산조 가야금 몸체의 공명혈의 역할에 관한 연구

고현우, 노정욱, 성굉모
서울대학교 전기, 컴퓨터공학부 음향공학연구실

The Study on resonant holes of the Sanjo-Gayageum

Hyun-Woo Ko, Jung Uk Noh, Koeng-Mo Sung
Applied Acoustics Lab, School Of Electrical Engineering and Computer Science
Seoul National Univ.
kenshinhw@acoustics.snu.ac.kr
junoh37@acoustics.snu.ac.kr
kmsung@acoustics.snu.ac.kr
* 본 논문은 국립국악원의 지원으로 이루어졌습니다.

요약

산조 가야금의 경우 몸체의 뒷판에 세 개의 구멍(공명혈)이 있다. 이 구멍은, 몸체를 일정한 부피를 가진 용기로 보았을 때 , 그 용기의 입구의 단면적, 다시 말해, 헬름홀츠 공진기 (Helmholtz Resonator) 입구의 단면적과 같다.

본 논문에서는 이 공명혈의 역할을 알아보기 위해, 1) 우선 기성의 산조 가야금 몸체의 세 공명혈을 모두 막은 상태, 일부만 막은 상태, 열려있는 상태에서의 몸체의 충격응답 전달함수를 측정, 분석하여 개략적으로 알아보았고, 이어서 2) 뒷판에 구멍이 전혀 없는 실험용의 산조 가야금 몸체의 제작을 의뢰하여, 뒷판 중앙에 구멍을 점차적으로 넓게 뚫어가면서, 각 단계별로 몸체의 충격응답을 측정하여, 구멍의 크기와 몸체의 충격응답 전달특성 변화 간의 상관관계를 분석해보았다.

1. 서론

국악기는 오랜 역사를 가지며 우리의 음악 환경에 적합하게 꾸준히 발전해 왔으나 그에 부응하는 체계적인 과학적 연구는 거의 전무한 상태에 있다. 서양의 경우는 그들의 전통 악기에 대한 연구를 오랜 기간 지속적이고 체계적으로 수행하여 왔으며, 현대에 이르러서는 그 결과로 얻어진 방대한 연구결과를 좀 더 좋은 품질의 악기 제조에 응용하는 수준에 이르고 있다. 전통 국악기에 대해서도 이러한 연구 성과가 축적되어간다면 이를 통하여 우리의 전통 악기에 대하여 좀 더 깊은 이해를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 악기의 원형을 충실히 보존하는 데도 기여하게 될 것이다.

이러한 연구의 일환으로 본 연구진은 가야금을 중심으로 한 전통 국악 현악기들에 대한 연구를 시작하였다. 대부분의 현악기는 음을 발생시켜주는 현과 그 음을 몸체에 전달하여주는 부분, 그리고 몸체로 나누어 생각할 수 있으며, 음의 발생에서

전달까지의 과정에서 각 요소들의 상호작용이 중요하게 작용한다. 따라서 완성된 악기의 음향특성의 측정에 앞서 이러한 각각의 요소들의 특성에 관한 연구가 선행되어야 한다. 본 논문에서는 그러한 기초 연구 중 현악기의 음향 발생에 있어 가장 중요한 부분이라고 볼 수 있는 몸체 중, 공명혈이 악기의 음색과 음량에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

2. 실험과정

그림 1) 은 산조 가야금의 뒷면을 도시화 한 것이다. 이 그림에서와 같이 산조 가야금의 경우 몸체의 뒷면에 크고 작은 세 개의 구멍(공명혈)이 있다. 음향학적으로 이 구멍은 몸체를 일정한 부피를 가지는 용기로 가정할 때, 헬름홀츠 공진기(Helmholtz Resonator) 입구의 단면적으로 생각할 수 있다.

