

KS F 2814-2 (임피던스관에 의한 흡음계수와 임피던스 의 결정방법: 제 2부 전달함수법)의 제정방향과 검증

⁰정성수*, 조문재*, 국찬**, 김선우***

본 고찰(혹은 연구)은 기술표준원의 학술연구용역에 따른 "건축물 음환경분야 표준화연구 II"의
연구결과의 일부임

Direction for establishment of KS F 2814-2 (Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes: Part 2 transfer function method)

Sung Soo Jung*, Moon Jae Jho*, Chan Kook**, Sun-Woo Kim***

ABSTRACT

In this study, the ISO 10534-2 "Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part 2: Transfer function method" was precisely reviewed in order to make it as a new Korean Industrial Standard of KS F 2814-2. Several main contents are experimentally tested and discussed.

1. 서론

국제화 시대에 걸맞게 한국산업규격(KS)도 ISO 규격과 동일화하려는 추세에 있으며, 우리가 수용하는데 문제가 없는 규격부터 새롭게 제정 혹은 개정 작업을 연차적으로 수행하게 된다. 건축음향 부분에서도 현재 일부 작업이 수행되어 오고 있는데, 본 연구에서는 흡음재의 흡음계수 평가를 위한 방법 중 ISO 10534-2의 전달함수법⁽¹⁾을 KS화하는 데 문제점이 없는지에 대해 자세히 살펴보았다.

임피던스관을 사용하여 흡음계수를 측정하는 방법은 크게 정재파비법과 전달함수법으로 나눈다.

현재 정재파비법의 경우는 KS F 2814-1⁽²⁾로서 개정안이 만들어진 상태이며, 전달함수법은 KS F 2814-2로서 새로이 제정하려고 마련 중에 있다. KS F 2814-2로서 제정될 전달함수법은 기본적으로 ISO 10534-2에 기초하기 때문에 본 연구에서는 ISO 10534-2의 주요 내용 중 몇 가지 사항에 대해 실제 실험을 통해 검증하고 논하고자 한다. 또한 일부 내용에 대해서는 현재 KS 규격에 맞게 수정하며, 시험 평가기관의 시험 성적서 형식은 기존의 관내법에 의한 성적서와의 통일성을 고려하여 방향을 제시하고자 한다.

2. ISO 10534-2의 주요 내용

현재 KS F 2814-1의 경우는 ISO 10534-1⁽³⁾에 기초하여 개정되었으며, 곧 제정될 KS F 2814-2는 ISO 10534-2의 전달함수법에 기초하게 된다.

* 한국표준과학연구원 음향·진동 그룹

** 동신대학교 도시조경학과

*** 전남대학교 건축학과

ISO 10534-2는 1998년 11월 15일에 처음 제정되었으며, 본체와 7개의 부속서(annex)로 구성되어 있는데 다음의 내용을 포함한다.

본체

1. 적용 범위 (scope)
2. 정의와 부호 (definition and symbols)
3. 기본 원리 (principle)
4. 시험 장비 (test equipment)
5. 예비시험 및 측정 (preliminary test and measurements)
6. 시편의 설치 (test specimen mounting)
7. 시험 절차 (test procedure)
8. 정밀도 (precision)
9. 시험 보고서 (test report)

부속서

- A. 예비측정 (preliminary measurements)
- B. 한 개의 마이크로폰 방법에 대한 절차 (procedure for the one-microphone technique)
- C. 시편의 음압자유 끝단 (pressure-release termination of test sample)
- D. 이론적 배경 (theoretical background)
- E. 오차의 원인 (error sources)
- F. 국소적으로 반작용하는 흡음체의 확산 흡음계수 α_{st} 의 결정 (determination of diffuse sound absorption coefficient α_{st} of locally reacting absorbers from the results of this part of ISO 10534)
- G. 인용규격 (bibliography)

위의 사항 중 주요 내용에 대한 설명과 몇 가지 사항에 대해 실제 실험한 결과를 위주로 설명하고자 한다.

2.1 마이크로폰 수

전달함수법으로 흡음계수를 측정하는 방법은 이미 잘 알려져 있기 때문에 기본적인 이론은 생략하기로 한다. 실험 장치에 대한 것은 그림 1에 나타냈는데 음원은 백색 잡음을 사용하여도 되며, 특정 주파수의 사인파를 사용하여도 무방하다.

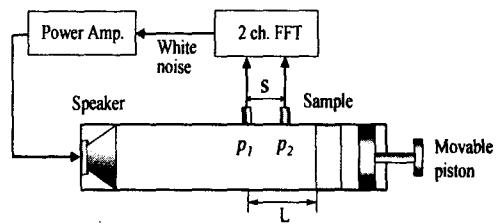


그림 1. 전달함수법에 의한 흡음계수 측정장치도.

