

바이올린 플레이트의 塗裝處理가 吸濕性과 진동모드에 미치는 影響*1

權 周 瑢*2 · 鄭 希 錫*2

Effects of Finishing of Violin Plate on Its Adsorption and Vibration Modes

Ju-Yong Kwon*2 · Hee-Suk Jung*2

ABSTRACT

This study was carried out to compare vibrational properties and adsorption among shellac, cashew finished plate and untreated plate of Sitka spruce(*Picea sitchensis* Carr). By the method of statistical regression modeling, the fundamental resonance frequency of finished plate was higher than that of untreated plate. The fundamental resonance frequency of cashew finished plate was higher than that of shellac finished plate. By the method of modal analysis, mode frequency ratio of cashew finished plate was higher than that of shellac finished palte. Amounts of adsorption of finished plate was lower than that of untreated plate, and amount of adsorption of cashew finished plate was lower than that of shellac finished plate. It was clarified that the vibrational properties and adsorption of finished plate were superior to those of untreated plate. The vibrational properties and adsorption of cashew finished plate was superior to those of shellac finished plate.

Keywords : shellac, cashew, statistical regression modeling, modal analysis

1. 서 론

목재의 공명과 음의 방사성질의 원리는 악기제조에 이용되어 왔다. 피아노, 실로폰, 오르간 파이프, 기타 및 바이올린 등의 악기는 목재의 진동능력과 음파를 공기중에 방사할 수 있는 성질을 이용한 것이다. 목재는 탄성계수 대 밀도비율이 다른 재료보다 크고 목재 중에서도 바이올린용 재목은 탄성계수 대

밀도 비율이 큰 재목을 요한다. 여러 수종 중에서 가문비나무는 다른 수종에 비하여 낮은 밀도, 높은 영률과 낮은 내부마찰을 가지기 때문에 현악기용에 좋은 수종으로 알려져 있다. 목재는 친수성 재료로서 목재 세포벽의 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스는 흡습성이 매우 크기 때문에 주위의 대기 온도와 상대습도가 변함에 따라 목재의 함수율은 따라서 변동하게 된다. 즉 목재의 함수율은 대기의 습도가 낮거나 온

*1. 접수 : 1998년 4월 24일 Received April 1998

*2. 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과 Department of Forest Products, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, KOREA

도가 높으면 방습하고, 반대로 습도가 높거나 온도가 낮으면 흡습하는 등 함수율이 변하고, 그에 따라 세포벽이 수축과 팽윤을 일으켜 여러 가지 물리적 성질들이 변화하게 된다. 따라서 木製 악기의 경우에는 보관 장소나 연주 장소에 따라 흡습하거나 방습하여 음향적 성질이 바뀌는데 이것은 목재의 함수율 변화로 인한 물리적인 성질과 기계적인 성질의 변화가 바로 악기향판의 진동특성에 영향을 미치기 때문이다. 목재를 건조하여 전수축(preshrinkage)을 예방하고 있으나, 한번 건조된 목재일지라도 함수율 변화에 따른 치수 變動(movement)에 의한 치수 不安定性에 의해 여러 가지 문제점이 야기될 수 있다. 또한 바이올린 음향판과 같이 모든 부분에서 조여져 있는 목재 플레이트(plate)가 습도변화에 노출될 때에는 수축과 팽윤에 따른 내부응력에 의해서 변형되거나 파괴될 수 있다. 이와 같은 목재와 수분의 관계로 인한 악기의 음질유지를 위해 도장의 중요성이 강조되고 있다. 악기의 경우 다른 목공품의 도장과 다른 점은 스트라디바리의 바이올린의 비법의 하나가 도장에 있다고 하는 것과 같이 기타 및 바이올린 등의 현악기, 피아노의 향판(響板) 등에 있어서는 도료의 종류, 도막의 두께가 음질이라고 하는 악기 본래의 기능과 밀접한 관계가 있다고 하며, 일반적으로 도장 후에 바이올린은 음질의 변화가 나타난다고 알려져 있으나, 그 원인이나 변화 정도는 과학적으로 밝혀져 있지 않다. 악기용 도장의 어려움도 여기에 있다. 고급 바이올린의 도장에 있어서는 세락(shellac)이 많이 사용되어 왔고, 옷은 예로부터 우리 고유의 도료로서 내구성이 필요한 기물(器物)에 사용되어 왔었다.

본 실험에서는 전통적으로 사용하고 있는 세락과 가격이 저렴하면서도 사용이 용이한 카슈(cashew)를 바이올린 플레이트에 도장하고, 세락과 카슈 도장 및 무처리 바이올린 플레이트 사이에 진동적 성질과 흡습성을 비교하였다. 지금까지 도장처리한 바이올린 플레이트의 진동적 성질 평가에 많이 사용하지 않았던 여러 가지 변수를 전체적으로 감안한 통계적 회귀 모델링 방법을 적용하여 기본 공진주파수를 비교하고, 모드해석(modal analysis)방법을 적용하여 각각의 모드별로 공진주파수와 감쇠비를 비교하여 도장 처리에 의해 바이올린 플레이트의 진동적 성질에 어떻게 영향하는가와 아울러 도장에 의한 흡습성 차이를 구명하였다.

