

振動試驗에 의한 代替響板樹種의 音響的 性質의 評價에 관한 研究*¹

姜 春 遠*²·鄭 希 錫*²

Studies on the Evaluation of Acoustical Properties of the Replaceable Species for Sounding Board by Vibration Test*¹

Chun Won Kang*²· Hee-Suk Jung*²

SUMMARY

This study was carried out to investigate replaceable species with the conventional sounding board sitka spruce, by comparing the dynamic properties such as density, dynamic Young's modulus and internal friction.

Dynamic Young's modulus, internal friction of longitudinal and radial direction measured in free mass-free boundary condition for facile vibration analysis and measured by forced vibration method.

Dynamical properties of four species were measured on squared plate specimen that the four edges were hung vertically by threads and driven magnetically through an iron piece glued on the specimen, by the use of condenser microphone as vibration transducer, and analyzed by FFT analyzer.

The results obtained were as follows :

1. Chaldni method using aluminum powder was proper to identify the vibration mode in the plate vibration and it was possible to verify the resonance mode.
2. It was considered that it was necessary to investigate the influence of adhesive part on the plate vibration when the sounding board was made by two or three small board adhesion.
3. It was considered that plate vibration method, which was a superior to the vibration test of beam, was suitable for selecting suounding board because dynamic Young's modulus and internal friction show different order according to longitudinal and radial direction.
4. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steudel has been considered to be replaceable species with sitka spruce because it has high dynamic Young's modulus compared with low density, low internal friction, and K value of *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steudel is greater than

*1. 接受 1990年10月11日 Received October 11, 1990

*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

that of sitka spruce.

1. 緒 論

外力에 의해 振動하고 放射하여 소리를 내는 목재는 固有의 振動的 성질과 독특한 音色때문에 예로부터 樂器의 響板用材로 널리 사용되어 왔고, 오늘날 新素材가 개발되고 새로운 用途로 이용되어 감에도 불구하고 樂器에 사용되는 響板材는 목재이외의 다른 材料로 代替되지 못하고 있는 실정이다.

일반적으로 樂器의 響板材가 갖추어야 할 조건은 比重에 비해 動的영률이 크고, 목재가 吸收한 에너지를 공기중에 音으로 發散하는 放射減衰가 크며, 木材內部的 分子摩擦에 의한 損失減衰가 적어야 한다. 이와같은 성질의 평가에는 주로 振動試驗法이 적용되고 있으며, 試驗片의 특별한 處理없이 動力學的 性質을 측정할 수 있는 振動試驗은 非破壞測定法이기 때문에 製材木의 선별과 響板의 평가뿐만 아니라 목재의 機械的 性質 등의 연구에도 응용되고 있다.

그러나 우리나라에서 傳統 國樂器인 가야금이나 거문고 등에 사용되고 있는 참오동나무에 振動的 特性을 적용한 과학적 연구는 아직도 찾아보기 어렵고, 국내의 樂器用 響板材에 대한 연구는 異方性과 粘彈性體인 목재의 특성이 고려되지 않은 채 纖維方向만의 振動的 性質을 평가하고 있기 때문에 纖維方向만의 振動的 性質의 평가를 적용하는데는 상당한 문제점이 있을 것으로 여겨진다.

한편 국내의 樂器製造會社는 피아노와 바이올린의 響板材로 高價의 sitka spruce를 도입하여 사용하고 있는 바, 原價上昇과 附加價值 감소의 요인이 될 뿐만 아니라, 輸入與件의 변화에 따라 대응하기 어렵다. 이와같은 문제점을 개선하기 위하여 代替樹種의 개발에 관한 연구가 절실한 실정이다.

따라서 本研究은 sitka spruce와 이의 代替樹種으로 고려되는 국산 참오동나무와 輸入材인

melapi와 cottonwood의 柁目板을 제작하여 自由振動에 비해 정밀하게 振動特性을 측정할 수 있고, 振動解析이 보다 용이한 Tonosaki가 제안한 強制振動法을 적용한 板振動實驗을 행하여 4수종에 대한 纖維方向과 放射方向의 動的영률과 內部摩擦을 측정하여 이들 代替可能 수종의 振動的 特性과 sitka spruce의 振動的 性質을 비교하여 代替可能性을 구명코자 하였다.

2. 研究 史

板 振動 實驗時 振動모드의 判별에 관한 연구에서 Chladni(1802)는 振動하는 板위에 모래를 뿌려 切點이라고 부르는 境界點을 갖는 振動形의 형태를 찾는 방법을 발전시켰으며 振動하는 板의 형태가 매우 아름답고 복잡함을 밝혔고, Leissa(1970)는 "Plate vibration"에서 板의 振動모드와 境界條件의 변화에 따른 여러가지 振動數 方程式(Frequency equation)을 제시하였다.

목재의 振動測定時 鐵片의 부착 또는 加速度計(Accelerometer)를 부착시키는 경우 附着質量이 集中質量으로 작용하여 振動에 영향을 미치는데 대하여 Kataoka(1975) 등은 附着鐵片의 質量이 증가할수록 共振振動數가 감소한다고 보고하였다.

