

伽倻琴 響板材의 改善에 關한 研究*¹

洪 秉 和*²

Studies on the Improvements for GAYAKUM Sounding Boards*¹

Byung Wha Hong*²

SUMMARY

For the purpose of improving the sounding boards for the conventional GAYAKUM, I was making approximately 202 specimens of radial board, 371 specimens of tangential board by cutting along the grain and the part of stem and 31 specimens of the disjointed traditional GAYAKUM made in *Paulownia coreana*.

And it was conducted to measure specific gravity, dynamic Young's modulus, internal friction, resonant frequency, velocity of sound and width of annual ring by the method of the flexural vibration in a free-free bar in the audio frequency range. And it confirmed the juvenile wood by measuring wood fiber length of specimens. It was also conducted to investigate dynamic properties and moisture absorption by various heat-treatment and to test dynamic Young's modulus and internal friction for the disjointed conventional GAYAKUM.

The results obtained were summarized as follows:

1. The juvenile wood is located within about 7 annual rings from the pith in *Paulownia coreana*.
2. As increased with the specific gravity, the dynamic Young's modulus had more and more increased, but the internal friction had slightly decreased.
3. I think that radial board would be good for sounding board wood, because radial board is higher than tangential board in dynamic Young's modulus and internal friction is lower than tangential board.
4. The value of mean dynamic Young's modulus on the conventional GAYAKUM, radial board and tangential board of 604 samples is $0.4283 \pm 0.037 (\times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2)$, $0.4316 \pm (\times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2)$ and $0.4234 \pm 0.112 (\times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2)$ respectively. The value of the radial board showed little higher than that of conventional GAYAKUM, but it had a similar tendency between conventional GAYAKUM and tangential board.

*1. 接受 1990年 10月 5日 Received October 5, 1990

本 研究는 韓國科學財團 學術研究費에 의하여 遂行되었음.

*2. 慶尙大學校農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

5. The annual ring width by four aspect is more narrow in north and west than that of others.
6. The values of specific gravity and dynamic Young's modulus in the mature wood showed higher than those of juvenile wood.
7. As the grain angle in the butt wood more increased to bark from pith, the dynamic Young's modulus were low. Then it was not good for sounding board.
8. It appeared that the heat-treatment for sounding board wood had a more effect to do the treatment of hotiron on surface after heat-treatment during 24 hours in 60°C temperature.
9. As increased with the temperature, the rate of moisture absorption of heat-treatment wood had decreased.

In conclusion, I thought that the sounding board wood for GAYAKUM would had the most effect to do the treatment of hotiron on surface after heat-treatment during 24 hours in 60°C temperature using the radial board of mature wood.

Keywords : conventional GAYAKUM, dynamic Young's modulus, internal friction, flexural vibration, moisture absorption.

1. 緒 論

1400年前 伽倻國의 嘉實王이 唐나라 樂器를 보고 만들었다고 전하는 傳統樂器인 伽倻琴은 先代 匠人들의 傳授를 받아 製作되고 있으나 響板材가 갖고 있는 音響學的 性質에 대한 科學的인 根據를 밝힌 바는 없다.

文化 및 生活水準의 向上으로 傳統樂器 演奏者의 폭이 넓어지고 올림픽 경기와 각종 世界的인 文化行事로 우리 固有樂器에 대한 관심이 고조되게 되었다.

洋樂器에 대한 研究는 피아노를 비롯하여 世界的인 名器로 알려져 있는 스트라디바리우스 바이올린에 대한 심도있는 研究는 많다.¹⁰⁾¹⁵⁾¹⁹⁾

그러나 우리나라 伽倻琴과 거문고에 사용되는 오동나무, 참오동나무 響板材에 대한 研究는 거의 없고 金⁶⁾이 國樂樂器 製作에 關한 研究에서 가야금의 規格과 몇몇 形態를 變更시켜 製作한 가야금으로 청중의 반응도에 따라 좋고 그름을 發表한 바 있다.

樂器의 響板材에 대한 研究動向을 살펴보면 樂器用材의 物性에 대하여 Matsumoto⁹⁾는 피아노 響板材를 선별하는 方法으로서 動的 영率 E와 內部摩擦 Q^{-1} 을 測定하여 사이클당 열로서

소비되는 에너지에 比例하는 量인 Q^{-1}/E 값에 의하여 피아노 響板材의 積성을 評價하였고 Kataoka⁷⁾ 등은 樂器響板用으로 시트카 스프루스材의 動力學的 性質에서 시트카 스프루스는 다른 樹種에 비하여 動的 영率이 크고 內部減衰가 적은 것을 確認한 바 있으며 深田¹¹⁾는 가문비나무, 계수나무, 고로쇠나무 등의 響板用材의 動的 영率 및 內部摩擦에 대한 溫度와 含水率과의 關係에 대하여 報告한 바 있다. 그의 Aoki, Yamada¹²⁾는 樂器用材와 다른 樹種의 粘彈性을 比較하고 그材의 特性을 밝힌 바 있고 洪⁴⁾은 韓國產 響板用材의 振動에 關한 研究에서 우리나라 樂器用材로서 지정한 20個 樹種의 動力學的 性質에 대하여 發表한 바 있다.

옛 先代로 부터 가야금, 거문고에 響板材로 利用되어온 오동나무는 우리나라產 어느 樹種보다 比重에 비하여 彈性率¹³⁾이 높은 特性을 갖고 있다.

木材에 熱處理하면 天然高分子인 木質의 多糖類가 化學的 分解를 일으켜 單糖類와 다른 物質로 合成되어 適當한 熱處理로 彈性率¹⁴⁾이 增加하게 된다. 특히 熱處理의 初期段階에서 結晶化度가 增加되고 또한 結晶化도가 增加되는 條件에서 熱處理된 材의 動的粘彈性을 測定한 結果

損失正接 $\tan \delta$ 가 特히 高周波域에서 減少한다는 報告가 있다.¹²⁾

現在 伽倻琴과 거문고를 製作하고 있는 大部分의 匠人들은 인두로 響板材의 表面을 熱處理하는데 그 目的을 단순히 塗裝에 比하여 더럽혀지지 않고 영구적으로 變하지 않은 것으로만 알고 있을 뿐 熱處理의 根本 影響을 모르고 있는 實情이다. 特히 오동나무는 손가락으로 눌러도 들어갈 정도로 硬度가 약한 까닭에 인두로 熱處理 함으로서 表面硬化가 일어나 기러기 발(雁足)의 눌림에 견디게 하고 彈性率을 높혀 좋은 소리를 낸다는 것을 모르고 있다.

最近 伽倻琴 響板材의 原木 求得이 날로 어려워 지고 있으나 伽倻琴의 수요는 增加하는 추세에 있다.