악기에 이용되는 목재의 음향적 성질에 관한 보고로는 Tonosaki 등(1985)은 “板振動實驗에 의한 목재의 音響的 性質의 評價”에서 振動的 性質이 크게 다

른 12수종을 공시하여 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 알아내고, 악기용재의 명확한 判別方法을 보고하였다. Tonosaki 등(1987)이 바이올린 공명판의 노드 패턴(nodal pattern), 공진진동수, 손실 감쇠가 목재의 진동 특성인 영률, 손실정점(loss tangent)과 어떠한 관계를 갖는지에 대하여 보고한 바 있으며, Yano 등(1989)은 피아노 향판으로 쓰이는 가문비 나무 등 여러 침엽수에 대하여 방사방향의 음향 특성에 관해 연구한 결과, 우수한 향판재로 알려진 가문비나무의 방사방향 음향적 성질이 삼나무, 편백나무 그리고 western redcedar보다 열등함을 보고하였다. Takeshi(1991)는 악기 중에서도 바이올린의 고가 제품과 일반 제품 차이에 대하여 보고하였고, Yano 등(1992)은 바이올린 공명판 재료인 독일 가문비나무와 단풍나무의 음향 특성을 조사하여 비중이 작을수록 음전환효율(acoustic converting efficiency)이 컸고, 기타의 뒷판으로 사용되는 Brazilian rosewood의 음향 특성이 추출물의 영향을 크게 받는다고 보고하였다.

響板材의 美觀과 板의 보호를 위한 도장이 진동적 특성에 미치는 영향에 대한 보고로는 小林(1975)은 響板用 목재에 폴리우레탄과 아민알키드 수지 등 4종의 塗料를 塗布한 후, 振動實驗을 수행한 결과 도료의 종류와 도포량에 따라 음향성이 달라지고 이방성이 감소됨을 보고하였다. Schelleng(1968)은 목재의 진동적 성질은 온도와 습도의 영향을 받고 수분의 영향을 어느 정도 예방하기 위해서는 도장을 해야하나, 과도한 도장은 진동을 억제시키고 공진크기를 상당히 줄인다고 하였다. Minato 등(1995)은 시중에서 사용되고 있는 cellulose nitrate varnish에 비해 전통적으로 바이올린의 플레이트의 도료로 사용되고 있는 세락의 우수성을 밝혔다.

바이올린 플레이트에 관한 보고에서 Stetson과 Powell(1966)은 holographic interferometry를 이용하여 자유 바이올린 플레이트의 진동모드를 가시화하였으며, Leissa(1970)는 “plate vibration”에서 板의 振動모드와 境界條件의 변화에 따른 여러 가지 振動數 方程式(frequency equation)을 제시하였다. Hutchins(1981)은 좋은 소리와 관련된 자유 플레이트의 진동모드를 결정하였다. 그리고 Jansson(1977)은 바이올린의 공기모드에 관하여 보고하였고, Marshall(1985)은 바이올린의 진동거동을 모드해석 방법으로 연구하여 현을 제거한 바이올린은 선형 2차 시스템으로 모델링이 가능함을 보였고 진동거동

은 실제 정상모드의 합으로 표현하였다. Jansson 등 (1989)은 바이올린 플레이트의 경계조건과 관계된 실험을 하였는데, 경계조건에 따라 공진주파수의 큰 차이는 생기지만 자유 플레이트의 5번째 모드와 바이올린의 기본 모드가 관계가 있다고 보고하였다. Bissinger(1995)는 바이올린을 250시간 연주 전과 후를 모드해석방법으로 비교하였는데 연주 후에 공진주파수는 감소하였고, 감쇠는 비슷하다고 보고하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

2.1.1 공시수종

본 실험에서 사용한 樹種은 바이올린의 앞판에 관행적으로 사용되고 있는 Sitka spruce(*Picea sitchensis* Carr.)를 供試하였다.

2.1.2 시험편의 조건

(주)심로악기에서 제작한 바이올린 앞판 30매를 구입하여 온도 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 2\%$ 의 항온 항습기에서 조습처리한 후 음향성과 흡습성을 측정하였다.

2.1.3 시험편의 수량

고유진동수 측정과 흡습성 실험에서 세락과 카슈 도장 처리재와 무처리재의 수량은 각각 10매를 사용하였다. 그리고 진동모드해석 실험에서는 무처리재 중 2매를 골라 무처리재의 모드실험을 하고 첫 번째 세락과 카슈 도장 처리 후 첫 번째 모드실험을 한 후 다시 도장처리하여 두 번째 모드실험을 하였다.

