

이도의 길이와 부피가 한국인 평균 두형 소리전달 특성에 미치는 영향 Effects of Ear Canal Length and Volume on the Sound Transfer Characteristic of the Averaged Korean Head Shape

안태수* · 이두호†

Tae-Soo Ahn and Dooho Lee

1. 서론

사람이 소리를 인지하는 인체기관은 매우 중요한 감각인식 기관으로서 외부로부터 고막까지의 소리전달에 영향을 주는 두 개의 요소로 구분 지을 수 있는데, 그 첫째는 머리의 형태와 몸체 및 이개이며 둘째는 공명작용을 하는 이개강과 외이도로 나눌 수 있다. 여기서 외이도는 음향 전달이나 공명에 있어 중요한 역할을 담당하는데, 이 연구에서는 한국인의 평균 두형을 갖는 머리전달함수에서 외이도의 길이와 부피가 소리전달 특성에 어떠한 영향을 끼치는지를 실험을 통해 확인해 보고자 한다.

2. 외이도 구현 및 측정

2.1 외이도 공간의 구현

외이도 공간은 약간을 굴곡을 가지는 3 차원 공간으로서 한쪽 벽면이 고막으로 막혀 있는 관형태의 구조를 가지고 있다. 이런 한쪽 끝이 막혀있는 관형태의 구조물은 관길이의 4 배에 해당하는 파장을 갖는 주파수의 음파가에 대하여 기본 주파수의 공명이 일어나며 아래의 식으로 공명주파수와 관의 길이 간에 상관관계를 추측할 수 있다.

$$f = C / 4l \tag{1}$$

여기서 f 는 외이도의 공명주파수를, C 는 공기 중에서 소리의 전달속도 그리고 l 은 외이도의 길이를 각각 나타낸다.

외이도의 길이에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있으며 측정방법으로는 물리적 측정, 방사선을 이용한 측정, 청각적 방법 등 다양한 방법으로 측정된 연구결과들이 있다. 본 연구에서는 참고문헌



Fig.1 Ear canal tubes for experiment

으로부터 플라스틱관을 이용한 물리적 방법으로 측정된 한국인의 평균 외이도의 길이를 기준으로 실험용 관을 제작하였다. 외이도의 크기는 성인의 외이도와 거의 흡사하게 되는 8 세 이상의 외이도 길이 연구결과들을 평균하여 길이 약 27mm, 평균 직경 7mm 을 기준으로 삼고, 실험에 사용할 관을 mold wax 를 이용하여 Fig.1 같이 제작하였다. 관은 부착되는 실험용 귀의 두께가 2mm 임을 감안하여 기준 길이 25mm 중심으로 길이는 ± 5 mm, 직경은 ± 2 mm 씩 차이를 두어 모두 9 개의 각각 다른 공간을 가지는 실험에 사용할 관을 제작하였다.

2.2 측정방법

측정은 오른쪽 귀를 측정대상으로 하였으며, 직접 제작한 관을 Digital Korean 프로젝트를 통해 제작된 한국인 평균 두형과 G.R.A.S 사의 KB0060 오른쪽 작은 귀를 조립한 후 CCP Probe Microphone Type 40SC 를 이용하여 가진신호의 응답을 측정하였다. 이때 probe tip 은 마이크로폰 모듈의 영향을 줄이기 위해 충분히 긴 155mm tip 을 사용하였으며 관의 내벽으로부터 5mm 떨어진 위치를 측정 지점으로 정하여 일정한 위치에서 측정이 가능하도록 하여 그 오차를 줄이도록 하였다. 입력단의 제어와 측정은 Test.Lab spectral testing 소프트웨어와 SCADAS -III front-end 를 이용하였고 가진 신호로는 백색잡음을 사용하여 100Hz~8kHz 까지 1Hz

† 교신저자; 동의대학교 기계공학과

E-mail : Dooho@deu.ac.kr

Tel : (051) 890-1658, Fax : (051) 890-2232

* 동의대학교 대학원 기계공학과

간격으로 측정을 실시하였다. 측정된 값은 치환법(substitution method)을 이용하여 두형 더미가 없을 때의 응답인 기준주파수 응답함수(P_r)와, 두형더미가 있을 때의 음향응답(P_e)을 비교하면 소리전달 경로의 이득 값 G 를 다음 식과 같이 계산 할 수 있다.

$$G(dB) = 20 \log \left(\frac{P_e}{P_r} \right) \quad (2)$$

2.3 응답의 측정

측정은 3.2m*3.2m*2.5m 의 유효공간을 갖는 완전 무향실에서 자유음장을 구현하였으며 싱글드라이브를 갖는 Bose Model 32SE 스피커를 사용하여 더미로부터 1.5m 거리의 정면에서 가진 하였다.