響板材의 原料인 오동나무를 供試材로 木纖維의 길이를 測定하여 未成熟材와 成熟材를 區分하였으며, 橫方向과 樹軸方向別로 板目試片과 柁目試片을 製作하여 4方位別의 動的彈性率과 內部摩擦을 測定하였다. 또한 傳統 伽倻琴을 解體하여 供試片을 만들어 그의 動力學的 性質을 測定하였으며 各種 熱處理의 結果와 熱處理材에 대한 吸濕率을 測定한 結果를 報告코져 한다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材料

傳統 伽倻琴을 製作하고 있는 大邱와 全州의 國樂器 製作社에서 胸高直徑 29~45cm 範圍(元口 32~50.0cm, 末口 27.5~30.6cm)의 오동나무 (*Paulownia coreana* Uyeki) 6本을 供試材로 하여 4方位別로 3cm 두께의 柁目板을 製作하여 元口에서 末口쪽으로 32cm 길이로 根元에서 A, B, C, D, E, F 등 6段階로 切斷하여 A, C, E板은 板目試片을 製作하고 B, D, F는 柁目試片을 두께 10mm, 幅 20mm, 길이 300mm의 試片을 髓에서 樹皮쪽으로 차례로 製作하여 (缺點部位는 除外) 柁目試片과 板目試片을 각각 202個와 371個 등 總 573個의 供試片을 準備하였다. 또 그림 1의 規格의 伽倻琴의 響板材에서 供試片을 製作하기 위하여 約 30年前에 製作된 것으로 推定되는 가야금을 解體하여 4段階로 切斷하여 上記 規格의 試片을 31個를 製作하였다.

供試材의 未成熟材와 成熟材의 範圍를 알고 겨 木纖維의 길이를 測定하기 위하여 髓에서 樹皮쪽으로 각 年輪마다 試驗軸木을 만들어 試驗管에 넣고 Schurz's液으로 解離시켜 光學顯微鏡

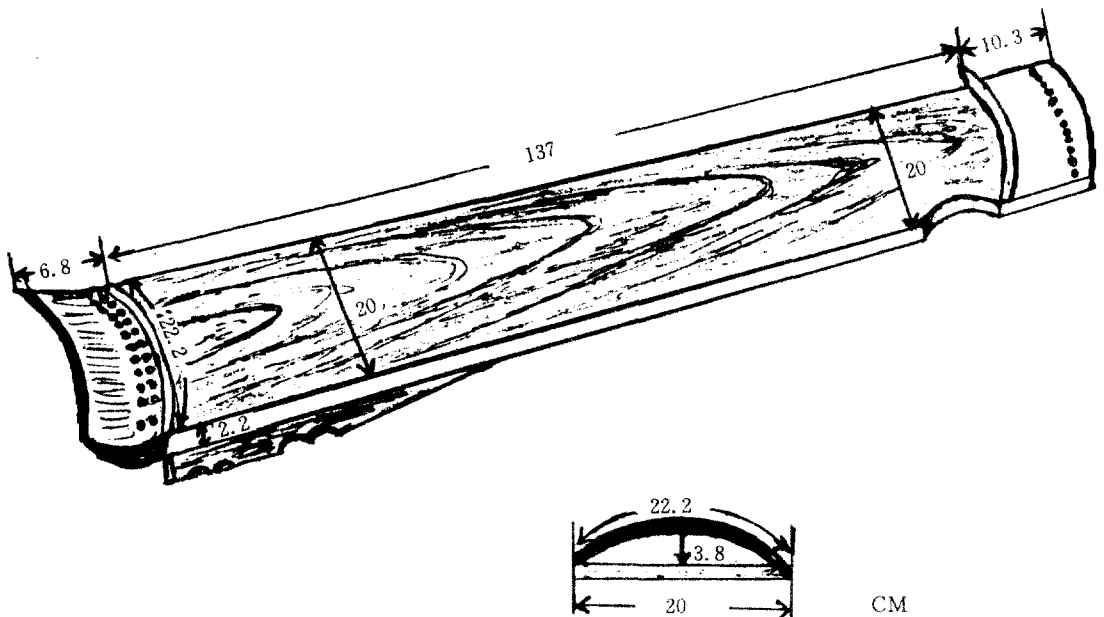


Fig.1. The size of conventional GAYAKUM

으로 각 年輪 마다 100個씩 測定하였다.

熱處理 試片을 板目과 柁目試片에서 動的 영 率在 비슷한 것에서 각각 1個씩 선정하여 溫度 60℃, 80℃, 100℃, 120℃, 140℃, 160℃, 180℃ 別로 60℃에서 80℃까지는 7日間 處理하 고 100℃以上에서는 24時間 熱處理하여 處理溫 度 및 時間에 대한 影響을 조사하고 在來式 인두 熱處理와 가장 適正 熱處理 溫度인 60℃에서 熱 處理한 것을 다시 인두로 熱處理하여 比較하였 다.

上記 熱處理된 試片을 溫度 40℃, 關係濕度 60%, 70%, 80%, 90%, 95%에서 24時間 吸濕 시켜 熱處理에 따른 吸濕의 影響을 比較하였다. 그리고 現在 國樂器 製作者들의 말로는 原木의 最下端部와 上端部는 響板材로 利用치 않는다고 하는데 그 理由를 밝히기 위하여 最下端部位 原木에서 髓에서 樹皮쪽으로 차례로 試片을 製 作하여 그의 動力學的 性質을 測定하였다.

2.2 測定裝置 및 方法

測定裝置는 그림 2와 같이 勵振과 檢出을 電 磁的 方法을 利用한 兩端自由振動法을 適用하 여 一端은 勵振하고 다른 一端은 檢出하는 共振 法에 따라 發振器 出力과 檢出器 出力을 각각 陰 極線 Oscilloscope에 連結하여 發振器의 勵振周 波數를 낮은 쪽에서 점차 높은 쪽으로 올려 檢出

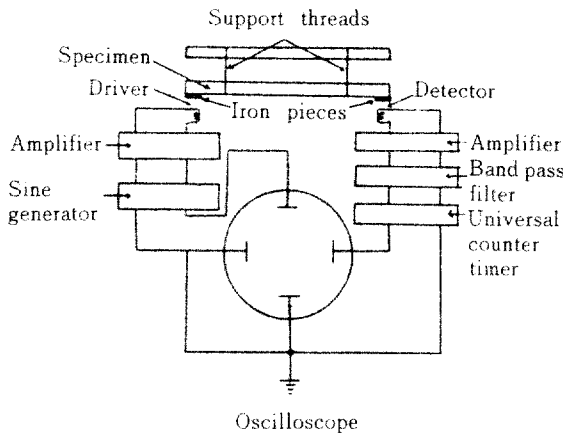


Fig.2. Block diagram of experimental apparatus.

器 出力이 最大의 共振曲線을 그릴 때에 共振周 波數와 內部摩擦을 測定하였는데 모든 機器의 精密度를 維持하기 위하여 供給 電源은 A.C automatic voltage regulator를 裝置하였다.

熱處理는 dry oven과 인두를 사용하고 吸濕 試驗은 恒溫恒濕槽를 利用하였으며 모든 試片 의 무게 測定은 西獨製 Kerns-2000으로 0. 001 g 精度까지 測定하였다.

