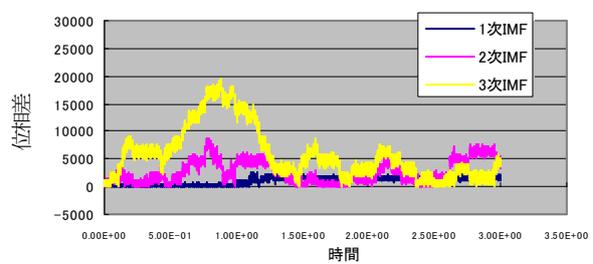


図3.6 片側6本のみ固定 端部打撃

図3.5と図3.6に健全時、損傷時の位相差を示す。1次のIMFは、最もエネルギー寄与率が高い成分であり、打撃により2点間の位相差が生じていることが分かる。また、2次と3次のIMFの位相差に差異が生じる可能性があることが分かる。

4. 結論

損傷時の振動データを健全時のデータと比較することにより損傷程度、部位を特定できることが分かった。FFTでは、時間情報が欠落し、ウェーブレットでは不確定性により分解能に限界が出てしまう。HHTでは、時間、周波数共に高い分解能を示すことができるので、HHTの適用をより有効にしていける必要がある。

[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 「時間一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