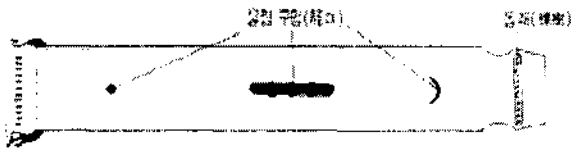

그림 1) 산조 가야금의 뒷면

본 연구에서는 가야금 몸체에서 공명혈의 역할을 알아보기 위해, 먼저 가야금 몸체의 충격응답 전달함수를 세 개의 크고 작은 구멍이 모두 열린 상태, 세 구멍을 모두 막은 경우, 가운데 큰 구멍만 막은 경우, 가운데 큰 구멍만 막지 않은 경우의 네 가지 경우에 대하여 측정하여 그 결과를 비교 분석해 보았다.

이어서, 뒷판에 구멍이 전혀 없는 실험용 산조 가야금 몸체의 제작을 의뢰하여, 뒷판 중앙에 구멍이 없는 상태에서, 구멍을 뚫어 그 크기를 점점 늘려가면서 각 단계별 몸체의 충격 응답을 측정하는 실험을 통해 구멍의 크기와 몸체의 전달 특성 변화 간의 상관관계에 대한 정량적인 분석을 시도하였다. 아래 그림 2) 는 공명혈의 크기를 변화시키는 실험과정을 나타내고 표 1)은 실험에 사용한 측정장비들을 나타내고 있다.

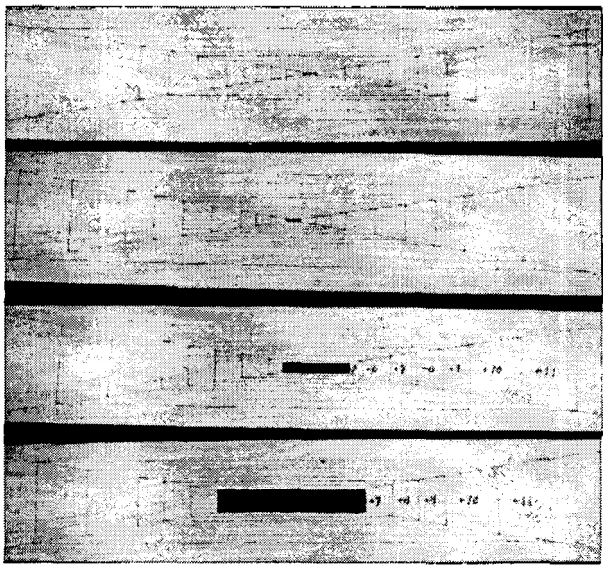

그림 2) 공명혈 크기 변화 과정

기기명	비고
Impact Hammer	충격입력용
Neumann-U87Ai Condenser Microphone	충격응답녹음용
Tascam MA-8 micpreamp	프리앰프
RME Hammerfall DSP multi-interface	A/D Converter
CoolEdit Pro 2.0, MATLAB ver6.5	분석용 Software

표 1) 실험에 사용된 장비목록

3. 실험결과

3.1 기성품 가야금 몸체의 공명혈의 개폐에 따른 측정 결과

아래 표 2) 는 완성품 가야금 몸체의 세 개의 공명혈 개폐에 따른 충격응답 전달함수 상의 주요 피크 값들을 주파수대 별로 정리한 것이다.

회색으로 표시된 열 들을 보면, 첫번째와 네번째열인 210, 490 Hz 근처의 피크 값이 가운데 구멍이 열려 있는 경우에만 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 세 번째 열의 경우에도 가운데 구멍의 개폐

여부에 따라 피크 주파수가 다르게 나타나는 것(370, 380 Hz / 340 Hz)을 볼 수 있는데, 이는 이 주파수대의 피크 값이 가운데 큰 공명혈에 의한 것이라는 것을 뜻한다. 두 번째 회색으로 표시된 열은 피크 값들이 각각 두 개의 작은 공명혈의 개폐 여부에 따라 다르게 나타나는 것(290, 300 Hz / 260, 270 Hz)을 볼 수 있으며, 이는 이 주파수대의 피크 값이 두 개의 작은 공명혈에 의한 것이라는 것을 뜻한다. 반면, 560 Hz 의 피크는 공명혈을 모두 막았을 때에만 나타나는데, 이는 가야금의 몸체가 헬름홀츠 공진기가 아닌 일종의 풍선과 같은 밀폐된 경계조건인 상태일 때의 고유한 공진모드 피크라고 볼 수 있다. 또한 440 Hz, 670 Hz 및 그 이후 주파수대의 피크들은 공명혈의 개폐에 상관없이 비슷한 위치에 분포하고 있다. 따라서 이들 피크 값들은 몸체 내부 공기의 공진 모드에 의한 것이 아닌 몸체 자체의 기계적인 진동 모드에 의한 것들이라고 볼 수 있다.