Hearmon(1956)은 목재와 合板의 彈性, 自由振動法에 의한 목재의 剪斷 및 回轉慣性의 영향을 보고하고 목재의 振動試驗理論을 제시하였다.

목재의 動的영률과 含水率간의 관계에 대하여 James(1961)는 Douglas-fir의 內部摩擦과 音速이 온도와 함수율에 따라 어떠한 영향을 받는가, 그리고 함수율 변화에 따른 振動 및 動的強度와 彈性에 대하여 보고하였다.

響板材의 美觀과 板의 보호를 위한 塗裝이 振動的 特性에 미치는 영향에 대하여 小林 등

(1975)은 響板用 木재에 4종의 塗料를 도포한 振動實驗의 結果 異方性이 감소됨을 보고하였다.

Kataoka(1976)는 보의 振動實驗에서 動的 영률과 內部摩擦은 試驗片의 크기에 影響받지 않음을 보고하였다.

Funck 등(1979)은 Eastern cottonwood의 靱 強度와 動的 및 動的 영률간의 關係와 각각에 대한 相關係數 등을 조사 보고 하였으며, Nakao 등(1985)은 비틀림 振動에 의해 動的 剪斷彈性 係數를 측정하였고, 異方性인 木재의 경우 剪斷 係數는 1.18이라고 보고하였다.

Kataok(1976)는 樂器響板用 sitka spruce와 다른 수종을 비교하여 sitka spruce의 特性을 比重이 0.427 g/cm^3 , 動的 영률 $1.25 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$, 內部摩擦은 6.35×10^{-3} 로서 比重에 비하여 영률이 크고 減衰가 작다고 보고하였다.

木재의 振動的 性質의 측정방법에서 Jayne 등(1959)은 試驗片을 勵振시키고 檢出하기 위하여 Dynamic speaker 와 Photoelectric cell 을 사용하였으며, Pellerin(1965)은 自由振動에 의한 橫振動 測定法 Finger tap이 試驗片을 勵振시키는데 적합하다고 보고하였다.

Norimoto(1982)는 針葉樹에 대해 彈性係數와 內部摩擦을 측정하고 Q^{-1}/E 值를 이용하여 Piano 響板의 적성을 평가하는 방법을 제시하였다.

Tonosaki 등(1985)은 “板 振動試驗에 의한 木재의 音響的 性質의 평가”에서 振動的 性質이 크게 다른 12수종을 公示하여 Chladni 法에 의하여 振動모드를 탐색하고 強制振動法을 적용한 板 振動實驗을 행하여 모드應答係數와 動的 영률 內部摩擦 등을 구하여 보고하고 樂器用材의 명확한 判別方法을 제시하였다.

洪(1983)은 國產수종인 참오동나무, 피나무, 들메나무 등의 音響的 指標인 K 값 등을 보고하였으며, 姜 등(1987)은 sitka spruce와 國內有用樹種의 音響的 性質을 평가하기 위해 縱振動 및 靱強度試驗 結果를 보고하였다.

3. 材料 및 方法

3.1 供試材料

3.1.1 供試樹種

本 실험에서 사용한 供試樹種은 樂器用材로 주로 사용되고 있는 sitka spruce(*Picea sitchensis* Carr.)와 代替可能樹種으로 여겨지는 國산 濶葉樹인 참오동나무(*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steudel)와 輸入 濶葉樹인 melapi(*Shorea(Anthorea)* spp.)와 cottonwood(*Populus* spp.)를 供試하였다.

3.1.2 供試 試驗片

試驗片은 氣乾된 재료에서 木理가 通直하고 결점이 없는 試驗片을 선별하여 各 수종당 20枚 씩의 梘目板을 제작하여 恒溫恒濕器에서 온도 20°C , 상대습도 65% 조건에서 3週間 照濕處理를 하였으며 試驗片의 크기와 형상은 다음 Table 1과 같다.

3.2 實驗裝置

四邊自由條件에서 強制振動時 試驗片의 共鳴 周波數와 內部摩擦을 측정하기 위해 사용한 實驗裝置는 다음 Fig.1과 같다.

加振動部의 信號發生器는 4가지 信號로 0.1Hz-1 MHz의 周波數를 發生시킬 수 있으며 增幅器는 音聲出力 100W의 音響機器用 增幅器를 사용하였고 驅動器는 信號에 충실하게 반응하는 Magnetic을 사용하였다.

檢指部의 Condenser Microphone의 感度는 20Hz-20KHz의 周波數 檢指 능력이 있으며, 檢指 增幅器는 Band pass filter가 內裝된 pre-amp를 사용하였다.

FFT Analyzer의 측정周波數 範圍는 0.2Hz-100KHz이며, 附着鐵片의 형상은 가로 9mm 이고, 세로 9mm이며, 質量은 100mg이었다.

試驗片 지지장치는 木재로 제작하여 사용하였다.