2.3 計算式

2.3.1 共振周波數와 動的 영率의 計算式

共振周波數 f_0 는 共振曲線이 피크가 되는 位 置로 부터 結定된 것으로 이것은 斷面의 回轉慣 性과 剪斷의 影響을 함께 받는데 共振周波數 f 는 谷下¹⁸⁾ 등이 共譯한 Timoshenko의 補正式을 適用하여 決定하였다.

$$f = f_0(1 + \alpha a^2/L^2) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 a 는 試片의 두께, α 는 振動形式에 따 라 決定되는 定數로서 영率 = 1.0×10^{11} dyne/cm², 剛性率 = 9.0×10^9 dyne/cm²일때 基本振動은 8. 2이다.

動的 영率은 長方形斷面의 막대기 모양의 試 片의 경우 (1)式 f 를 適用하여 長崎¹²⁾가 提案한 다음 式으로 計算하였다.

$$E = 48 \pi^2 \rho \cdot l^2 / m^2 a^2 \dots\dots\dots (2)$$

여기서 ρ 는 比重, m 는 基本振動의 경우 4.73 을 쓰고 l 는 試片의 長이를 表示한다.

2.3.2 內部摩擦의 計算

內部摩擦(Q^{-1})은 振動 1사이클 중에서 物質 의 內部에서 損失되는 에너지를 振動에너지로 除하여 나타낸다. 이것을 測定하는 方法은 여러 가지가 있으나 Kataoka²¹⁾ 등이 適用한 共振曲線 의 半값의 幅 Δf 와 共振周波數 f_0 로 부터 다음 式으로 決定하였다.

$$Q^{-1} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta E}{E} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\Delta f}{f_0} \dots\dots\dots (3)$$

2.3.3 K값의 計算式

Andrev²²⁾가 提案한 K값은 다음 式으로 計算하 였다.

$$K = Q^{-1} \sqrt{E/\rho} \dots\dots\dots (4)$$

3. 結果 및 考察

3.1 오동나무의 木纖維長 變異

오동나무 樹幹內의 材質評價의 基本因子로 木纖維의 길이와 比重이 있고 力學的 材質判定 因子로서 動的彈性率 測定으로 未成熟材의 樹幹內의 配置를 檢討할 수 있다.

未成熟材部 研究의 重要性은 最近 林業의 한 경향인 短伐期林業, 早生林業, 肥培林業 등에서 생산된 木材의 合理的 利用의 觀点에서나 遺傳的 性質과 關連된 研究에서도 큰 意義가 있을 뿐 아니라 未成熟材와 成熟材는 여러가지 面에서 性質이 다르다. 太田¹³ 등은 未成熟材의 力學的 特性에 關한 研究에서 편백의 未成熟材는 約 10年輪 정도범위의 木部로서 成熟材와 未成熟材部의 力學的 性質이 分明히 다르다는 報告가 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 未成熟材部는 6~

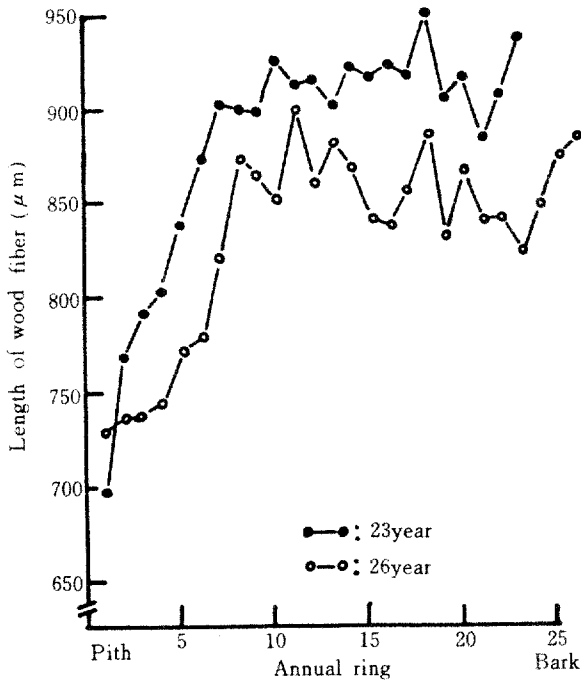


Fig.3. Variation of wood fiber length at zero meter above the ground in 23 and 26 years.

7年輪의 좁은 범위에 있고 木纖維의 길이는 가장 짧은 것이 409 μm 범위로 平均 833 μm로 山林²⁰가 조사한 530-1330 μm와 비슷한 結果를 보였다. 일반적으로 成熟材에 도달하는 期間이 다른 闊葉樹에 비하여 짧은 것으로 인정되나 IAWA에서 규정한 木纖維 길이 의 7등급 中 中間인 4등급에 속한다.

樹齡이 約 110年으로 推定되는 明治 5年 大邱 警察署 後園에 植栽된 오동나무(中心部는 대부분 腐朽하여 空洞임) 材를 1981年 늦가을에 伐採한 平均年輪幅이 0.47mm인 試材에서 樹皮쪽 에서 髓쪽으로 각 年輪別로 木纖維의 길이를 測定한 結果 그림 4와 같이 큰 變異가 없이 387 μm-1325 μm의 범위로 平均 714 μm의 길이로 幼齡木에 비하여 약간 짧은 傾向을 보였다.

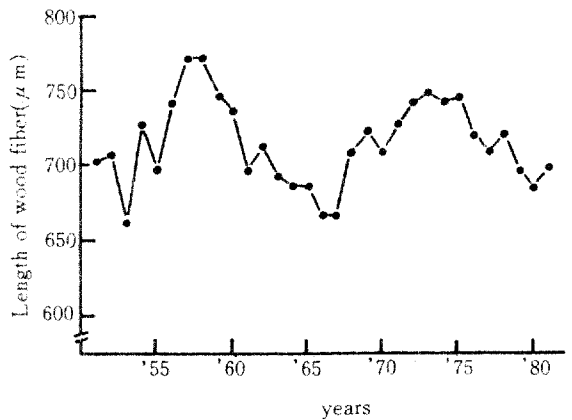


Fig.4. Variation of wood fiber length from '51 year to '81 year for *Paulownia coreana* of 110 years old.

3.2 板目, 柱目板과 在來式 響板材의 動力學的 性質

板目試片 371個와 柱目試片 202個 그리고 傳統 伽倻琴 響板材를 解體하여 만든 試片 31個 등 都合 604個의 比重, 動的영率, 內部摩擦, 共振周波數, 縱波速度, K값과 平均年輪幅은 表 1과 같다.