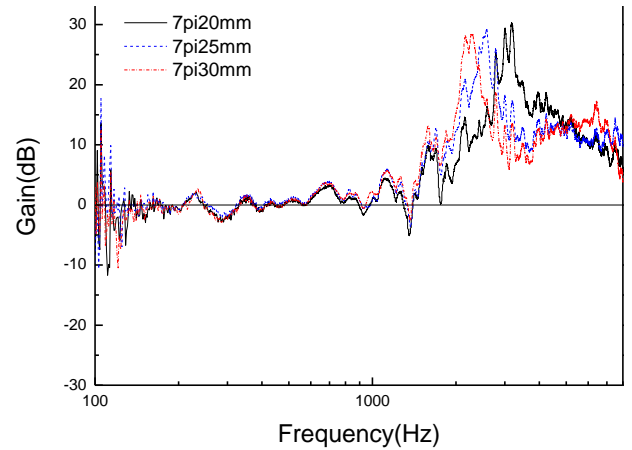
3. 실험결과 및 결론

Fig.2 는 외이도의 길이와 그 직경의 변화에 따른 응답을 나타내고 있다. Fig.2 (a)는 기준으로 잡은 7mm 직경에 그 튜브의 길이를 변화시켜 측정한 결과로 튜브의 길이가 길어 짐으로서 공명이 일어나는 주파수가 저주파로 내려감을 확인할 수가 있다. 이는 식 (1)의 공명주파수와 그 길이의 관계에 대한 식에 대해 잘 만족함을 확인할 수가 있다. 또한 Fig.2 (b)는 길이가 일정한 상태에서 그 직경을 변화하여 측정한 응답으로 직경이 커지면서 그 유효공간의 크기가 커질수록 공명주파수가 저주파로 내려감을 확인할 수 있어, 길이뿐만이 아니라 공간체적의 변화에도 공명주파수가 변함을 확인할 수 있다. Fig.3 은 길이와 공명 주파수의 상관관계를 나타내었는데 길이가 증가함에 따라 공명주파수가 낮아지는 전체적인 경향을 확인할 수 있다. 또한 9 개 실험관의 체적에 따른 공명주파수의 분포에 의해 길이는 짧을수록, 체적은 적을수록 공명주파수가 높아지는 경향을 확인할 수 있다..

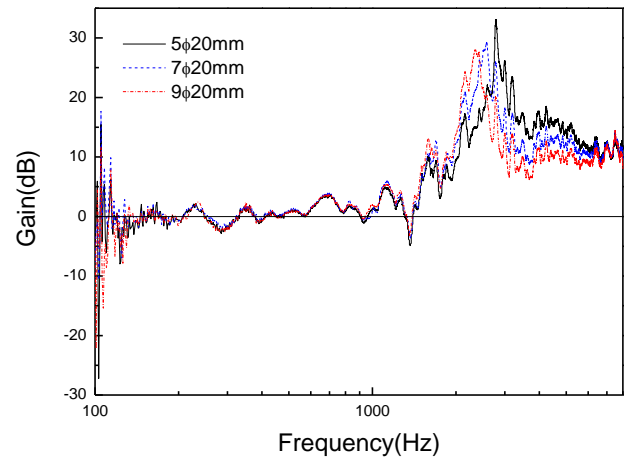
이 실험에서는 사용된 실험관은 실제 외이도가 가지는 굴곡을 가지지 않는 직선구조로서 실제사람의 외이도가 가지는 굴곡의 형태를 구현하여 실제 공간상의 응답특성과 비교하는 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 2007 년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학 재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10986-0).



(a) Tube length variation



(b) Tube diameter variation

Fig.2 Sound transfer gains for the average Korean head shape dummy

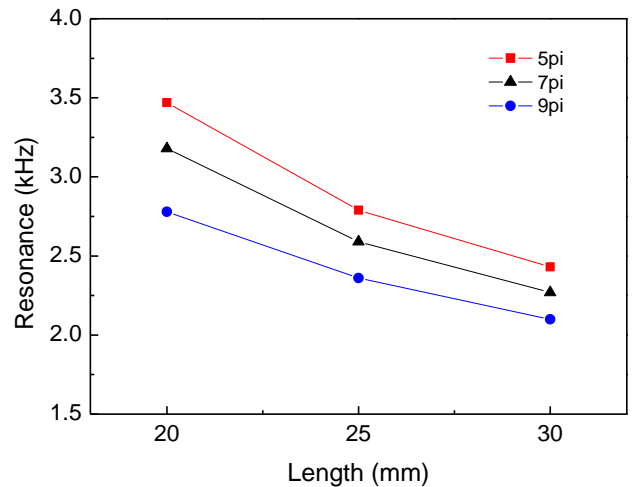


Fig.3 Relationships between ear canal resonance frequency and ear canal length