3.3 實驗方法

Table 1. Specification of specimens used

Species	Number of specimen	Size(mm) (T×W×L)* ¹	Moisture content(%)* ²	Density (g/cm ³)* ²
Sitka spruce (<i>Picea sitchensis</i> Carr.)	20	4×250×250	9.84±0.15	0.42±0.01
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steudel	20	4×250×250	10.91±0.49	0.26±0.01
Melapi(<i>Shorea Antoshorea</i> spp.)	20	4×250×250	11.16±0.63	0.48±0.01
Cottonwood (<i>Populus</i> spp)	20	4×250×250	9.65±0.54	0.48±0.01

*1: Thickness×Width×Length

*2: Mean±Standard Deviation

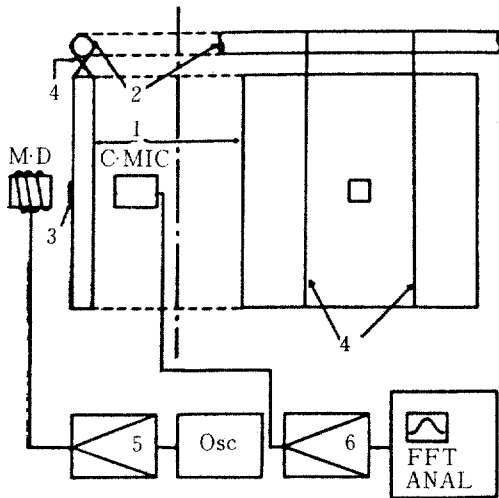


Fig.1. Diagram of apparatus

- Notes. 1: Specimen 2: Bar 3: Iron piece
 4: Thread 5: Amplifier 6: Amplifier
 M:D: Magnetic driver
 C.Mic: Condenser microphone
 Osc: Oscillator
 FFT-ANAL: FFT Analyzer

3.3.1 板의 共振 mode

試驗片을 4개의 부드러운 Sponge위에 올려 놓고 Finger tap으로 打擊을 한후 FFT Analyzer로 해석하여 얻은 불규칙한 線 스펙트럼 (Line spectrum)에서 각 Peak의 周波數로 板을 强制振動시켜 보면 여러 形상의 共振 mode가

나타난다.

正方形 柾目板의 경우 板의 共振 mode는 纖維方向(L)과 放射方向(R)의 振動이 복합된 것으로서 L 方向, R 方向의 振動의 切線 수를 각각 m, n이라고 하면, 판의 각 共振 mode는 (m, n)의 형태로 나타낼 수 있다. 本 연구에서는 基本“共振 mode인 (0, 2), (2, 0) mode의 振動을 조사하였고, 이의 檢指에는 Aluminum 粉末을 사용하여 共振 mode를 탐색하는 Chladni 법을 이용하였다.

3.3.2 共鳴周波數와 動的 效率

强制 振動時 共鳴周波數는 線 스펙트럼의 Peak 周邊의 周波數를 信號發生器로 變化시키면서 그에 따라 振動하는 板이 共鳴할 때 Condenser microphone을 통하여 FFT Analyzer의 transient memory에 입력시킨후 共鳴周波數를 檢指하였다.

이때 試驗片의 振動은 附着鐵片이 集中質量으로 作用하여 公명주파수가 감소하는 影響을 받을 수 있으나, 本 研究에서는 試驗片質量 대 附着鐵片의 質量比가 커서 無 附加質量이라 가정하고 다음에 의하여 動的 效率를 구하였다.

無 附加質量 兩端自由의 橫振動時 振動數 方程式은 다음 式(1) 및 (2)와 같다.

$$\cos \beta \ell \cosh \beta \ell = 1 \dots\dots\dots (1)$$

$$\beta^4 = \omega^2 d / E_0 K^2 \dots\dots\dots (2)$$

β : 角(rad)

l : 길이(cm)

ω : 角振動數 (rad/sec)

K : 慣性半徑(cm)

E_t : 動的영率(dyne/cm²)

식(1)과 (2)에서 $\beta l = m_n$ 이라 놓고 전개하면 식(3)과 (4)를 얻을 수 있다.

$$m_n = 1/2(2n+1)\pi \dots\dots\dots (3)$$

$$E_t = \frac{48\pi^2 d l^4 f_0^2}{m_n^4 b^2} \dots\dots\dots (4)$$

m_n 은 基本 振動의 경우 4.73이다.

3.3.3 内部摩擦

内部摩擦은 强制振動(Forced vibration) 도 중에 驅動力을 끊어 發生하는 自由振動을 FFT Analyzer의 transient memory에 입력시킨 후 代數減衰率은 다음 식(5)로 구하였다.