比重은 板目板이 最小 0.1681에서 最大 0.3687로 平均 0.2633±0.035이고 柱目板이 最小

Table 1. Average values of specific gravity, dynamic Young's modulus, internal friction, resonant frequency, velocity of sound, K values and annual ring width of tangential boards, radial boards and conventional boards

	Tangential boards			Radial boards			Conventional soundboards		
	Min.	Max.	Mean+S.D.*	Min.	Max.	Mean+S.D.*	Min.	Max.	Mean+S.D.*
Number of specimen	371			202			31		
Specific gravity(g/cm^3)	.1681	.3687	.2633 \pm .035	.1703	.3754	.2645 \pm .037	.2382	.3529	.2953 \pm .034
Dynamic Young's modulus ($Ex10^{11}$ dyne/ cm^2)	.1557	.7302	.4234 \pm .112	.1655	.7422	.4316 \pm .123	.3467	.5243	.4283 \pm .037
Internal friction ($Q^{-1} \times 10^3$)	5	21.4	9.08 \pm 2.398	4.6	17.5	8.87 \pm 2.184	5.7	11.8	9.40 \pm 1.304
Resonant frequency(Hz)	370	818	502.9 \pm 68.19	332	607	484.9 \pm 47.71	296	429	363.1 \pm 34.62
Velocity of sound ($\sqrt{E/\rho}$ m/s)	4100	6072	5119.9 \pm 333.4	4127	6127	5131.3 \pm 335.4	4881	5941	5425.3 \pm 310.7
K values($K \times 10^{-4}$)	.808	2.761	1.377 \pm 361	.597	2.712	1.356 \pm .371	.745	1.598	1.227 \pm .211
Width of ann. ring(mm)	.67	2.87	1.536 \pm .558	.68	2.79	1.571 \pm .577	-	-	-
Moisture content(%)	8.5	11.2	9.2 \pm .828	8.6	9.3	9.0 \pm .218	7.1	8.0	7.58 \pm .251

* standard deviation

0.1703에서 最大 0.3754로 平均 0.2645 \pm 0.037이었으며 傳統 響板材는 最小 0.2382, 最大 0.3529, 平均 0.2953 \pm 0.034로 가장 높은 比重値를 보이나 板目과 柎目은 비슷한 값을 나타내었다.

動的영率は 板目板이 0.4234 \pm 0.112($\times 10^{11}$ dyne/ cm^2)으로 柎目板의 0.4316 \pm 0.123($\times 10^{11}$ dyne/ cm^2)보다 낮은 값을 나타내고 傳統響板材는 0.4283 \pm 0.037($\times 10^{11}$ dyne/ cm^2)로 낮은 값을 보였는데 響板材는 柎目板을 利用하는 것이 당연하다고 본다.

内部摩擦은 板目과 柎目이 각각 9.08 \pm 2.398($Q^{-1} \times 10^3$)과 8.87 \pm 2.148($Q^{-1} \times 10^3$)으로 柎目板이 板目板 보다 적은 값을 나타내었다. Kataoka²¹ 등이 시트카 스프루스의 内部摩擦이 6.35 \pm 0.88($Q^{-1} \times 10^3$)이라 보고한 것 보다 약간 높은 값을 보이나 洪⁴¹이 우리나라産 樹種 20個 중 가문비나무가 10.02($Q^{-1} \times 10^3$), 잣나무 11.84($Q^{-1} \times 10^3$), 뽕나무 10.54($Q^{-1} \times 10^3$), 단풍나무 10.57($Q^{-1} \times 10^3$), 동백나무 15.16($Q^{-1} \times 10^3$) 등 17個 樹種이 높은 값을 보였다.

그러나 참오동나무, 구상나무, 오동나무는

비슷한 낮은 内部摩擦을 나타내었다.

共振周波數도 柎目, 板目は 비슷하나 傳統 響板材는 가장 낮은 363.1 \pm 34.62Hz를 보였다.

表 2, 3, 4는 板目, 柎目, 傳統 響板材의 各要因間에 相關關係를 나타낸 것으로서 傳統 響板材를 除外하고는 다 같이 높은 相關을 나타내고 있다.

그림 5, 6은 比重, 動的영率, 内部摩擦, 共振周波數, 縱波速度, K값과 平均年輪幅의 分布와 平均値를 나타낸 것으로 대부분 넓은 範圍의 分布를 볼 수 있다.

특히 比重과 動的彈性率과의 關係는 그림 7, 8에서 보는 바와 같이 比重이 增加하면 動的영率도 直線的으로 增加됨을 알 수 있는데 板目과 柎目の 相關關係가 각각 0.7255와 0.8022로 높은 相關을 나타내었으나 그림 9에서 보는 바와 같이 柎目板의 比重과 内部摩擦과의 關係는 比重이 增加함에 따라 完滿히 内部摩擦이 줄어들을 알 수 있다. 즉 比重과 内部摩擦의 相關係數는 -0.4076으로 1%水準의 有意性이 있다. 이러한 結果는 高橋¹⁶⁾가 나한백의 比重과 動的諸性質에 關한 不均質性的의 檢討에서 對數減衰率

Table 2. Correlation coefficients of tangential boards

	S.G.	E	Q^{-1}	f	$\sqrt{E/e}$	K	W
S.G.	-						
E	.7255**	-					
Q^{-1}	-.2219**	-.5520**	-				
f	.0521	.2255**	-.4069**	-			
$\sqrt{E/e}$	.9979**	.7207**	-.2156**	.0535	-		
K	-.6015**	-.5400**	.8159**	-.3334**	-.6017**	-	
W	-.3586**	-.2419**	.2733**	-.4397**	-.3580**	.4387**	-

Notes: S.G.: specific gravity(g/cm³), E; dynamic Young's modulus(E x 10¹¹ dyne/cm²), Q; internal friction(Q⁻¹ x 10³), f; resonant frequency(Hz), $\sqrt{E/\rho}$; velocity of sound (m/s), K; K value(K x 10⁻⁴), W; width of ann. ring(mm). **; significant at 1% level.

Table 3. Correlation coefficients of radial boards

	S.G.	E	Q^{-1}	f	$\sqrt{E/e}$	K	W
S.G.	-						
E	.8022**	-					
Q^{-1}	-.4075**	-.5951**	-				
f	.3724**	.6938**	-.6703**	-			
$\sqrt{E/e}$	.9987**	.8006**	-.4110**	.3803**	-		
K	-.6892**	-.5792**	.8564**	-.4975**	-.6972**	-	
W	-.3492**	-.2335**	.3648**	-.3389**	-.3437**	.4923**	-

**; significant at 1% level

Table 4. Correlation coefficients of conventional soundboards

	S.G.	E	Q^{-1}	f	$\sqrt{E/e}$	K
S.G.	-					
E	-.0868	-				
Q^{-1}	.3262**	-.5797**	-			
f	-.5752**	.6593**	-.7761**	-		
$\sqrt{E/e}$	.9996**	-.0924	.3273**	-.5774**	-	
K	-.7603**	-.1333	.3191	.1202	-.7636**	-

**; significant at 1% level.

*; significant at 5% level.

이 比重이 增加하면 減少한다는 研究 結果와 一致한다.

現在 伽倻琴, 거문고 製作者들도 옛날 先代로부터 전해들은 척박한 石山에서 長期間 자연 年輪幅이 좁고 결이 고른 단단한 오동나무가 소리

통 감으로 좋은 것으로 알고 있다.