2.1.4 도장처리

세락 도장처리는 자연산 동물성 수지(갑각류 종류의 분비물)로서 고급 바이올린의 도장에 사용되어왔던 Günther社 제조의 세락 대 95% 에탄올의 부피비를 1:6.8로 용해한 뒤 바이올린 플레이트 표면에 붓칠한 후 상온에서 경화시켰으며, 본래 이름이 Cashew nut shell liquor(CNSL)라고 하는 카슈(cashew)를 에나멜 회석제로 중량비 1:1로 용해한 뒤 바이올린 플레이트 표면에 칠한 후 상온에서 경화시켰다. 공진진동수 측정시 플레이트에 10회 도포한 후 도포량과 모드해석 측정시 7회 도포후 첫 번째 실험과 12회 도포후 두 번째 실험시 도포량은 Table 1과 같다.

Table 1. Finishing amount of plate for resonance frequency and modal analysis

Method of measurement	Finishing material	Finishing amount (g/100cm ²)	
Resonance frequency measurement	Shellac	1.4	
	Cashew	2.8	
Modal analysis	1st	Shellac	1.1
		Cashew	0.4
	2nd	Shellac	1.8
		Cashew	0.9

2.2 실험장치

자유진동의 공진주파수와 진동모드를 측정하기 위해 사용한 실험장치는 Fig. 1과 같이, DYTRAN사 A/D converter로 Workstation에 연결하여 분석하였다. 시험편은 플레이트의 공진주파수에 지지대의 영향을 피하기 위하여 고무줄로 매달아 지지하였고, 가진(加震)방향과 90° 가 되게 지지함으로써 강제모드의 고유진동수를 되도록 작게 하여 바이올린 플레이트 고유진동수에 영향을 끼치지 않도록 하였다.

바이올린의 음역이 약 200Hz에서 1800Hz까지이고 경계조건에 의한 주파수의 변화가 최고 약 40Hz인 것을 고려하여 가진 범위는 0~2000Hz가 필요함으로 충격 해머의 팁(tip)은 강도가 높은 재질을 적용하였다. 모드 해석을 위하여 응답점으로 가속도계를 일정한 곳에 고정시키고 117곳을 충격 해머로 가진하였다.

이상과 같은 모드 실험계는 진동시스템과 입·출력 관계를 만족시키므로 가진력과 응답을 측정함으로써 진동계의 특성을 규명하고, 시간과 주파수 등 여러 영역에서 시스템의 강제 진동 특성을 구명하여 구조체를 해석하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 통계적 회귀 모델링

도장의 효과가 순수히 공진주파수에 미치는 영향을 알기 위하여 세락과 카슈 도장처리, 무처리별로 나눈 후 시험편의 질량, 도포량, 연륜폭의 영향을 피하기 위하여 통계적 회귀 모델링(statistical regression modeling)방법을 사용하였고, 연륜수는 탄성계수와 연관성이 있으므로 모델링에 포함시켰다. 통계적 회귀 모델링에 관한 모식도는 Fig. 2와 같다. 모든 요

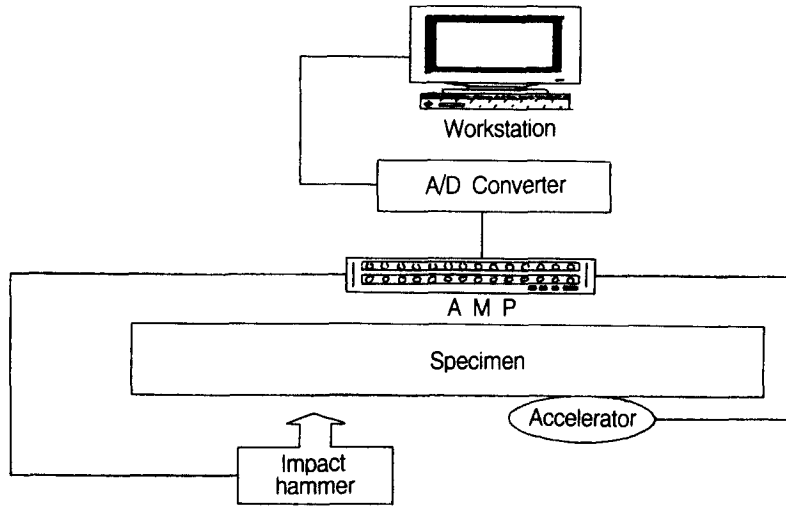


Fig. 1. Diagram of experimental system for acoustical properties.

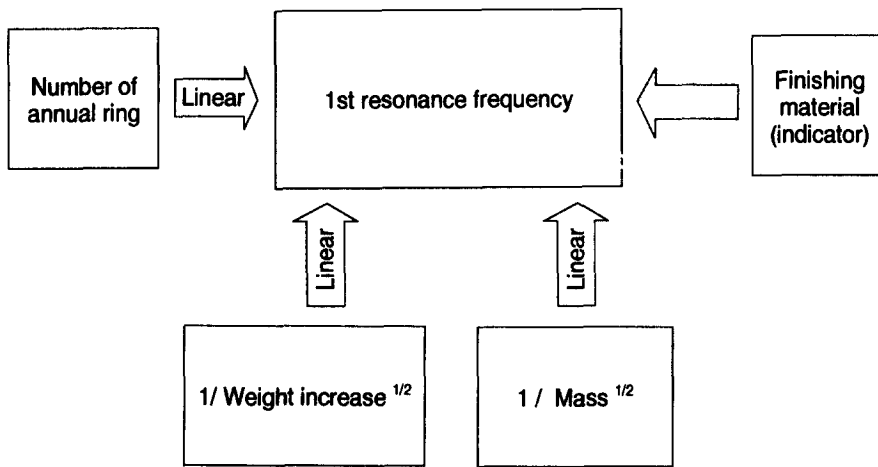


Fig. 2. Schematic flow diagram of statistical regression modeling

인은 선형으로 가정하여 통계적 회귀모형을 식 (1)과 같이 세웠다.

