

木製品に適した非破壊検査法の開発（第2報）

— 打音検査法を応用した木製いすの耐久性評価 —

工芸科 赤堀 篤 佐野禎彦 深谷謙一

Development of the nondestructive inspection system for wooden goods (2nd report)

— Using Acoustic grading method to durable evaluation of the wooden chair —

Atsushi Akahori, Yoshihiko Sano and Kenichi Fukaya

We tried using the transverse vibration method for wooden chair made by the beech with tenon bonding. The tap tones were analyzed by the FFT (Fast Fourier Transformation) Spectrum Analyzer to identify the resonance frequency. As a result, when the bonding were losed, a peak position of the power spectrum moved to the low frequency side, and when the destruction was recognized with eyes, new peaks appeared.

1. はじめに

当所では、家具製造分野への非破壊・全品検査の導入を目的とし、非破壊検査法のひとつである打音検査に着目し、安価で簡易にできる、木製品向けの非破壊全品検査技術の開発を進めている。今回は、スタッキングツールを事例とした強度試験前後の打撃振動データの比較による、強度・耐久性の評価を検討した。また、その結果から強度不足と判断されたものを設計改良し、改良品についても強度試験と打音検査による評価を行った。

2. 実験方法

2. 1 試料の作成

ブナ材を用い、W340mm×D340mm×H440mmのスタッキングツールをホゾ接合により4脚製作した¹⁾。接着には、水性高分子イソシアネート系接着剤（CU-3、コニシ㈱）を用いた。

2. 2 強度試験

図1に示したように、座面を下向きに固定し、脚端から20mmの幅で、水平に力を加えた。荷重は、JIS S 1203¹⁹⁹⁸ 7.2背もたれの強度試験を参考に、410N（ISOレベル2）、560N（ISOレベル3）の2種類、それぞれ10秒間、10回の繰り返しとした。



図1 強度試験

2. 3 インパルスハンマによる打音解析

打音検査は、強度試験の前後に行い、図2に示したように、インパルスハンマー（GK-300、小野測器㈱）、衝撃振動計（MODEL 1340A、昭和測器㈱）、FFTアナライザ（DS-2100、小野測器㈱）を用いた。

FFT解析は、0～2 kHzの範囲で、窓関数はレクタングュラ（矩形）とし、強度試験前後で、パワースペクトルの変化を確認した。



図2 インパルスハンマによる打音検査

2. 4 設計改良と再実験

最初の試作品では、負荷560Nで破壊が生じた為、脚部断面を30mm×30mmから35mm×35mm、座枰幅を50mmから60mmに大きく、それに伴い、ホゾ寸法も増加させ、4脚を試作、強度試験、打音検査を行った。

3. 結果と考察

図3、4に最初の試作品の強度試験と打音検査結果の例を示す。打撃振動のFFT解析値は0～200Hzの拡大図である。左上が負荷410Nの強度試験（横軸が変形量、縦軸が荷重）、左下が負荷560Nの強度試験、右上が強度試験前の打音検査による衝撃振動計データのFFT解析（横軸は周波数0～200Hz）によるパワースペクトル、右中が負荷410N試験後の衝撃振動計データのFFT解析によるパワースペクトル、右下が負荷560N試験後の衝撃振動計データのFFT解析によるパワースペクトルである。

図3の例では、410N負荷の場合、強度試験のヒステリシスループは直線的であったが、打音検査では強度試験後、最大ピークの周波数が107Hzから102Hzにシフトしていた。さらに、560N負荷になると、強度試験のヒステリシスループが崩れ、打音検査でも、最大ピークの周波数が98.1Hzと、さらに低周波数側にシフトしていた。したがって、410N負荷試験後、目視では確認できないが、強度が低下しており、560N負荷試験後、さらにゆるみが広がったことが予想された。

図4の例では、410N負荷の場合、強度試験のヒステリシスループが直線的であり、打音検査でも、最大ピークの周波数がいずれも95.9Hzと変化が見られなかった。一方、560N負荷では、接合部に目視で確認できる割れが生じており、強度試験でも変形が増大、打音検査でも新たに53.8Hzと69.4Hzにピークが現れた。