3.3.4 方位別과 未成熟材 및 成熟材의 比較

4 方位別의 比重, 動的 營率, 內部 摩擦 및 平均 年輪幅을 比較하면 表 5와 같이 比重과 動的 營

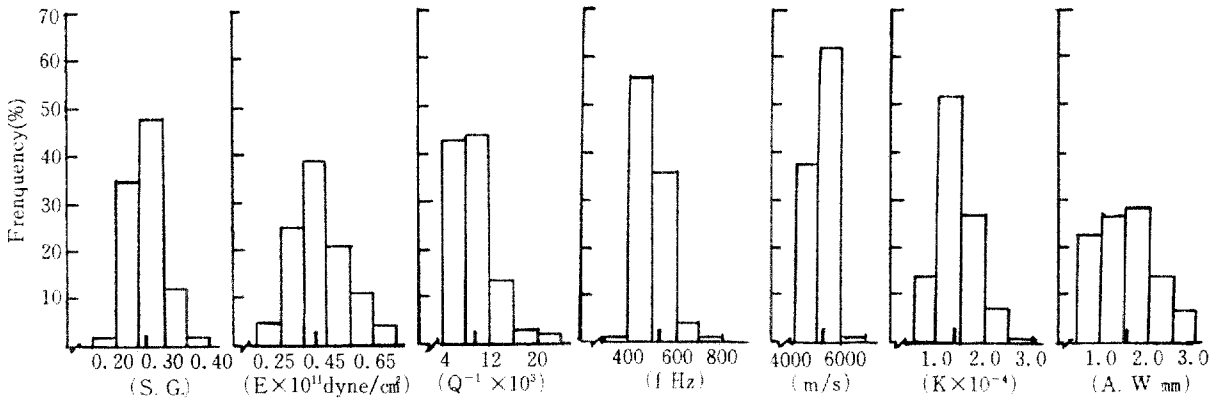


Fig.5. Frequency histograms for specific gravity, dynamic Young's modulus, internal friction, resonant frequency, velocity of sound, K value and annual ring width of tangential boards. The short heavy line shows the average value of 371 specimens.

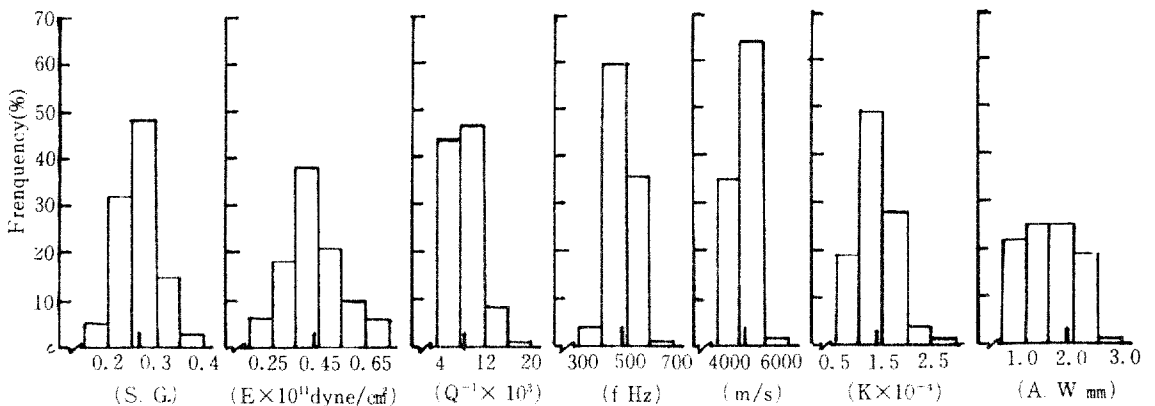


Fig.6. Frequency histograms for specific gravity, dynamic Young's modulus, internal friction, resonant frequency, velocity of sound, K value and annual ring width of radial boards. The short heavy line shows the average value of 202 specimens.

率は北西쪽이 높고 南東쪽이 낮은 값을 나타내는데 이는 平均年輪幅에서도 北西쪽이 좁고 南東쪽이 넓게 나타나는 것과 一致함은 年輪幅이 좁을 수록 比重이 增加하기 때문이다. 특히 오동나무는 生長速度가 빠르기 때문에 方向에 따른 動的彈性率의 變異가 큼을 알 수 있다.

表 6은 板目 및 柁目板材에서 未成熟材와 成熟材別로 각각 60本の 試片에서 比重, 動的영率 및 内部摩擦을 比較한 것으로 未成熟材의 板目 및 柁目板의 平均比重이 각각 0.2215와 0.2273

으로 비슷하고 成熟材部도 각각 0.2750과 0.2868으로 비슷한 값을 나타내나 成熟材의 比重이 未成熟材에 비하여 높다. 動的영率도 未成熟材의 板目 및 柁目板이 각각 $0.3410(\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 와 $0.3332(\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 인데 비하여 成熟材는 그 보다 훨씬 높은 $0.4485(\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 와 $0.5179(\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 으로 未成熟材와 成熟材의 動的彈性率 差異가 현격함을 알 수 있다. 그러나 内部摩擦은 8.45에서 10.16사이로 뚜렷한 傾向을 나타내지는 않았다. 따

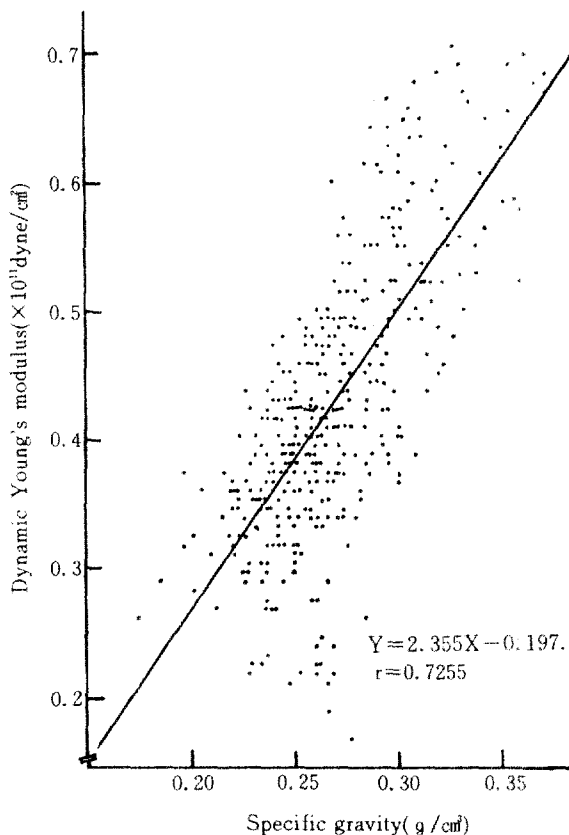


Fig.7. Relationship between specific gravity and dynamic Young's modulus of tangential boards.