실험에 의해 얻은 공진주파수, 질량, 도포량, 연륜수의 분포가 정규분포를 나타내므로 고전적 통계이론 및 방법을 사용하여 추론코저 모든 계수를 0으로 보는 귀무가설을 사용하였고, 통계분석은 SAS로 하였다.

$$\omega_1 = I_0 + \alpha \cdot (N_g) + \beta \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{m}}\right) + \gamma \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{W_1}}\right) + \delta (K_v) + \varepsilon \quad \dots \dots \dots (1)$$

where :

- ω_1 : Fundamental resonance frequency
- I_0 : Intercept
- α, β, γ & δ : Coefficients
- N_g : Number of annual ring
- m : Mass
- W_1 : Ratio of weight increase
- K_v : Finishing material
(untreated : 0, shellac : 1, cashew : 2)
- ε : Error

2.3.2 모드해석

모드해석(modal analysis)은 일반적으로 진동모드의 특성이라 간주되는 수학적 관계의 조합을 통하여 진동현상을 기술함으로써 구조체의 동적 응답을 특징 짓는 과정이라 할 수 있다. 이러한 과정을 Ewins (1986)가 사용한 방법과 같이 식(2)-(6)의 수학적 으로 고려하면 n 자유도일 때 viscous damping matrix는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며, 그 해는 식 (3)과 같다.

$$[M][\ddot{X}] + [C][\dot{X}] + [K][X] = [F] \dots\dots\dots(2)$$

where :

- [M] : Matrix of mass elements
- [X] : Matrix of structural displacement
- [C] : Matrix of viscous damping element
- [K] : Matrix of stiffness element
- [F] : Force

$$[X] = \sum V_r [\phi^r] = \sum \frac{[\phi^r]^T [F] [\phi^r]}{a_r (S - S_r)} \dots\dots\dots(3)$$

where :

- V_r : Modal coordinate r
- $[\phi^r]$: Matrix of eigenvectors
- S : Laplace operator
- S_r : Complex eigenvalue for mode r

진동계는 이와 같이 수학적으로 표현되며 실험적인 모드해석을 위해서 신호분석을 하였다. 실험적 모드 해석에서는 실제 진동계를 가진하여 진동량과 가진력을 측정하고, 이를 주파수로 변환하여 주파수 응답함수를 계산하고 커브피팅(curve fitting)의 과정을 거친 후 여기에 적합한 모드 파라미터 즉, 고유진동수, 감쇠비, 모드형상을 구하였다.

실험적 모드 해석의 경우 주파수 응답함수, 혹은 단위 충격함수의 데이터로부터 커브 피팅 과정을 통해 모드 파라미터를 추출하였다. 커브피팅 알고리즘은 여러 가지가 제시되고 있으며, 알고리즘에 따라 진동계의 응답은 변위가 아닌 속도와 가속도를 사용하는 경우가 많다. 또한 진동계의 응답을 측정하는 감지기는 변위계 뿐만 아니라 속도계, 가속도계도 널리 사용되는 데 일반적으로 저주파수/고변위 진동 측정에는 변위계, 또는 속도계를 고주파수(통상적으로 저진폭 변위/고진폭 가속도) 진동 측정에는 가속도계가 사용된다. 따라서, 이 실험에서는 A/F 형태의 주파

수 응답함수를 사용하여, 가속도 응답함수는 식 (4)와 같이 나타낸다.

$$A(\omega) = \frac{A}{F} = -\omega^2 a(\omega) \dots\dots\dots(4)$$

- A : Acceleration
- F : Force

이 실험에서는 식 (5)와 같은 가속도 주파수 응답함수(aFRF)를 사용하였다. 이와 같은 수학적인 과정을 통하여 pole 값을 구하고 공진주파수와 감쇠를 찾아내고 모드형상을 구하였다. pole 값의 수학적 의미는 식 (6)과 같다.

$$[H(j\omega)] = \sum_{r=1}^N \left(\frac{Q_r \{\psi\}_r \{\psi\}'_r}{(j\omega - \lambda_r)} + \frac{Q_r^* \{\psi\}_r^* \{\psi\}'_r^*}{j\omega - \lambda_r^*} \right) \dots\dots\dots(5)$$

where :