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{n\pi} \ln \frac{X_n}{X_{n+1}} \dots\dots\dots (5)$$

δ : 代數減衰率

X_n, X_{n+1} : 振幅

3.3.4 K 값

樂器用材의 音響的 性質의 지표로 사용되는 K 값은 Andrev가 제시한 다음 식(6)으로 구하였다.

$$K = Q^{-1} \sqrt{\frac{E}{d^3}} \dots\dots\dots (6)$$

Q^{-1} : 内部摩擦

E : 動的영率(dyne/cm²)

d : 밀 도(g/cm³)

4. 結果 및 考察

4.1 板의 共振 mode

Finger tap에 의해 勵振된 板의 自由振動을 Condenser microphone으로 檢指하여 FFT Analyzer로 解析한 sitka spruce, Paulownia, melapi와 cottonwood 柁目板의 周波數 應答曲線(Frequency response curve)을 Fig.2-5에 나타내었다.

그림에서 나타나는 線 스펙트럼상의 Peak는 共振 mode의 共鳴周波數(Resonance frequency)를 의미하여 수종에 따라 조금씩 차이는 있으나, 동일 mode의 共鳴周波數는 거의 동일한 周波數 영역에 존재하여 木材의 應력과 比重의 비는 수종에 따라 큰 차이는 없는 것을 나타내고 있다.

여러 共振 mode 중에서 (0, 2), (2, 0) mode가 sitka spruce의 경우는 100Hz와 355Hz에서, Paulownia의 경우는 96Hz와 325Hz에서, melapi의 경우는 91Hz와 340Hz에서, cottonwood의 경우는 95Hz, 345Hz에서 각각 存在하였다.

그림에서 線 스펙트럼의 出力이 試驗片에 따라 약간의 차이를 나타내고 있는데, 이는 打擊(Impact)에 의한 自由振動시 不均일한 外力이 가해졌기 때문이다.