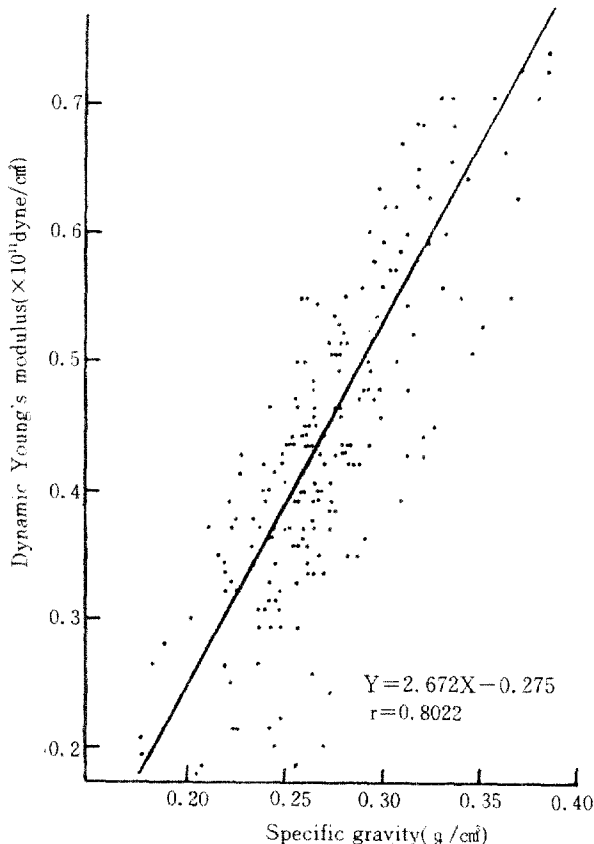


Fig.8. Relationship between specific gravity and dynamic Young's modulus of radial boards.

라서 伽倻琴 響板材는 未成熟材와 成熟材를 區分하여 成熟材로서 製作하여야 할 것이다.

3.4 根元部材의 動的영률과 內部摩擦

伽倻琴 製作人들의 말로는 原木을 伐採하여 根元部材의 1尺半 程度는 향판재로 쓰지 않는다고 하는데 그 原因을 究明하기 위하여 根元徑 47cm인 材에서 髓에서 1cm 間隔으로 15個의 試片을 製作하여 動的영률과 內部摩擦을 測定하였다. 그림 10과 같은 結果를 얻었다.

이 그림에서 보는 바와 같이 髓에서 樹皮쪽으로 10cm 거리까지는 纖維走向角度가 18度 정도로 완만히 증가하다가 10cm 以後 부터는 24度까지는 급격히 角度가 增加하였는데 이 結果 髓에서 樹皮쪽으로 갈수록 動的영률은 急激히 낮아

지고 內部摩擦은 增加됨을 알 수 있다. 이와같은 結果는 外崎¹⁷⁾ 등이 縱振動과 비틀림振動에 의한 시트카 스프루스의 振動特性에서 柁目面內의 纖維傾斜角 0°에서 90°까지 7段階에서 E는 감소하고 tan δ는 증가된다는 結果와 一致하여 根元部材는 適正한 響板材가 될 수 없음을 立證할 수 있다.

3.5 熱處理材의 動力學的 性質

3.5.1 熱處理後의 動的彈性率 및 內部摩擦

傳統 伽倻琴의 響板材는 불에 달군 인두로 表面을 熱處理하는데 伽倻琴 製作人들은 塗料를 칠하는 것 보다 때가 묻지 않고 영구적으로 變하지 않기 때문에 알고 있다. 가야금외에 大琴 製作에서도 3年以上 木은 쌍골죽을 베어 불로

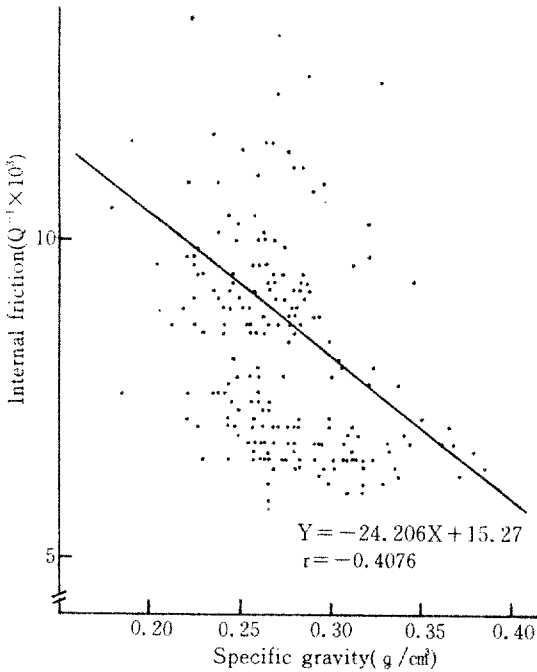


Fig.9. Relationship between specific gravity and dynamic Young's modulus of radial boards.

열처리하여 취구, 청공, 지공 등의 구멍을 뚫어 대륜을 만드는데도 木質에 熱處理하는 根本的인 目的을 모르고 있는 실정이다.

木材를 加熱處理하면 材內의 吸濕性이 가장 강한 헤미셀룰로오스가 熱에 의하여 furfural과 다양한 糖類로 分解되어 이들 사이에서 물에 不溶인 重合體가 形成되어 吸濕性이 감소되고 結晶領域이 增加되며 木材 成分의 分解가 일어난다.

이와 같은 結果로 收縮과 膨潤, 機械的 性質과 含水變化에 影響을 미친다는 研究 報告가 많다.

그림 11은 溫度 60℃에서 180℃까지 處理時間에 따른 動的영률과 內部摩擦을 나타낸 것으로서 60℃에서 1週日間 處理한 材는 24時間 以後부터 거의 安定된 狀態이나 80℃ 處理材는 時間이 경과 함에 따라 약간씩 彈性率이 낮아짐을 볼 수 있으며 100℃以上 溫度가 增加할 수록 動的 彈性率의 減少는 急激히 낮아졌다. 그러나 內部

Table 5. Comparison of specific gravity, dynamic Young's modulus, internal friction and annual ring width of tangential and radial boards in 4 directions

	Tangential boards				Radial boards		
	Direction	Min.	Max.	Mean ± S.D	Min.	Max.	Mean ± S.D
Specific gravity (g/cm³)	S	.1894	.3340	.2617 ± .030	.1703	.3412	.2630 ± .034
	N	.1895	.3687	.2737 ± .043	.1825	.3754	.2705 ± .047
	E	.1681	.3205	.2553 ± .028	.1770	.3173	.2611 ± .031
	W	.1800	.3364	.2649 ± .035	.1972	.3303	.2669 ± .033
Dynamic Young's modulus (x10 ¹¹ dyne/cm²)	S	.2154	.6550	.4126 ± .092	.1911	.6869	.4214 ± .101
	N	.1557	.7012	.4453 ± .114	.1875	.7422	.4678 ± .133
	E	.1976	.6801	.4080 ± .123	.1752	.6828	.4142 ± .131
	W	.2561	.7302	.4381 ± .118	.1655	.7059	.4353 ± .133
Internal friction (Q ⁻¹ x10 ³)	S	6.3	16.6	8.86 ± 2.266	6.3	12.5	8.48 ± 1.678
	N	6.5	15.4	8.57 ± 1.909	4.6	15.0	8.20 ± 2.054
	E	5.0	21.4	9.72 ± 2.921	5.8	15.3	9.32 ± 2.262
	W	6.3	14.8	9.21 ± 2.155	6.2	17.5	9.74 ± 2.750
Width of ann. ring (mm)	S	1.1	2.87	1.90 ± .600	1.1	2.79	1.86 ± .590
	N	.81	2.09	1.39 ± .507	.83	2.03	1.38 ± .524
	E	.90	1.93	1.41 ± .388	.88	2.50	1.51 ± .567
	W	.67	1.81	1.22 ± .363	.69	1.80	1.28 ± .383

Note: S.D; standard deviation, S; south, N; north, E; east, W; west.

