

鋼材と木材の複合構造材 — 振動特性について —

Structural materials composed of steel and wood
— The characteristics of oscillation —

並木 勝義¹, 山吉 栄作², 川北 泰旦¹
伊藤 久³, 片岡 福彦⁴, 佐藤 暢也⁵

Yoshitomo NAMIKI, Eisaku YAMAYOSHI, Hiroaki KAWAKITA,
Hisashi ITO, Fukuhiko KATAOKA and Nobuya SATO

要旨：間伐材を使用した鋼材と木材の複合構造材を作製し、鋼材の欠点である振動が、木材と複合することにより減衰することを確認するため、インパルスハンマー法による振動特性試験を実施した。複合構造材の構造はH形鋼を芯材とし、その周囲に木材を接着剤により被覆し、その端部にH形鋼のみからなる所定の長さの継ぎ手部を設けて構成した（写真-1）。接着剤はエポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂を使用した。被覆に使用した木材はスギ*Cryptomeria japonica*・テウダマツ*Pinus taeda*を使用した。試験の結果は、①固有振動数が低下する傾向を示した。②一次振動モードでは減衰比は低いが、二次振動モード以上の高次では減衰比が高くなった。③単位振動荷重に対する応答値が低下した。これらのことから低い周波数の振動については減衰性が劣るが、高い周波数では減衰性が高くなり、振動を吸収する効果が高くなることが判明した。

はじめに

健全な森造りに間伐は欠かすことのできない作業であるが、生産される間伐材が活用されないため、県内伐採量の約80%が林内に放置されている状況である。そのため間伐材等未利用資源を有効に利用する新技術・新製品の開発による新用途を切り拓くことが重要な課題となっている。そこで当林業研究部では間伐材等並材を使用した強度保証の可能な構造材の開発（並木・山吉 1999）を目的とした研究を実施し、鋼材と木材を複合した複合構造材を開発した。その諸特性を調べるため、インパルスハンマー法（小松ら 1999）による振動特性試験（並木ら 1999）を実施したので報告する。なお本報告は1999年度日本木材学会中部支部大会で発表したものを改変したものである。

開発の内容

複合構造材の構造は、H形鋼を芯材とし、その周囲に木材を接着剤により被覆し、その端部にH形鋼のみからなる所定の長さの継ぎ手部を設けて構成した。接着剤はポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂を使用した。

- 1 三重県科学技術振興センター林業研究部
- 2 三重県紀北県民局生活環境部
- 3 JFE 日本鋼管(株)
- 4 (株)ジャパンテクノメイト
- 5 イイダ産業(株)

被覆に使用した木材はスギと林業研究部構内で伐倒したテーダマツを使用した。テーダマツは横面（ウェブ側）外側の化粧用として使用した。試験体は、 $300 \times 150 \times 9 \times 6.5$ mm長さ4mのH形鋼に木材を接着被覆して 370×282 mm木材部長さ3.6mにしたものと、比較用として同一のH形鋼を使用した。

振動特性試験

複合構造材の固有振動数及び減衰率を調べるため、H形鋼と複合構造材について、インパルスハンマー法による振動特性試験を実施した。計測システムを図-1に示した。計測機器はデジタルスペクトラムアナライザー（アドバンテスト社製 TR9406）、データレコーダー（TEAC社製 XR5000）、インパルスハンマー（米国PCBピエゾトロンクス社製 MODEL 086A3）、加速度計AMP付・縦骨計測用（米国PCBピエゾトロンクス社製 MODEL 308C02）、横板（ウェブ）計測用（米国PCBピエゾトロンクス社製 MODEL 308B02）、プロッター（ヒュレット・パッカー社製）、FFTサーボ・アナライザー（データ解析用）（アドバンテスト社製 MODEL R9211B）を使用した。