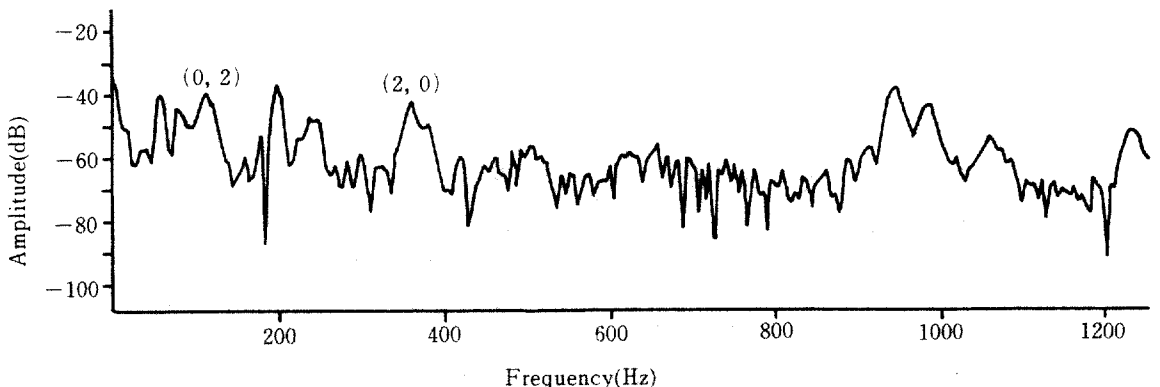


Fig.2. Frequency response curve of sitka spruce plate

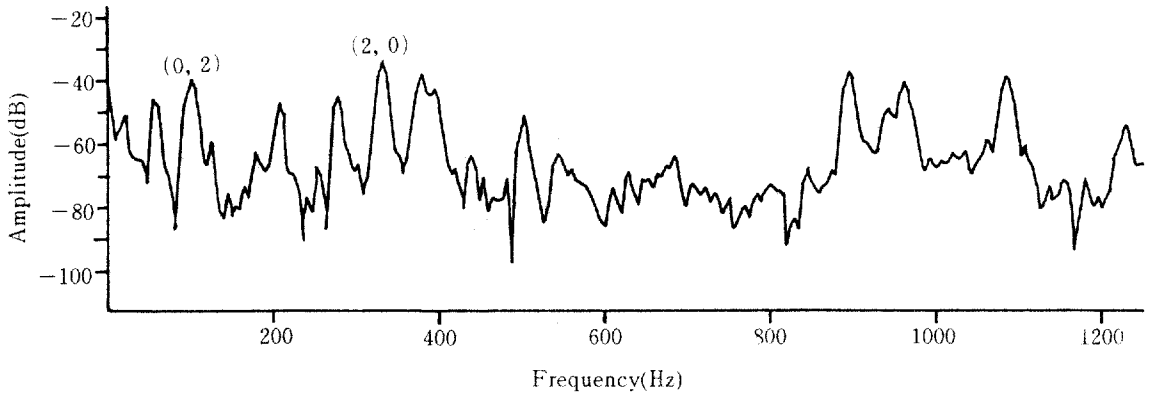


Fig.3. Frequency response curve of *Paulownia tomentosa* plate

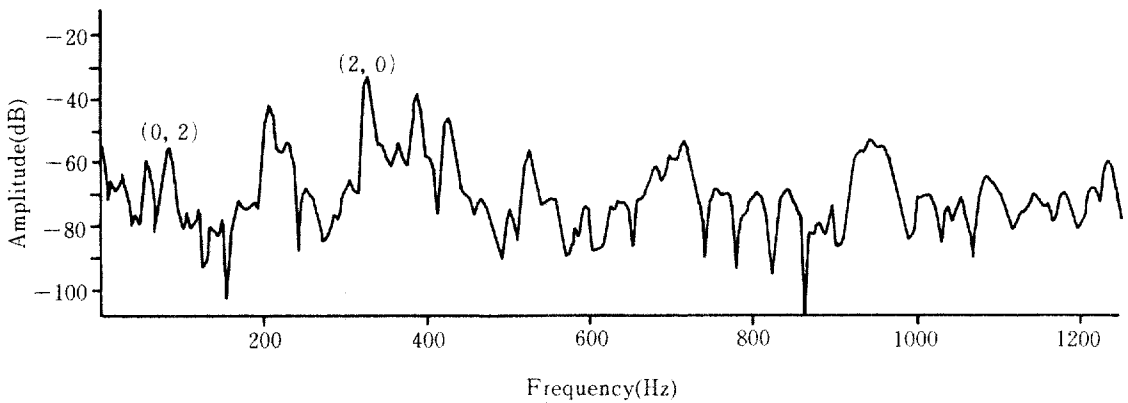


Fig.4. Frequency response curve of melapi plate

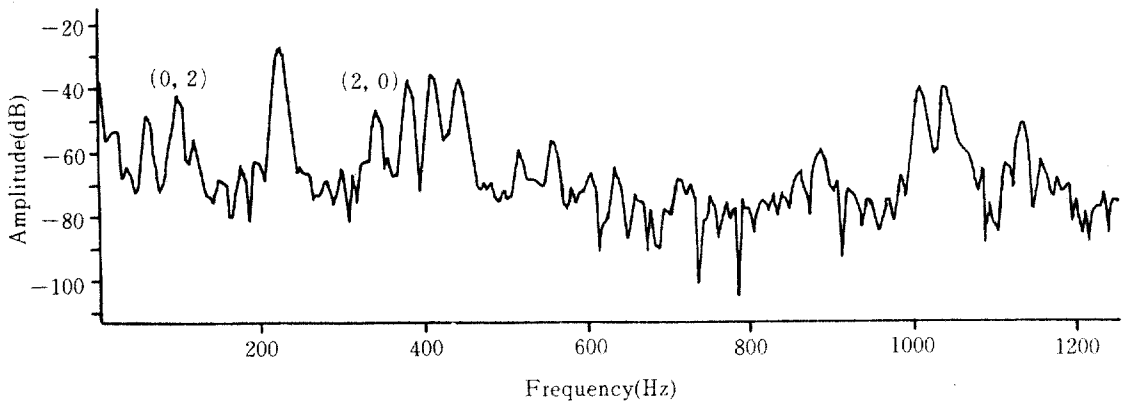


Fig.5. Frequency response curve of cottonwood plate

4.2 共鳴周波數와 動的영率

4.2.1 共振曲線

強制振動시 板이 共鳴할 때의 周波數 應答曲線은 自由振動과는 다르게 나타났는데, 共振曲線의 例를 sitka spruce (0, 2) mode의 周波數

應答曲線으로 Fig.6에 나타내었다.

共振曲線의 peak에서 측정 mode의 共鳴周波數를 알아냈으며, 4 수종의 시험편 모두가 그림과 유사한 형상을 나타내었으며, 共鳴周波數 부근의 다른 周波數로 勵振시키거나, 共振 mode의 切點(Nodal point)에서 가까운 위치에서檢

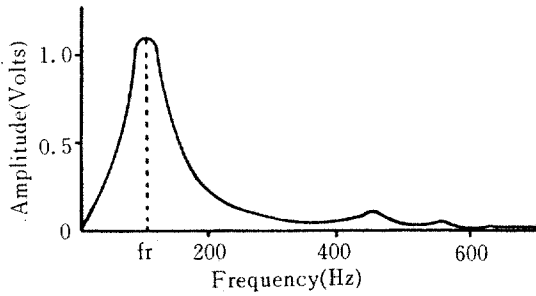


Fig.6. Resonance curve of sitka spruce plate

指를 할 경우에는 共振曲線의 對稱性이 나빠 이의 判別로 共鳴周波數를 檢指하는 것이 가능하였으며, 檢指위치의 선정에 주의가 요구되었다.

4. 2. 2 觀測共鳴周波數

強制振動시킨 板의 共振曲線에서 檢指한 (0, 2), (2, 0) mode의 共鳴周波數의 平均치를 Table.2에 나타내었다.