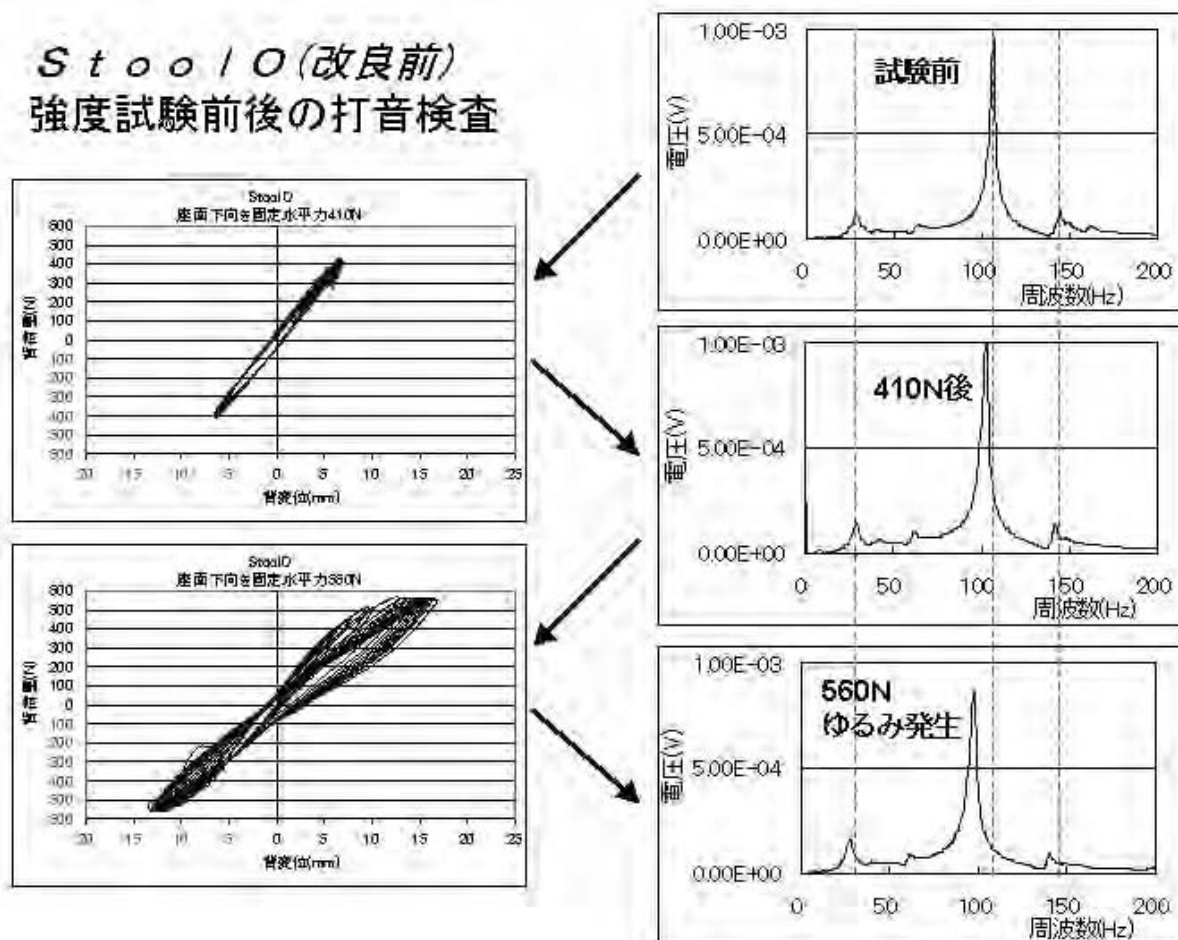


図3 強度試験と衝撃振動計FFT解析例1（改良前）

SteelN(改良前) 強度試験前後の打音検査

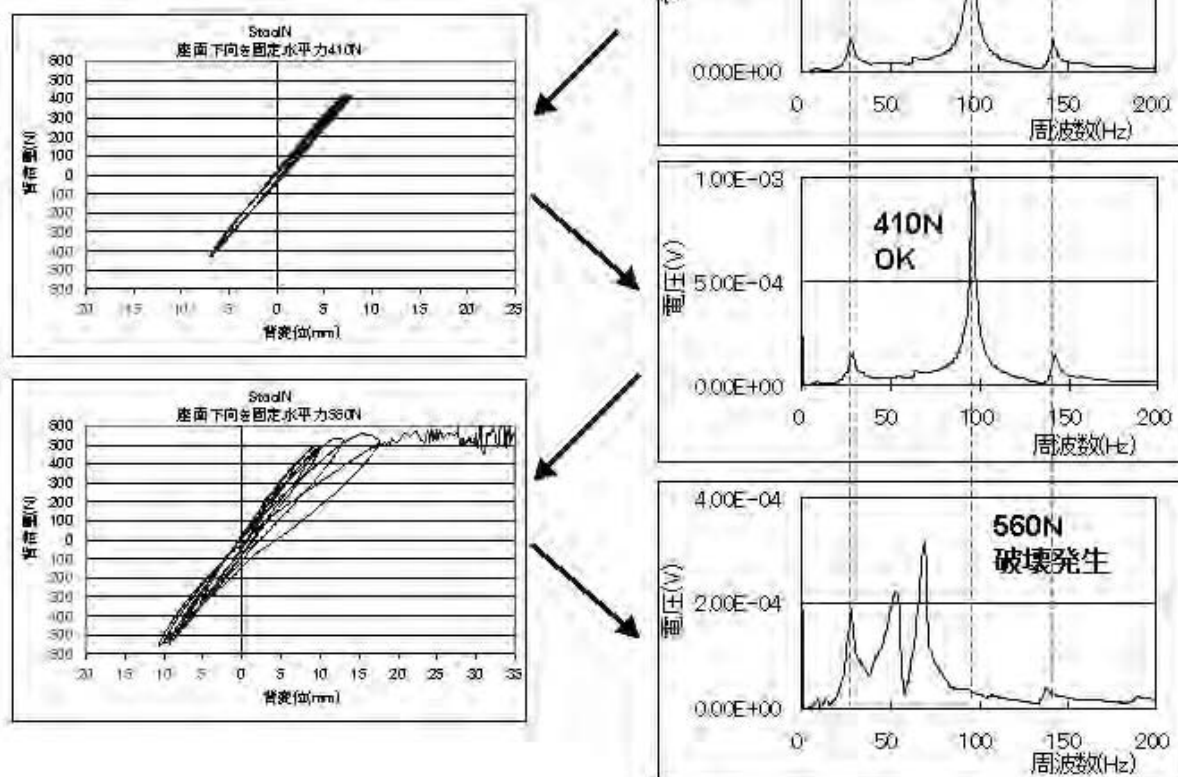


図4 強度試験と衝撃振動計FFT解析2（改良前）

図5に、設計を改良した試作品の強度試験と打音検査結果の例を示した。打撃振動のFFT解析値は0～1,000Hzの拡大図である

こちらでは、負荷560Nの強度試験でもヒステリシスループが直線的であり、打音検査では、140Hz付近に最大のピークと、224及び270Hz付近に小さなピークが認められ、強度試験前後の違いは見られなかった。このことから、改良品は、十分な強度を有しているといえた。

4. まとめ

木材加工分野では、インパルスハンマを用いた打撃音法は固有振動数と材の質量から、ヤング係数を求めるために応用されている^{2)～6)}。一方、接合部については、木質材料の特徴である異方性、含水率や比重などのばらつき、多種多様な接合方法など要因が複雑なため、系統立った取り組みが遅れている。

今回の実験結果でも、パワースペクトルのピーク位置や大きさだけでは、ばらつきが大きく、試料間（各4脚）の相関は、求められなかった。

しかしながら、前報⁷⁾で述べたように製品1つ1つの打音検査データから、製造時の接合不良判定ができること、今回の事例のように、使用中の経年劣化や交換時期の推測ができることを確認できた。