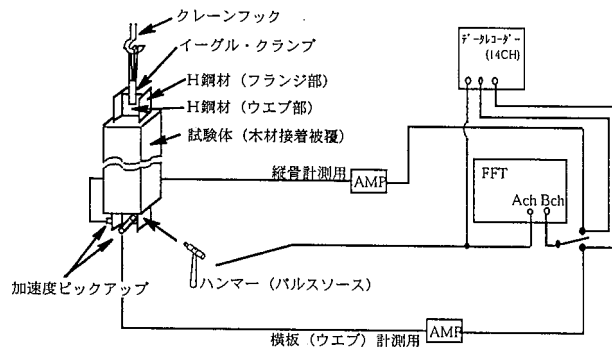


図-1 計測システム

計測は試験体をクランプで挟み、天井クレーンで宙吊りの状態（写真-2, 3）にして、インパルスハンマーで叩く方法で実施した。加速度計取り付け位置（図-2, 写真-4）は試験体下部のH形鋼フランジ骨部とウェブ上とした。インパルスハンマーの打撃箇所は各々加速度計取付場所の反対側とし、周波数応答関数（伝達関数）を求めた。

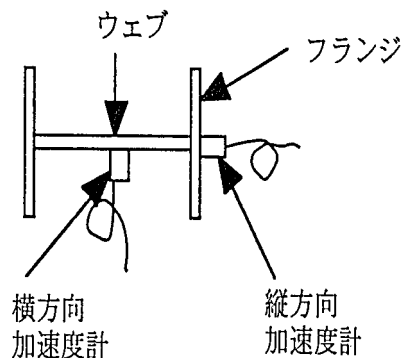


図-2 加速度計取り付け位置

インパルスハンマーによる振動波形を図-3-1~図3-4に示した。

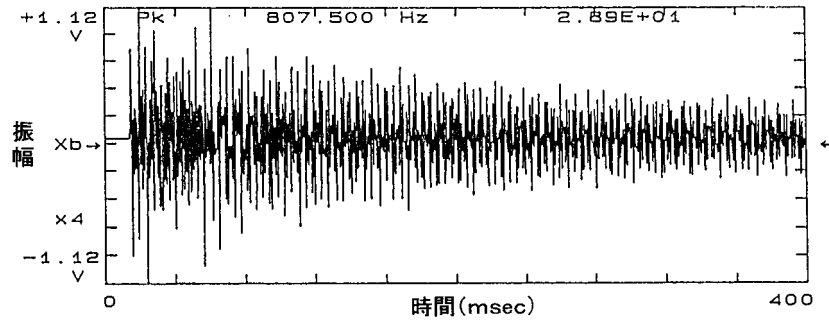


図-3-1 H形鋼振動波形縦方向 (フランジ側)

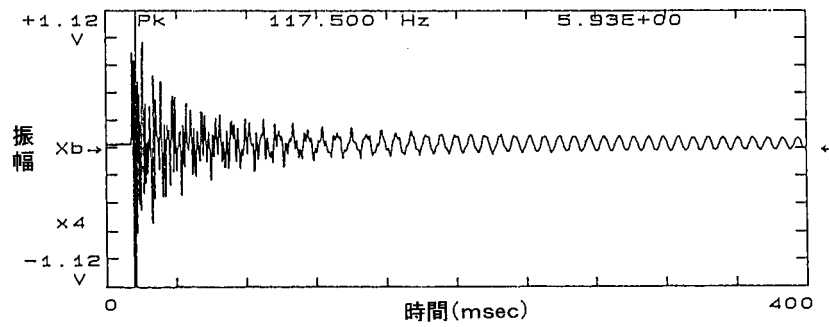


図-3-2 複合構造材振動波形縦方向 (フランジ側)