표본	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
보통	-	135	150	210	290	370	440	490	-	670
전부 막음	-	-	-	-	260	340	440	-	560	670
중앙만 개방	90			220	270	380	440	480	-	670
중앙만 막음	-	-	-	-	300	340	440	-	-	670

표 2) 공명혈의 개폐에 따른 주요피크 값들의 변화

3.2 실험용으로 제작한 산조 가야금 몸체의 공명혈의 크기에 따른 측정결과

그림 3)-7)은 구멍의 크기에 따른 충격응답 전달함수 상의 특정 피크값들의 변화를 나타낸 그래프이다. 이를 살펴보면, 구멍의 크기가 증가하면 주로 100 Hz 부근의 피크값이 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있는데, 이는 헬롬홀츠 공진기로서의 가야금 몸체의 공진 주파수가 이 부근이라는 것을 뜻한다고 볼 수 있다. 이는 뒷판의 구멍이 전혀 뚫려있지 않았을 때와 구멍의 면적이 평균적인 가야금의 공명혈의 면적과 비슷할 때의 충격응답 전달함수를 비교한 그림 8) 을 보면 더욱 확실히 알 수 있다.

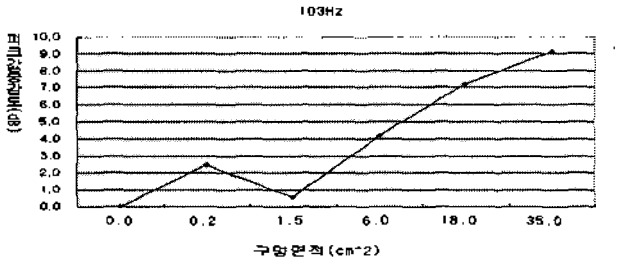

그림 3) 103Hz 피크값의 공명혈 면적에 따른 변화

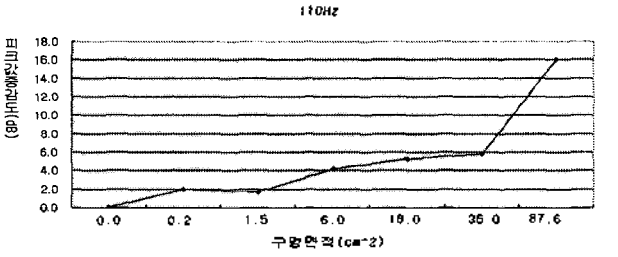

그림 4) 110Hz 피크값의 공명혈 면적에 따른 변화

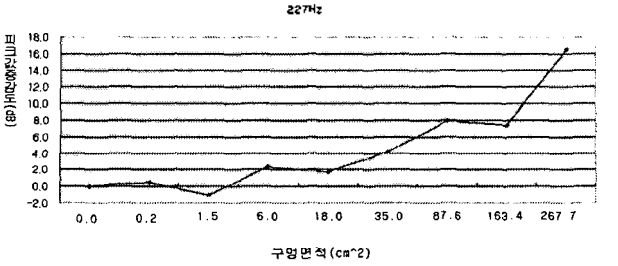

그림 5) 227Hz 피크값의 공명혈 면적에 따른 변화

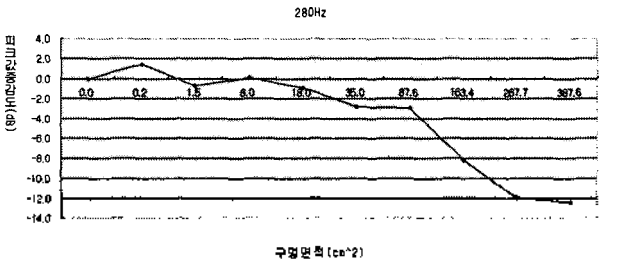

그림 6) 280Hz 피크값의 공명혈 면적에 따른 변화

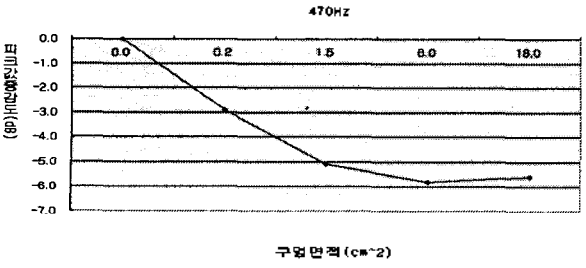

그림 7) 470Hz 피크값의 공명혈 면적에 따른 변화

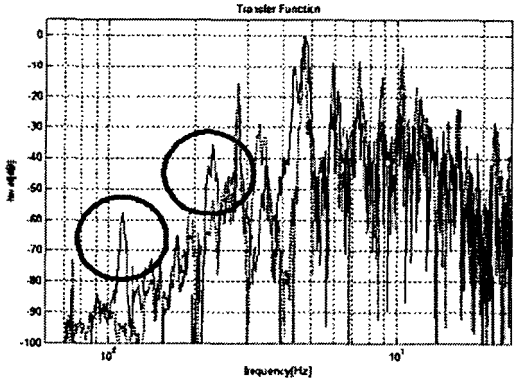

그림 8) 공명혈이 없을 때(점선)와 일반적 크기의 공명혈이 있을 때(실선)의 충격응답 전달함수비교

그리고 구멍의 면적 변화에 대해 뚜렷한 변화를 보이지 않는 피크들은 가야금 몸체 내부 공간의 공기의 공진 모드에 의한 것이 아닌, 몸체 자체의 기계적인 진동 모드에 의한 충격응답이라고 볼 수 있다. 다만, 약 330 Hz 와 450 Hz 부근의 주요 피크들이 구멍 면적의 변화에 따라 좌우로 최대 20~40 Hz 정도씩 이동하는 것을 볼 수 있는데, 수치상으로는 이 이동에 일정한 패턴을 찾을 수 없었던 것으로 보아 헬름홀츠 공진 이외에 내부 공기의 진동 모드나, 헬름홀츠 공진기 가설에서 무시되었던 뒷판의 형상 변화에 따른 몸체 진동특성의 변화와 관련이 있는 것으로 생각되는데, 이에 대한 결론을 내리기에는 좀 더 연구가 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 산조 가야금 몸체의 공명혈의 크기가 몸체의 전달함수에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