- $[H(j\omega)]$: Frequency response function matrix
- λ_r : System poles for mode r
- $\{\psi\}_r$: Mode shape r
- Q_r : Modal scale factor for mode r

$$\lambda_r = \delta_r + j\omega_{dr} \dots\dots\dots(6)$$

where :

- λ_r : Vaule of pole
- ω_{dr} : Damped natural frequency of mode r
- δ_r : Damping factor of mode r

2.3.3 흡습성 측정

세라믹과 카슈 도장처리재와 무처리재의 모든 시험편을 온도 40±1℃, 상대습도 65±2% 조건에서 조습 처리한 후, 온도 40±1℃, 상대습도 90±2% 조건에서 흡습시간 2시간 간격으로 흡습량을 측정하여 흡습곡선을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 통계적 회귀 모델링에 의한 플레이트 처리간의 공진주파수의 비교

3.1.1 공진주파수

세락과 카슈 도장 처리 및 무처리 플레이트의 0~2000Hz범위에서의 주파수 응답 함수는 Fig. 3과 같이 주파수 800Hz까지의 공진주파수를 비교하여 보면 무처리재보다 카슈 도장처리재는 낮고 세락도장처리재는 높게 나타났었다. 그러나 주파수 800Hz 이상에서는 각 처리간 경향이 뚜렷하지 않았다. 영률이 공진주파수에 비례하기 때문에 카슈 도장처리에 의해서 탄성이 감소하여 음향성이 저하되었다.

그리고 첫 번째 공진주파수를 비교하여 보면 세락 도장처리재의 공진주파수는 97.3Hz, 카슈 도장처리재의 경우 92.2Hz 및 무처리재의 경우 96.6Hz를 나타냈었다. 도포량이 많은 카슈 처리재가 기본 공진주파수가 낮게 나타났었다.

3.1.2 통계적 회귀 모델링

1차 공진주파수의 모든 요인들이 정규분포를 따른다고 평가되기 때문에 귀무가설을 이용하여 검정하였다. α , β , γ 및 δ 가 0으로 하는 모형에서 출발하여 유의확률이 0.0842로 나타나, 실제적으로 계수는 0을 나타내지는 않았다. 각 인자의 의미를 검정하기 위해서는 제곱합 방법을 사용하였다.

이 사항들을 고려하여 Table 2 와 같이 검정을 하면, 카슈 도장처리재의 첫 번째 공진 주파수는 100.557653이고, 세락 도장처리재의 것이 88.942347로, 카슈 도장처리재의 경우가 높게 나타났었고 유의확률은 0.1935로서 최종적으로 카슈 도장처리재가 세락 도장처리재보다 음향성이 우수한 것으로 나타났었다.

Minato 등(1995)은 세락과 cellulose nitrate 도장재를 가문비나무의 방사방향과 섬유방향에 적용하였을 때 방사방향인 경우에는 공진주파수의 차이가 컸지만 섬유방향인 경우는 차이가 크지 않은 것으로 보고한 것으로 보아 본 연구에서의 플레이트는 섬유방향인 것을 감안할 때 공진주파수의 차이는 큰 것임을 알 수 있었다.

Table 2. Least Squares Means of 1st resonance frequency measurement

Finishing material	ω LSMEAN	Std Err LSMEAN	Pr : T LSMEAN1 < LSMEAN2
Shellac	88.942347	6.633333	0.3870/2=0.1935
Cashew	100.557653	6.633333	

3.2 모드 해석

커브피팅시 세락 도장처리재는 19개, 카슈 도장처리재는 22개 모드를 추출하였다.

3.2.1 모드 공진주파수의 변화

도장처리재 모드의 공진주파수의 증가비는 Fig. 4, 5, 6 및 7에서 보는 바와 같이 두 번째 실험에서 모드의 공진주파수는 첫 번째 실험보다 많은 변화가 일어난 것으로 보아 도장처리가 공진주파수에 많은 영향을 끼친다는 것으로 나타났었다. Fig. 4, 5, 6 및 7의 Y축 상의 frequency ratio는 도장처리 전과 후의 각 모드별 공진주파수의 증가비를 의미하였는데, 전체 모드에서 볼 때 첫 번째 실험의 세락 도장처리재의 평균 공진주파수의 증가비는 3.50 ± 1.48 , 두 번째 실험의 세락 도장처리재는 5.47 ± 2.17 , 그리고 첫 번째 실험의 카슈 도장처리재의 평균 공진주파수의 증가비는 0.91 ± 0.91 , 두 번째 실험의 카슈 도장처리재는 5.14 ± 1.20 로 세락이 약간 높게 나타났었다. 그러나 첫 번째 모드만을 비교하여 보면 두 번째 실험에서 카슈 도장처리재의 공진주파수는 4.05로 세락처리재의 1.54보다 크게 나타났었다.

또한 전체 모드에서 볼 때 세락 도장처리재의 경우 공진주파수의 증가비의 모드에 따른 차이는 카슈의 경우보다 큰 것으로 나타났으므로 모드에 따라서 음향적 성질의 차이가 큰 것으로 밝혀졌다.