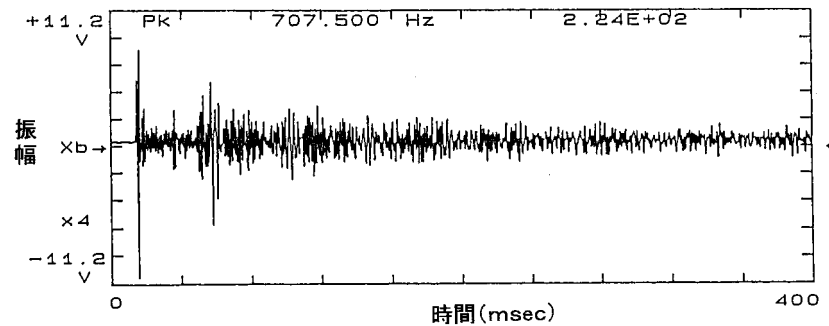


図-3-3 H形鋼振動波形横方向 (ウェブ側)

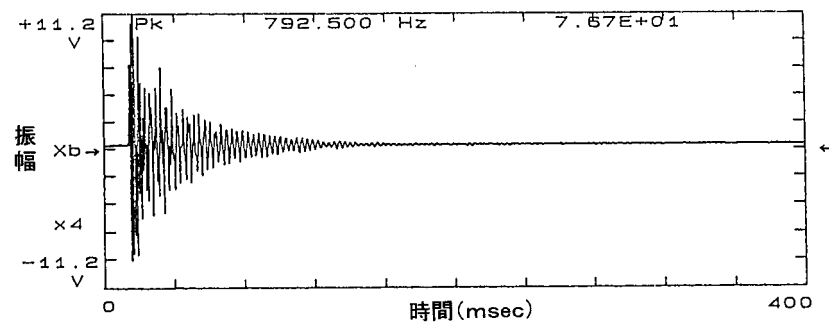


図-3-4 複合構造材振動波形横方向 (ウェブ側)

結果と考察

解析方法は、計測で求めた周波数応答関数より、各振動数（共振数）の加速度値及び、インパルスハンマーの加振時の加振力を求め、単位加振力当たりの加速度応答値を求めた。また、インパルスハンマーで加振した時系列データをFFTサーボ・アナライザのT-F（時間-周波数）解析を用いて3次元表示（図-4-1、4-2）を行い、そのデータをR9211BのT-Fトレース機能を用いて時間と共に振幅が減衰の様子を測定した。その結果を図-5-1～図-5-4に示す。横軸は時間、縦軸は各共振点のスペクトルの振幅を表している。

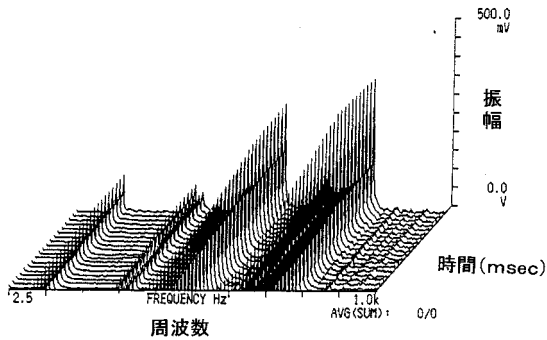


図-4-1 H形鋼振動波形 3次元表示縦方向
(フランジ側)

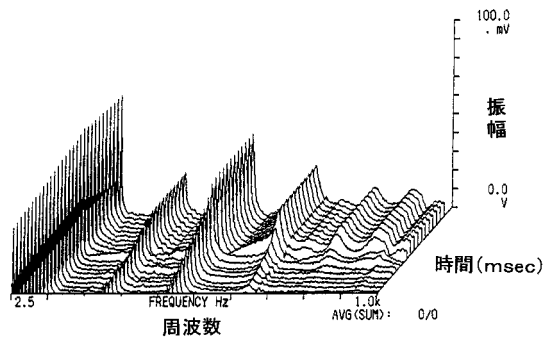


図-4-2 複合構造物振動波形 3次元表示横方向
(フランジ側)