今後、依頼試験や技術指導を通じて普及を図るとともに、共同研究などにも応じていく予定である。

Stool S (最終案) 強度試験前後の打音検査

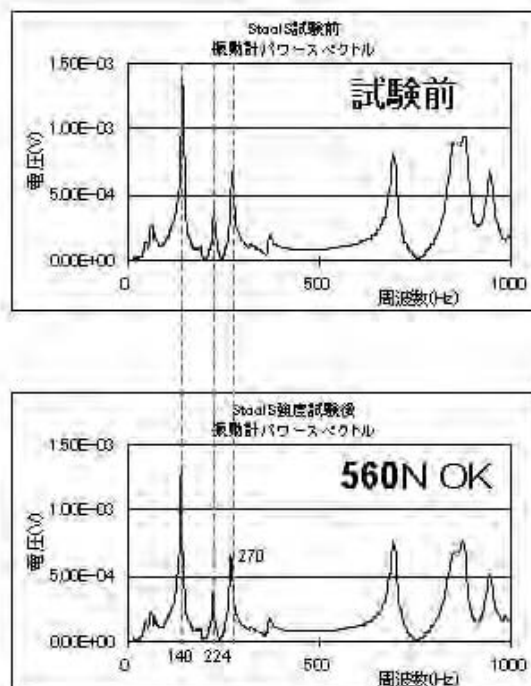
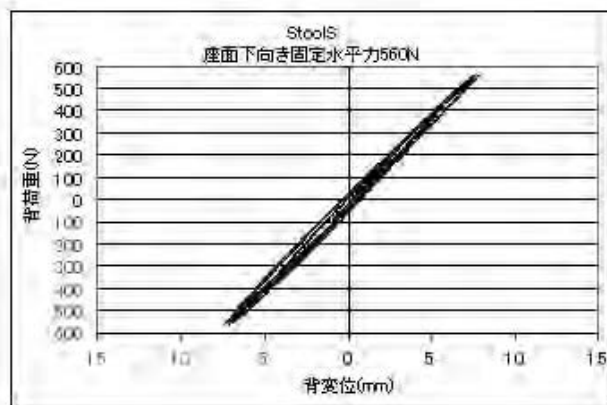


図5 強度試験と衝撃振動計FFT解析3 (改良後)

謝辞

本研究を進めるに当たり、御指導、御助言をいただいた国立大学法人 静岡大学農学部環境森林科学科 教授 祖父江信夫様、並びに国立大学法人 名古屋大学大学院 生命農学研究科 助教 安藤幸世様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐野禎彦他：木製品の設計・性能評価技術の高度化(第2報)-構造解析技術を応用した木製いすの設計評価-, 静岡県工業技術研究所研究報告, 第5号, 40-44 (2012).
- 2) 祖父江信夫：木材の非破壊検査, 木材学会誌, 39巻9号, 973-979 (1993).
- 3) Sobue, Nobuo : Instantaneous Measurement of Elastic Constants by Analysis of the Tap Tone of Wood : Application to flexural vibration of beams, 木材学会誌, 32巻4号, 274-279

(1986).

- 4) Sobue, Nobuo : Measurement of Young's Modulus by the Transient Longitudinal Vibration of Wooden Beams Using a Fast Fourier Transformation Spectrum Analyzer, 木材学会誌, 32巻9号, 744-747 (1986).
- 5) Sobue, Nobuo et al. : Identification of Power Spectrum Peaks of Vibrating Completely-Free Wood Plates and Moduli of Elasticity Measurements, 木材学会誌, 37巻1号, 9-15 (1991).
- 6) 岩井 哲他：木材弾性係数の非破壊計測のための工学実験教育における打撃音法の利用, 広島工業大学紀要教育編, 第6巻, 15-18 (2007).
- 7) 赤堀 篤他：木製品に適した非破壊検査法の開発-打音検査法の応用-, 静岡県工業技術研究所研究報告, 第4号, 47-50 (2011).