본 연구결과를 Bissinger(1995)가 바이올린을 250시간 연주한 전후의 모드해석방법에 의한 비교에서 공진주파수 증가비가 2.1만큼 하락하였다고 보고한 값보다 크게 변화한 것으로 보아 도장처리의 영향이 큰 것으로 알 수 있었다.

3.2.2 모드감쇠의 변화

처리간의 모드별 감쇠비는 Fig. 8, 9, 10 및 11에서 나타내었고, 첫 번째 실험시 세락 도장처리재의 평균 감쇠비의 평균과 표준편차는 0.88 ± 0.43 이고, 두 번째 실험시 세락 도장처리재는 0.97 ± 0.21 , 그리고 첫 번째 실험시 카슈 도장처리재의 평균 감쇠비는 0.16 ± 0.21 이고 두 번째 실험시 카슈 도장처리재는 0.16 ± 0.30 로 카슈 도장처리재가 세락 도장처리재에 비해 현저히 낮은 감쇠비를 나타내었다.

전체 모드에서도 세락 도장처리재의 경우 감쇠비가 1이상이었으나 카슈 도장처리재의 경우는 1이하로 낮게 나타났다. 그리고 세락 도장처리재의 경우는 감쇠비가 상승하는 방향으로 일관되었지만, 카슈의 경우 첫 번째 실험시 5 및 21번째 모드에서, 두 번째

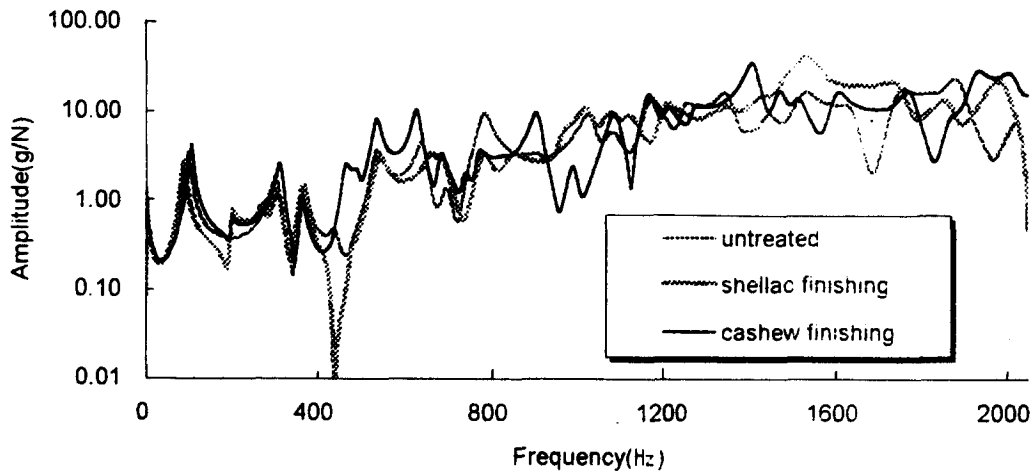


Fig. 3. Frequency response curve from 0 to 2000Hz.

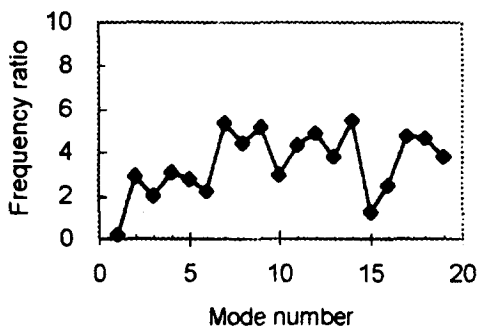


Fig. 4. Change of frequency ratio for 1st test of shellac finishing.

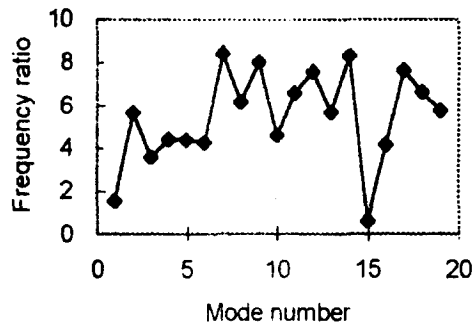


Fig. 5. Change of frequency ratio for 2nd test of shellac finishing.

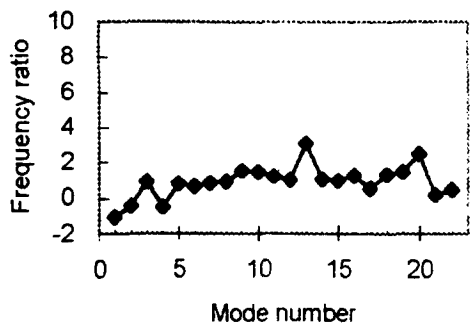


Fig. 6. Change of frequency ratio for 1st test of cashew finishing.