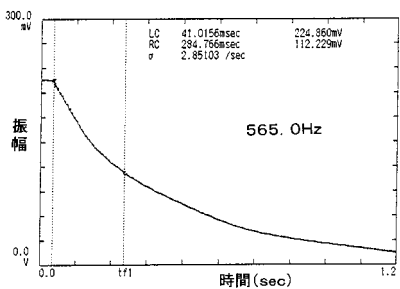
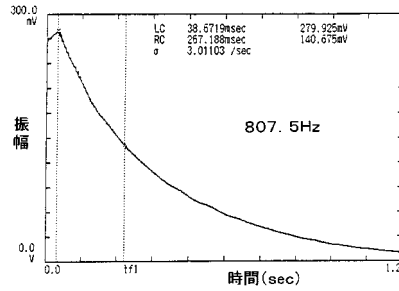
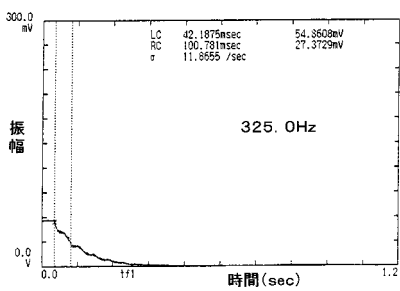
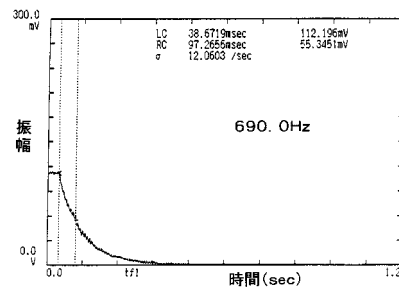
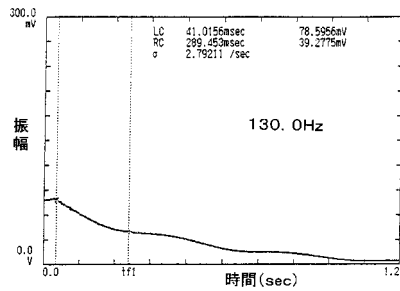


図-5-1 時間と共に振幅が減衰する様子
(H形鋼縦方向)

図-5-2 時間と共に振幅が減衰する様子
(H形鋼縦方向)

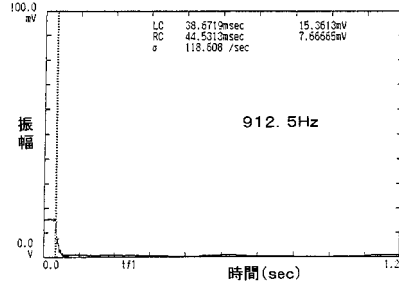
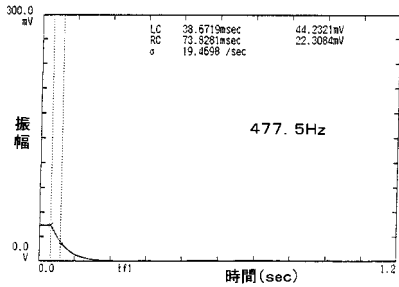
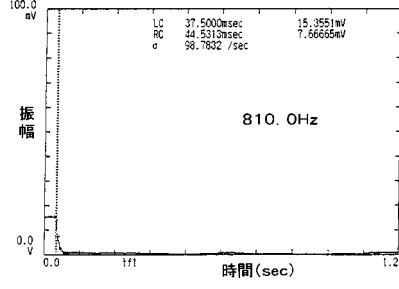
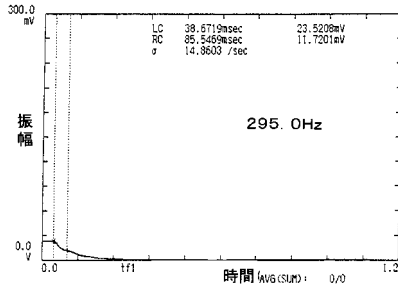
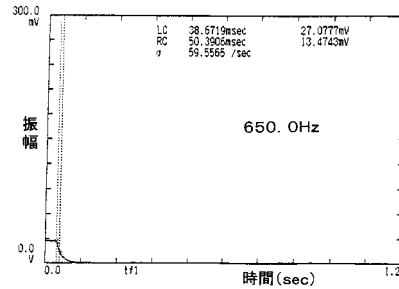
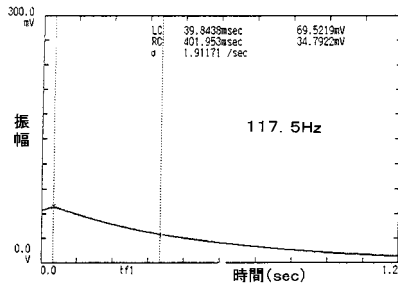