Table 2. Resonance frequency of resonance mode

Species	(0.2) Mode	(2,0) Mode
Sitka spruce (<i>Picea sitchensis</i> Carr.)	99.83	353.00
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steudel	97.95	324.60
Melapi (<i>Shorea Antoshorea</i>) Spp.)	90.94	342.60
Cottonwood (<i>Populus</i> spp.)	95.48	254.40

sitka spruce의 共鳴周波數가 (0, 2), (2, 0) mode에서 가장 큰 수치를 나타내어 비중을 비하여 動的영률이 큰 것을 의미하며, 自由振動에서 얻은 周波數 應答曲線의 peak의 周波數와 관측共鳴周波數간에는 수 Hz의 차이가 있었는데, 이는 여러 共振 mode가 복합적으로 나타나는 自由振動시 관측하려고 하는 mode가 인접 mode의 영향을 받기 때문이다.

4. 2. 3 動的영率

強制振動의 共振曲線에서 얻은 共鳴周波數를 振動數 방정식에 대입하여 얻은 纖維方向과 放

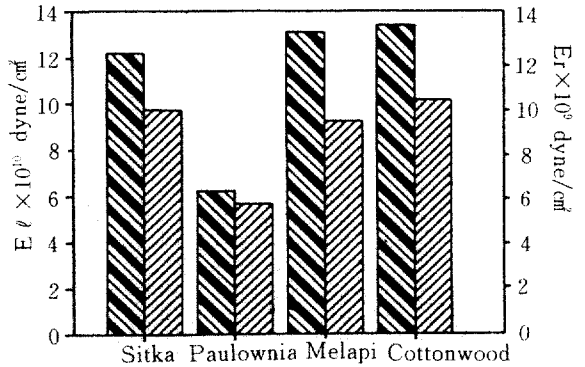


Fig.7. Comparison of dynamic Young's moduli of domestic and imported wood.

▨ Longitudinal direction ($\times 10^{10}$ dyne/cm²)
▩ Radial direction ($\times 10^6$ dyne/cm²)

射方向의 動的영률을 Fig.7에 나타내었다.

Fig.7에서 纖維方向의 動的영률은 cottonwood가 1.34×10^{11} dyne/cm²으로 가장 큰 값을 나타내었으며, melapi는 1.31×10^{11} dyne/cm², sitka spruce는 1.22×10^{11} dyne/cm², Paulownia는 6.22×10^{10} dyne/cm²의 順으로 나타났다.

放射方向의 動的영률은 cottonwood가 1.02×10^{10} dyne/cm²으로 가장 크게 나타났으며, sitka spruce는 9.73×10^9 dyne/cm², melapi는 9.24×10^9 dyne/cm², Paulownia는 5.66×10^9 dyne/cm²으로서 纖維方向과 약간 다른 순위를 나타내어 纖維方向의 振動的 性質외에 放射方向의 振動的 性質도 音響板의 判別에 고려되어야 할 要素하고 사료된다.

sitka spruce와 Paulownia의 動的영률이 다른 수종보다 적은수치를 나타내었지만 비중을 고려한다면 音響의으로 우수한 재료임을 나타내는 것이며, sitka spruce와 Paulownia의 動的영률은 각각 Kataoka(1976)와 洪(1983)이 보고한 것과 유사하게 나타났다.

4. 3 内部摩擦

4수종의 内部摩擦의 값을 Fig.8에 나타내었다.

목재의 音響의 性質을 평가하는데 중요한 요소로 사용되는 内部摩擦은 그 값이 적을수록 우

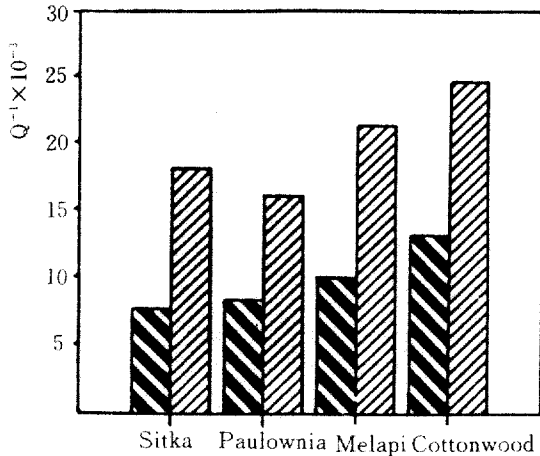


Fig. 8. Comparison of internal friction of domestic and imported wood.

▨ Longitudinal direction

▧ Radial direction

수한 響板用材임을 나타내는데, cottonwood와 melapi의 動的영률이 크게 나타났지만, 纖維方向의 内部摩擦 값이 각각 13.2×10^{-3} 와 10.04×10^{-3} 으로서 다른 수종보다 커서 音響板으로 우수하지 못한 재료라고 사료되며, Paulownia와 sitka spruce는 각각 8.39×10^{-3} 와 7.74×10^{-3} 으로 적게 나타나, 動的영률에서 고찰한 바와 같이 音響적으로 우수한 재료임이 구명되었다.

放射方向의 内部摩擦 값도 cottonwood와 melapi는 24.6×10^{-3} 와 21.3×10^{-3} 으로서 크게 나타났고, sitka spruce는 18.1×10^{-3} 이고 Paulownia는 16.08×10^{-3} 이었다.