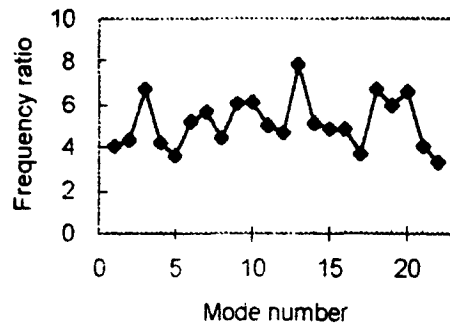


Fig. 7. Change of frequency ratio for 2nd test of cashew finishing.

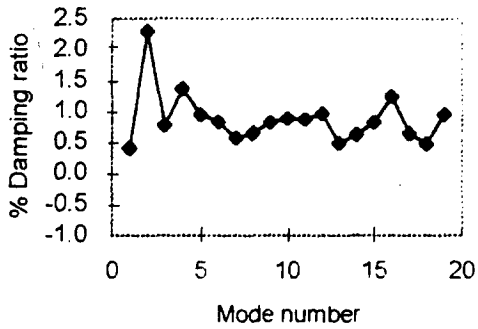


Fig. 8. %Damping ratio of correlated mode between untreated and 1st test of shellac finishing.

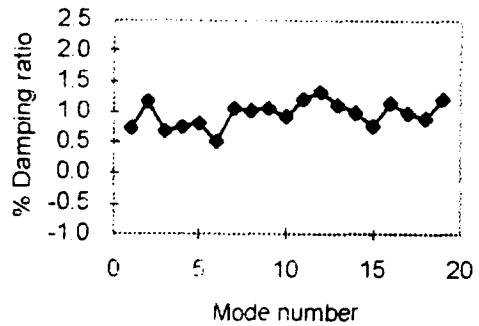


Fig. 9. %Damping ratio of correlated mode between untreated and 2nd test of shellac finishing.

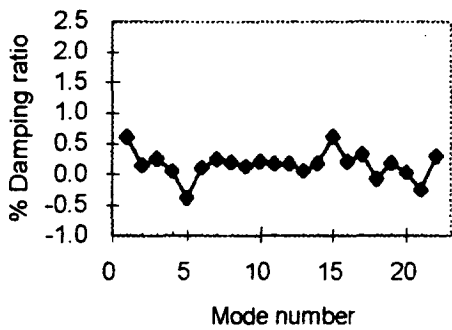


Fig. 10. %Damping ratio of correlated mode between untreated and 1st test of shellac finishing.

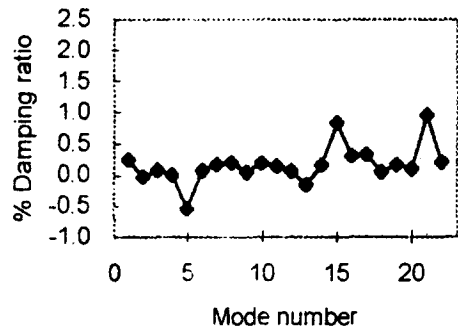


Fig. 11. %Damping ratio of correlated mode between untreated and 2nd test of shellac finishing.

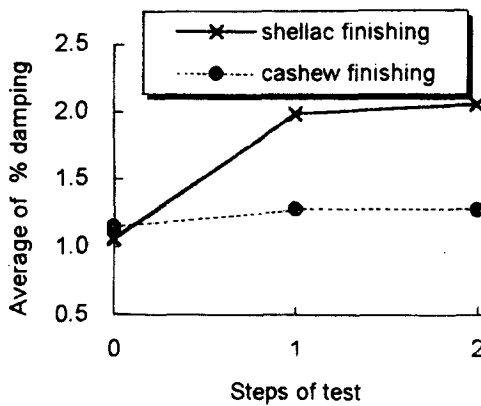


Fig. 12. Average of %damping by steps of test for finishing.

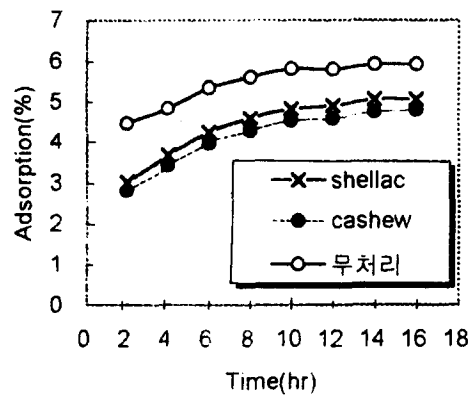


Fig. 13. Relationship between adsorption and time.

실험시 5 및 13번째 모드에서 오히려 감소하였다.

무처리재와 처리재의 실험반복에 따른 각 모드별 %감쇠의 평균은 Fig. 12에 나타내었다. 세락을 도장처리할 무처리 플레이트의 모드별 %감쇠는 1.06 ± 0.19 이었고, 첫 번째 실험시 세락도장처리재는 1.99 ± 0.61 이였으며, 두 번째 실험시 세락도장처리재는 2.06 ± 0.27 이었다. 카슈를 도장처리할 무처리 플레이트의 모드별 %감쇠는 1.14 ± 0.35 이었고, 첫 번째 실험시 카슈도장처리재는 1.28 ± 0.31 이였으며, 두 번째 실험시 카슈도장처리재는 1.27 ± 0.34 이었다. 실험 반복별 세락 도장처리재의 감쇠의 증가는 카슈 도장처리재의 것보다 현저히 작게 나타났었다. 세락과 카슈처리에서 첫 번째 실험과 두 번째 실험간에는 %감쇠의 차이가 작게 나타나 처리 횟수에 의해서는 % 감쇠의 변화가 크지 않게 나타났다.