図-5-3 時間と共に振幅が減衰する様子
(複合構造材縦方向)

図-5-4 時間と共に振幅が減衰する様子
(複合構造材縦方向)

図5中、波線で示したマーカ間(LC, RC)の変化を用いてダンピング係数(対数減衰比(σ))を求め、さらに振幅減衰比(ζ)を下記の式により求めた。計算結果を表-1に示した。

$$\text{振幅減衰比}(\zeta) = \frac{\sigma}{2\pi f} \quad f = \text{周波数}$$

試験の結果、複合構造材は鋼材に木材を接着被覆することにより、①固有振動数が低下する傾向を示した。②一次振動モードでは減衰比は低いが、二次振動モード以上の高次では減衰比が高くなった。③単位振動荷重に対する応答値が低下した。これらのことから低い周波数の振動については減衰性が劣るが、高い周波数では減衰性が高くなり振動を吸収する効果が高くなることが判明した(表-1)。

なお、横方向については、打撃位置の関係から局部振動が支配的となり、明確な解析結果が得られなかった(図3-3, 3-4)。

以上のことから、開発した複合構造材は鋼材の持つ欠点である振動と騒音を大きく減衰させる効果が認められたため、制振と防音性能を備えた資材開発の可能性が示唆された(表-1)。

開発した複合構造材は、間伐材等の需要拡大と新用途の開発につながるため、諸性能を明確にするための試験を実施し、実用化を図って行きたい。

表-1 振動数と減衰率

試験体名	試験体名
H形鋼	複合構造材
130.0HZ	117.5HZ
0.141	0.133
$\sigma = 2.79211$	$\sigma = 1.91171$
$\zeta = 0.00342$	$\zeta = 0.00259$
325.0HZ	295.0HZ
0.109	0.052
$\sigma = 11.8655$	$\sigma = 14.8603$
$\zeta = 0.00581$	$\zeta = 0.00802$
565.0HZ	477.5HZ
0.473	0.100
$\sigma = 2.85103$	$\sigma = 19.4698$
$\zeta = 0.00080$	$\zeta = 0.00649$
690.0HZ	650.0HZ
—	0.052
$\sigma = 12.0603$	$\sigma = 59.5565$
$\zeta = 0.00278$	$\zeta = 0.01458$
807.5HZ	810.0HZ
0.641	0.039
$\sigma = 3.01103$	$\sigma = 98.7832$
$\zeta = 0.00059$	$\zeta = 0.01941$

謝 辞

本研究の実施に当たり、計測機器の使用・測定作業等にご協力賜りました、(株)ジャパンテクノメイトの関係の皆様方に対し、心より感謝の意を表します。

文 献

- 小松祐一・藤井義久・築瀬佳之・奥村省吾. 1999. インパルス応答を利用した木材における縦波の減衰特性の評価. 第49回日本木材学会大会研究発表要旨集, 545
- 並木勝義・山吉栄作. 1999. 性能保証木質構造用部材の研究開発. 業務報告書, 33-36
- 並木勝義・山吉栄作・伊藤久・片岡福彦・佐藤暢也. 1999. 鋼材と木材の複合構造材-振動特性について-. 1999年度. 日本木材学会中部支部大会講演要旨集(第9号), 52-53



写真-1 複合構造材



写真-2 H形鋼試験体



写真-3 複合構造材試験体



写真-4 加速時計取り付け位置