Table 6. Comparison of specific gravity, dynamic Young's modulus and internal friction of juvenile and mature wood in tangential and radial boards.

Direction	Juvenile wood			Mature wood		
	S.G.(g/cm ³)	E x 10 ¹¹ dyne/cm ²	Q ⁻¹ x 10 ³	S.G.(g/cm ³)	E x 10 ¹¹ dyne/cm ²	Q ⁻¹ x 10 ³
Tangential boards	.2215 ± .026	.3410 ± .048	9.02 ± 1.72	.2750 ± .022	.4485 ± .092	9.25 ± 1.71
Radial boards	.2273 ± .031	.3332 ± .084	10.16 ± 2.83	.2868 ± .034	.5179 ± .101	8.45 ± 2.02

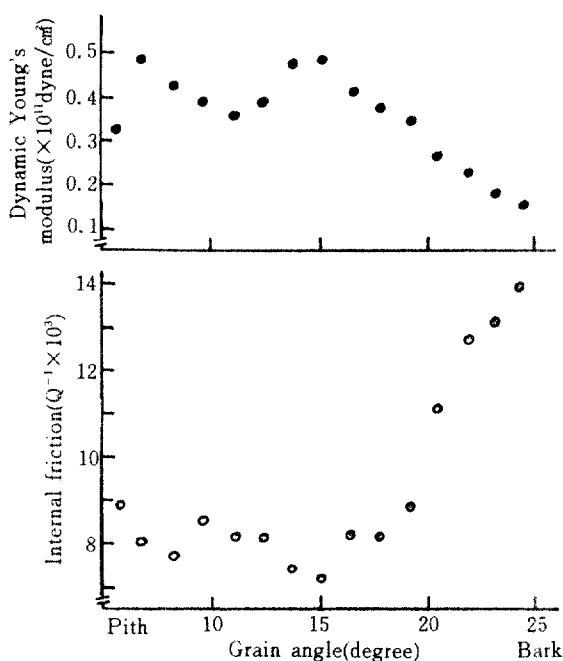


Fig.10. Relationship between the grain angle, dynamic Young's modulus and internal friction in the butt wood.

摩擦은 未處理材 보다 낮아졌으나 温度 增加에 따른 큰 變化는 없었다.

表 7은 未處理材와 在來式 인두 열처리재의 動的彈性率을 比較한 것으로 未處理材의 柎目, 板目板이 각각 0.4688(×10¹¹dyne/cm²)와 0.4675(×10¹¹dyne/cm²)였는데 인두處理材는 각각 0.4759(×10¹¹dyne/cm²)와 0.4694(×10¹¹dyne/cm²)로 약간의 增加를 나타내지마는 表 8에서 보는 바와 같이 60℃에서 熱處理한 것을 在來式인두로 表面處理한 것과 比較하면 未處理材

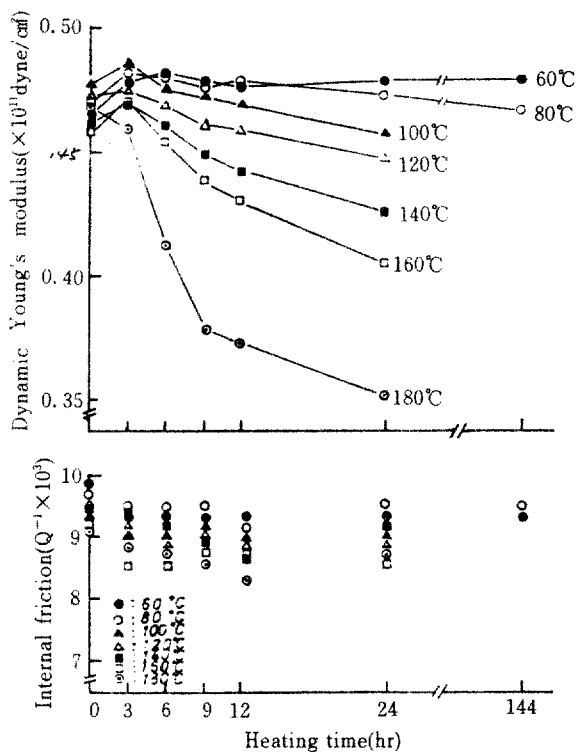


Fig.11. Effect of heat-treatment on dynamic Young's modulus and internal friction of *Paulownia coreana*.

의 柎目, 板目板이 각각 0.4673 (×10¹¹dyne/cm²)과 0.4747(×10¹¹dyne/cm²)인데 비하여 處理材는 각각 0.4762(×10¹¹dyne/cm²)과 0.4895 (×10¹¹dyne/cm²)로 높은 動的彈性率이 增加할 뿐 아니라 表面硬化를 시켜 響板材를 단단하게 하는 意味에서 좋은 處理結果라 생각된다.

3.5.2 熱處理材의 吸濕性

表 9는 熱處理 温度 60℃, 80℃, 100℃,

Table 7. Comparison of untreated and heat treatment of hotiron in radial and tangential boards

Direction	Control				Heat treatment of hotiron			
	S.G.	$E \times 10^{11}$ dyne/cm ²	$Q^{-1} \times 10^3$	f(Hz)	S.G.	$E \times 10^{11}$ dyne/cm ²	$Q^{-1} \times 10^3$	f(Hz)
Radial board	.3022	.4688	7.4	470	.3003	.4759	7.2	475
Tangential board	.2613	.4675	7.1	496	.2592	.4694	7.1	499

Table 8. Comparison of untreated, heat-treatment of 60°C and heat-treatment of hotiron in radial and tangential boards

Direction	Control				Heat-treatment of 60°C				Heat-treatment of hotiron			
	S.G.	$E \times 10^{11}$	$Q^{-1} \times 10^3$	f(Hz)	S.G.	$E \times 10^{11}$	$Q^{-1} \times 10^3$	f(Hz)	S.G.	$E \times 10^{11}$	$Q^{-1} \times 10^3$	f(Hz)
Radial board	.2871	.4673	12.1	484	.2849	.4715	9.6	488	.2854	.4762	9.5	490
Tangential board	.2533	.4747	9.0	519	.2510	.4852	8.8	527	.2513	.4895	8.8	529

Table 9. Results of moisture absorption test for 24 hour in heat treatment and heat-treatment of hotiron