4.4 K 값

密度, 動的영률, 内部摩擦의 결과에서 구한 K 값의 수종간 차이를 Fig. 9에 나타내었다.

樂器用材의 價値尺度를 나타내는 K값은 그 값이 클수록 樂器用材를 적합한데 内部摩擦에 대한 밀도가 적을수록 그 값이 증가하게 되며, sitka spruce의 K값은 1.65×10^8 이고, 國產有用樹種인 Paulownia의 K값은 2.31×10^8 로 sitka spruce의 K값보다 크게 나타났으며, melapi는 1.08×10^8 , cottonwood는 0.81×10^8 으로 작

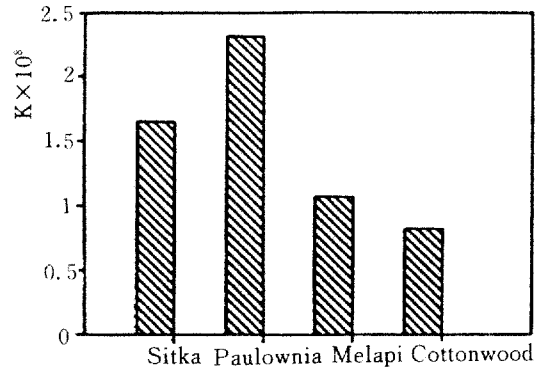


Fig. 9. Comparison of K-values of domestic and imported wood.

게 나타나서 動的영률과 内部摩擦에서 고찰한 바와 같이 音響板으로 우수하지 못한 재료라고 평가되며, sitka spruce보다 Paulownia의 K값이 크게 나타난 결과에서 sitka spruce의 代替樹種으로 연구될 가치가 크고 國產傳統樂器의 響板材로 Paulownia가 주로 사용되었던 사실에 科學的 근거를 부여할 수 있다고 사료된다.

이 결과는 강(1988)의 보고와 비슷한 경향을 나타내었으며, 數値上으로는 약간의 차이가 있었는데 이는 자유진동법과 다르게 강제진동법의 경우 자계내에서 진동하는 시험편에 부착된 철판에 과전류, 자기히스테레시스, 자기흡인력 등의 복잡한 자계의 영향이 작용하는 등의 實驗方法的 차이에 의한 것 때문이라고 추정된다.

4.5 音響的 性質의 평가

振動試驗의 종합적인 평가를 위하여 각 수종에 대한 動力學的 性質을 Table 3.에 나타내었다.

Table 3.에서 현재 樂器用材로 주로 사용되어 오고 있는 sitka spruce는 音響的 性質이 우수한 재료로 평가되었으며, 國產有用樹種인 Paulownia는 密度에 비하여 動的영률이 크고 内部摩擦이 작아 sitka spruce의 代替樹種으로 연구될 가치가 크다고 사료되었으며 밀도와 내부마찰에 크게 영향받는 K값이 melapi와 cottonwood의 경우 큰 밀도에 비해 적은 K값을 나타내어 동적영률과 내부마찰에서 고찰한 바와 같이 악

Table 3. Comparison of dynamical properties of domestic and imported wood

Species	Density (g/cm ³)	Er (×10 ⁹)	EI (×10 ¹⁰)	Er/EI	tan δ l (×10 ⁻³)	tan δ l (×10 ⁻³)	K (×10 ⁸)
Sitka spruce (<i>Picea sitchensis</i> Carr.)	0.42	9.73	12.20	0.08	18.10	7.00	1.65
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) steudel	0.26	5.66	6.22	0.09	16.08	8.39	2.31
Melapi(<i>Shorea</i> (<i>Antoshorea</i> Spp.)	0.48	9.24	13.10	0.07	21.38	10.04	1.08
Cottonwood (<i>Populus</i> spp.)	0.48	10.10	13.30	0.07	24.63	13.28	0.82

기용재로 부적합하다고 평가되었다.

섬유방향과 방사방향 동적영율의 이방도 (Degree of anisotropy)를 나타내는 Er/EI 값은 4수종 모두 0.07-0.09사이의 값을 나타내어 조사 수종내에서의 수종간 이방도에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

또한 音響板의 적성평가에 非破壞試驗法인 振動試驗에 의한 動力學的 性質을 측정하는 방법이 적절하고, Table.3에서 나타난 바와 같이 纖維方向과 放射方向의 動力學的 性質의 순위에는 약간의 차이가 있어 종래의 纖維方向의 性質의 평가외에 목재의 異方性을 고려하여 放射方向의 動力學的 性質도 고려되어야 할 것으로 사료되었으며, 좀더 진보적이고 정확한 향판의 평가를 위해서는 실제의 악기향판 진동시 발생하는 복잡한 여러 진동 mode의 음향출력과 응답계수에 관한 연구가 수행될 필요가 있다고 사료되었다.

5. 結 論

本 연구는 響板用材의 音響的 性質과 sitka spruce의 代替可能性을 알아보기 위하여 Condenser microphone을 振動變換器로 사용하여 振動分析器로 解析하여 修行하였다.