3.3 흡습성

흡습시간별 처리 간의 흡습량의 차이는 Fig. 13과 같이, 세락 도장처리재는 흡습시간 2시간에서 3.0%이고 16시간에서 5.1%이며 카슈 도장처리재는 흡습시간 2시간에서 2.8%이고 16시간에서 4.8%이었으나 무처리재는 흡습시간 2시간에서 4.5%이고 16시간에서 5.9%로서 나타나 도장처리재와 무처리재간에는 차이가 컸으며 카슈 처리재와 세락처리재의 비교시 카슈 처리재의 흡습량이 적은 것으로 나타났다.

4. 결 론

통계적 분석에 의한 세락 도장처리재의 첫 번째 공진주파수는 88.9%이었고 카슈 도장처리재의 경우 100.5이였으며 유의확률 0.1953으로서 카슈 도장처리재가 높게 나타내었다.

실험 반복별 세락 도장처리재의 모드의 평균 공진주파수의 증가비는 각각 3.50 ± 1.48 , 5.47 ± 2.17 이었고, 카슈 도장처리재의 경우 각각 0.91 ± 0.91 , 5.14 ± 1.20 로서 카슈 도장처리재가 더 높은 비율을 나타내었다.

실험 반복별 세락 도장처리재의 모드의 평균 감쇠비는 각각 0.88, 0.97이고, 카슈 도장처리재의 경우 0.16, 0.15로서 카슈 도장처리재가 더 낮은 비율을 나타냈다.

세락 도장처리재의 시간에 따른 평균 흡습량은 3.0~5.1%이고, 카슈 도장처리재는 2.8~4.8%로서 카슈 도장처리재가 세락 도장처리재보다 흡습량이 작

았다.

도장처리재의 진동특성과 흡습성은 무처리재의 것보다는 향상되었으며, 도장처리재간에는 세락 도장처리재보다 카슈 도장처리재의 진동특성과 흡습성이 우수한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Bissinger, G. 1995. Modal analysis comparison of new violin before and after ~250 hours of playing. Proc. 13th International modal analysis conf. Soc. Exp. Mechanics, Bethel, CT : 822~827.
2. Ewins, D. J. 1986. Modal testing : Theory and practice, Research Studies Press.
3. Hutchins, C. M. 1981. The acoustics of violin plates. Science of America, 245 : 171~186
4. Jansson, E. V. 1977. Acoustical properties of complex cavities. Acoustica, 37 : 211~221
5. Jansson, E. V. and Benedykt Niewczyk. 1989. Experiments with violin plates and different boundary conditions. J. Acoustical society of America, 86(3) : 895~901
6. Leissa, W. 1970. Vibration of Plate. Ohio State Univ. Columbus, Ohio. 39
7. Marshall, K. D. 1985. Modal analysis of a violin. J. Acoustical society of America, 77(2) : 695~709
8. Minato, K., T. Akiyama., R. Yasuda, and H. Yano. 1995. Dependence of Vibrational Properties of Wood on Varnishing during Its Drying process in Violin manufacturing. Holzforschung, 49 : 222~226
9. Schelleng, J. C. 1968. Acoustical effects of violin varnish. J. Acoustical Society of America, 44 : 1175~1183
10. Stetson, K. A., and R. L. Powell. 1966. Hologram interferometry. J. Optical Society of America, 56 : 1161~1166
11. Takeshi, O. 1991. Acoustic properties of wood. Mokuzai gakkaiishi, 37(11) : 991~998
12. Tonosaki, M., T. Okano, and I. Asano. 1985. Measurement of plate vibration as a testing method of wood for musical instruments.

- Mokuzai Gakkaishi. 31(3) : 152~156
13. Tonosaki, M., T. Okano and Ohta, M. 1987. Vibration of a violin resonance board I. Mokuzai Gakkaishi, 33(7) : 552~557
 14. Yano, H. and J. Mukudai. 1989. Acoustic properties in radial direction of Sitka spruce used for piano soundboards. Mokuzai Gakkaishi, 35(10) : 882~885.
 15. Yano, H., I. Matsuoka and J. Mukudai. 1992. Acoustic properties of wood for violins. Mokuzai Gakkaishi, 38(2) : 122~127
 16. Yano, H., K. Kyou, Y. Furuta and H. Kajita. 1995. Acoustic properties of Brazilian rosewood used for Guitar back plates. Mokuzai Gakkaishi, 41(1) : 17~24
 17. 小林. 1975. 響板用木材の振動特性に音ぼす塗装の影響. 木材工業. 30(9) : 400~402.