Heating temp.(°C)	Relative humidity(%)				
	60%RH	70%RH	80%RH	90%RH	95%RH
	M.C.(%)	M.C.(%)	M.C.(%)	M.C.(%)	M.C.(%)
60	7.7	8.1	9.5	9.7	10.1
80	7.5	7.6	9.2	9.4	9.9
100	7.5	7.6	9.1	9.3	9.9
120	7.4	7.5	9.0	9.2	9.6
140	6.6	6.7	7.0	7.7	8.6
160	6.2	6.3	6.7	7.0	7.6
180	3.5	4.5	5.7	5.8	6.1
Hotiron	7.4	7.7	8.0	8.4	8.8

120°C, 140°C, 160°C, 180°C 別로 熱處理한 것과 在來式 인두로 熱處理한 것을 溫度 40°C, 關係 濕度 60%, 70%, 80%, 90%, 95% 別로 24時間 恒溫恒濕槽에서 吸濕率을 測定한 結果인데 吸濕率이 增加할 수록 動的彈性率이 떨어져지고 內部摩擦이 增加된다는 研究 結果가 報告된 바 있다.⁵⁾¹¹⁾

熱處理 溫度의 增加에 따라 吸濕性이 減少됨

을 알 수 있으며 在來式 인두 熱處理한 것도 상당히 吸濕性이 改善됨을 알 수 있다. 以上の 結果는 Salamon¹⁴⁾ 등이 헤미셀룰로오스가 열에 의하여 分解되기 때문에 吸濕性이 減少된다는 報告와 洪⁵⁾이 시트카 스프루스와 오동나무의 熱處理材의 動的粘彈性에서 밝힌 바와 같은 結果와 一致한다.

4. 結 論

傳統 伽倻琴의 響板材를 改善하기 위하여 兩端自由振動裝置를 利用하여 오동나무를 供試材로 部位別, 方位別로 柁目試片 202個와 板目試片 371個 그리고 傳統 響板材에서 31個 등 총 604個의 供試片을 만들어 比重, 動的영率, 內部摩擦, 共振周波數, 縱波速度 및 平均年輪幅을 測定하고 未成熟材와 成熟材를 確認하기 위하여 木纖維의 長이를 測定하여 未成熟材의 範圍를 區分하였으며 各種 熱處理材에 대한 動力學의 性質과 吸濕性을 究明하고 傳統 伽倻琴의 響板材를 解體하여 그의 動的영率과 內部摩擦을 測定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 오동나무의 未成熟材는 7年輪以內에 存在한다.

2. 柁目板이 板目板에 比하여 動的영率이 높고 內部摩擦이 적어 響板材로 適合하였다.

3. 比重이 增加함에 따라 動的彈性率은 增加되었으나 內部摩擦은 完만히 減少하는 傾向을 보였다.

4. 在來式 響板材의 動的영率이 $0.4283 \pm 0.037 (\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 로 柁目板의 $0.4316 \pm 0.123 (\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 보다 조금 낮은 값을 보였으나 板目板의 $0.4234 \pm 0.112 (\times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$ 와는 비슷한 값을 보였다.

5. 4方位別의 動的영率은 年輪幅이 좁고 比重이 높은 西, 北쪽이 南, 東쪽에 比하여 높게 나타났다.

6. 成熟材가 未成熟材에 比하여 比重과 動的彈性率이 높게 나타났다.

7. 根元部材는 纖維走向角度가 髓에서 樹皮 쪽으로 增加함에 따라 動的영率은 낮아지고 內部摩擦은 增加되어 響板材로서 不適合 하였다.

8. 響板材의 適正한 熱處理 溫度는 60°C 로 24時間 熱處理後 響板材의 表面에 인두로 熱處理하는 것이 가장 좋은 結果를 얻을 수 있다.

9. 熱處理材의 吸濕率은 處理 溫度가 높을 수록 낮아졌다.

以上の 結果에서 伽倻琴 響板材는 成熟材의

柁目板을 利用하여 60°C 溫度에서 24時間 熱處理한 後에 인두로 響板材의 表面을 熱處理하는 것이 좋은 響板의 改善策이라 思料된다.

參 考 文 獻

1. Aoki, T and T. Yamada. 1972. The viscoelastic properties of wood for the musical instruments I, Wood reserch, 52 : 13-30.
2. 安藤由典. 1973. 樂器의 音響學, 音樂의 友社, p. 145-147.
3. 長谷伸茂, 奥山 剛. 1987. ピアノ 木材小部品の品質管理, 木材學會誌, 33(2) : 108-114.
4. 洪秉和. 1983. 韓國產 響板用材의 振動的 性質에 關한 研究, 慶尙大學校 論文集, 22 : 31-59.
5. 洪秉和. 1986. 熱處理木材의 動的粘彈性, 木材工學, 14(2) : 13-20.
6. 金正斗. 1978. 國樂樂器 製作에 關한 研究, 伽倻琴을 中心으로 한 金正斗式樂器, 中央大學校 大學院, 1-27.
7. Kataoka, A. and T. Ono. 1976. The dynamic mechanical properties of Sitka spruce used for sounding boards, J. Japan wood res. soc, 22(8) : 436-443.
8. Kataoka, A. and T. Ono. 1975. The relations of experimental to the vibration and measuring values of dynamic mechanical properties of wood. 1. The experiment errors due to the measuring apparatus, J. Japan wood res. soc., 21(10) : 524-550.
9. Matsumoto, T. 1956. Studies on the measurement of the dynamic modulus E of wood by the transverse vibration, J. Fac. Agri., Iwate univ., 3 : 46-61.
10. 則元 京. 1982. 樂器用材의 物性(第一報), 피아노 響板材의 選別에 關하여, 木材學會誌, 28(7) : 407-413.

11. Nakao, T. Okano, T. and I. Asano. 1983. Effect of heat treatment on the loss tangent of wood, J. Japan wood res. soc., 29 (10) : 657-662.
12. 長崎誠三. 1963. 金屬物理實驗, アグネ p. 38.
13. 太田貞明 渡邊治人. 松本 勳. 堤壽一. 1968. 未成熟材 の 力學的 特性に 關する 研究, 木材學會誌, 14(5) : 261-268.
14. Salamon, M. 1965. Effect of high-temperature drying on quality and strength of Western hemlock, For. Prod. J., 15(3) : 122-126.
15. 外崎眞理雄. 剛野 健. 太田正光. 1987. ベイオリン 響板の振動, 木材學會誌, 33(7) : 552-557.
16. 高橋 徹. 1971. ヒバ材の比重と動的諸性質に關する不均質性の検討, 木材學會誌, 17 (9) : 369-375.
17. 外崎眞理雄. 剛野 健. 淺野楮久夫. 1983. 縱振動およびたわみ振動によるシトカスブルースの振動特性, 木材學會誌, 29(9) : 547-552.
18. 谷下市松. 渡邊 茂. 1974. 工業振動學, 東京圖書, p. 297-302.
19. 矢野浩之. 木京代純輔. 則元 京, 1988. ヒョアノ板の改良, 木材學會誌, 34(2) : 94-99.
20. 山林 暹. 1938. 朝鮮木材の識別, 養賢堂, p. 253-254.