鐵片을 부착한 25cm 正方形 柁目板을 실에 수평으로 매달아 試驗片을 無附加質量 四邊自由條件이라 가정하고, magnetic driver로 驅動시킨 뒤 動力學的 性質을 고찰하였는데 그 결과는

다음과 같다.

1. 纖維方向 動的영율은 sitka spruce가 1.22×10^{11} dyne/cm², *Paulownia*는 6.22×10^{10} dyne/cm², melapi는 1.31×10^{11} dyne/cm², Cottonwood는 1.34×10^{11} dyne/cm²로 cottonwood가 가장 크게 나타났으며, *Paulownia*가 가장 작게 나타났다.

2. 放射方向의 動的영율은 sitka spruce가 9.73×10^9 dyne/cm², *Paulownia*는 5.66×10^9 dyne/cm², melapi는 9.24×10^9 dyne/cm², cottonwood가 1.02×10^{10} dyne/cm²로 cottonwood가 가장 크게 나타났으며, *Paulownia*가 가장 작게 나타났다.

3. 纖維方向의 内部摩擦 값은 sitka spruce가 7.74×10^{-3} , melapi는 10.04×10^{-3} , cottonwood는 13.20×10^{-3} 으로 cottonwood가 가장 크게 나타났으며 sitka spruce가 가장 작게 나타났다.

4. 放射方向의 内部摩擦 값은 sitka spruce가 18.1×10^{-3} , *Paulownia*는 16.08×10^{-3} , melapi는 21.3×10^{-3} , cottonwood는 24.6×10^{-3} 으로 cottonwood가 가장 크게 나타났으며, *Paulownia*가 가장 작게 나타났다.

5. K값은 sitka spruce가 1.65×10^8 , *Paulownia*는 2.31×10^8 , melapi는 1.08×10^8 , cottonwood는 0.81×10^8 으로 *Paulownia*가 가장 크게 나타났으며 cottonwood가 가장 작게 나타났다.

*Paulownia*의 K값이 sitka spruce 보다 크게 나타나 sitka spruce의 代替響板樹種으로 사료되

었다.

參 考 文 獻

1. Boing, J. and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of wood and wood composites. P.146-157. Nonstrand Reinhold Company Inc.
2. Funck, J.W., D.R. Prestemon, and D.W. Bensend. 1979. Modulus of Rupture and dynamic and static modulus of elasticity Cottonwood 2 by 4. For. Prod. J. 29(11): 35-37.
3. Hearmon, R.F.S. 1951. Elasticity of Wood and Plywood. For. Prod. Res. Lab. Spec. Rept. 7. H.M. Stationary Office, London.
4. James, W.L. 1961. Internal friction and speed of sound in douglas-fir. For. Prod. J. 11(9): 383-389.
5. Jayne, B.A. 1959. Vibration properties of wood. For. Prod. J. 9(11): 413-416.
6. Kataoka, A. and T. Ono. 1976. The dynamic mechanical properties of sitka spruce used for sounding boards. J. Wood Res. Soc. Japan. 22(8): 436-443.
7. 1975. The relations of experimental factors to the vibration and the measuring values of dynamic mechanical properties of wood. I. J. Wood Res. Soc. Japan. 21(10): 543-550.
8. 1976. The relations of experimental factors to the vibration and the measuring values of dynamic mechanical properties of wood. II. J. Wood Res. Soc. Japan. 22(1): 1-7.
9. Leissa, W. 1970. Vibration of Plate. Ohio State Univ. Columbus, Ohio.
10. Nakao, T., T. Okano, and I. Asano. 1984. Measurement of the anisotropic-shear modulus by the torsional-vibration method for free-free wooden beams. J. Wood Res. Soc. Japan. 30(11): 877-885.
11. Pellerin, R.F. 1965. A vibrational approach to nondestructive testing of structural lumber. For. Prod. J. 15(3): 93-101.
12. Tonosaki, M. and T. Okano. 1985. Evaluation of acoustical properties of wood by plate-vibration tests. J. Wood Res. Soc. Japan. 31(8): 627-632.
13. Tonosaki, M., T. Okano, and I. Asano. 1985. Measurement of plate vibration as a testing method of wood for musical instruments. J. Wood Res. Soc. Japan. 31(3): 152-156.
14. Hong, Byung Wha. 1983. Studies on the vibrational properties of Korean wood as sounding boards. J. of Gyeong Sang Nat. Univ., 22: 31-59.
15. Kang, Wook and Hee-Suk Jung. 1988. Studies on the free vibrational properties of traditional and replaceable Species for sounding boards. Mogjae Gonghak. 16(3): 48-64.
16. 金光植. 1987. 機械振動學.
17. 小林. 1975. 響板用木林の振動特性に音ばす塗裝の影響. 木材工學. 30(9): 400-402.
18. 安藤由典. 1973. 樂器の音響學. 音樂の友社. p.145-147.