실험결과, 공명혈의 크기의 변화에 따라 전달함수 상에서 특정주파수대의 피크값이 변하는 것을 볼 수 있었고, 일부 대역에서는 피크 주파수가 이동하는 것을 볼 수 있었다.

이러한 결과는, 가야금을 비롯한 국악 현악기 몸체의 공명혈의 크기를 조절함으로써 특정 주파수 대의 몸체 전달 특성을 조절(tuning)할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

5. 참고문헌

[1] Lawrence E. Kinsler, Austin R. Frey, Alan B. Coppens, James V. Sanders, "Fundamentals of Acoustics", 4th edition, John Willey & Sons, 2000

[2] N. H. Fletcher : "The Physics of Musical Instruments", 2nd edition, Springer, 1997

[3] T.D. Rossing, "The Science of Sound", 2nd edition, Addison Wesley, 1990

[4] Carleen Marley Hutchins, "The Acoustics of Violin Plates", Research Papers in Violin Acoustics 1975-1993, vol. 1, pp. 413-424, 1997

[5] Erik V. Jansson, Jesus Alonso Moral, Jakub Niewczyk, "Experiments with Free Violin Plates", Research Papers in Violin Acoustics 1975-1993, vol. 1, pp. 429-433, 1997

[6] N. E. Molin, L-E Lindgren, Erik V. Jansson, "Parameters of violin plates and their influence on the plate modes", Research Papers in Violin Acoustics 1975-1993, vol. 1, pp. 441-451, 1997

[7] Kenneth D. Marshall, "Modal analysis of a violin", Research Papers in Violin Acoustics 1975-1993, vol. 1, pp. 551-565, 1997