ISO 10534-2의 전달함수법은 Chung과 Blaser⁽⁴⁾의 이론에 근거하여 흡음계수를 구하고 있다. 이 방법은 실제 Seybert와 Ross⁽⁵⁾의 스펙트럼 밀도 방법과 같은 결과를 주지만 좀더 간단한 방법이라고 할 수 있다. 전달함수법은 기본적으로 2개의 마이크로폰을 사용하지만 시스템이 안정된 경우에는 1개의 마이크로폰을 사용하여도 별 문제가 없다. 1개의 마이크로폰을 사용하는 방법은 Chu⁽⁶⁾에 의해서 검토되었는데 실험 시간은 2개의 마이크로폰을 사용하는 것에 비해 2배 이상 소요되지만 마이크로폰간의 보정 절차가 필요 없는 장점도 있다. ISO 10534-2에서는 두 방법 모두 허용하고 있다. 따라서 두 개의 동특성이 유사한 마이크로폰을 구하기 힘든 경우 혹은 구입에 따른 비용 상승이 큰 경우는 차선책으로 하나의 마이크로폰을 사용하는 것이 효과적이라고 사료된다.

실제 두 방법으로 측정한 결과를 그림 2에 나타냈는데 비슷한 결과를 주고 있음을 볼 수 있다. 따라서 시스템이 안정되어 있는 경우는 어떠한 방법을 택하던 문제가 없다고 할 수 있다.

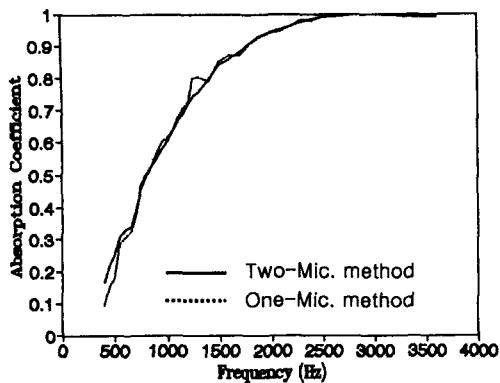


그림 2. 한 개의 마이크로폰과 두 개의 마이크로폰을 사용하여 구한 유리솜의 흡음계수 결과 비교.

2.2 음원의 종류

음원으로 백색잡음을 사용하는 것이 일반적인데 음원의 종류를 랜덤, 유사랜덤, 주기적 유사랜덤 등을 사용할 수 있다. 따라서 이들 신호로서 시험을 해 보았다. 신호를 랜덤 백색잡음과 랜덤 핑크잡음으로 한 경우 유리솜의 흡음계수 결과를 그림 3에 비교하였다. 결과를 보면 어떤 신호를 사용하여도 유사한 결과를 얻을 수 있음을 볼 수 있다.

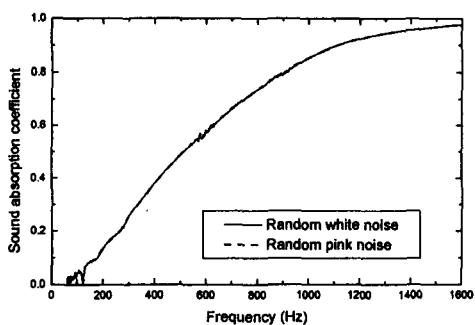


그림 3. 랜덤 백색잡음과 랜덤 핑크잡음을 사용하여 구한 유리솜의 흡음계수 비교.

다음은 유사랜덤, 주기적 랜덤, 다중사인파를 사용하여 역시 같은 시료에 대해 적용하여 구한 결

과를 그림 4에 비교하였는데 역시 어떤 신호를 사용하던 같은 결과를 주고 있음을 알 수 있다. 그림 3과 4의 결과로부터 신호의 종류에 영향이 없음을 확인할 수 있다.

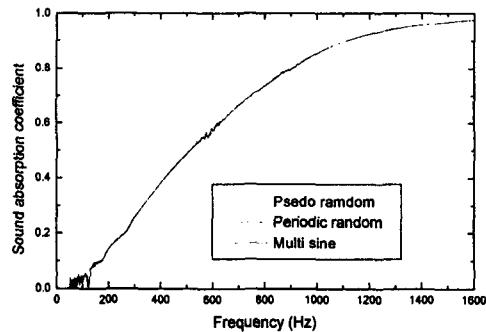


그림 4. 유사랜덤, 주기적 랜덤, 다중 사인파를 사용하여 구한 유리솜의 흡음계수 비교.

2.3 관의 길이

정재파비법의 경우는 관의 길이가 하한 주파수를 결정하기 때문에 저주파수 대역을 확장하기 위해서는 관의 길이를 길게 하여야만 한다. 이에 반해 전달함수법은 관의 길이에 크게 영향은 받지 않는데 이를 검증하여 보았다.

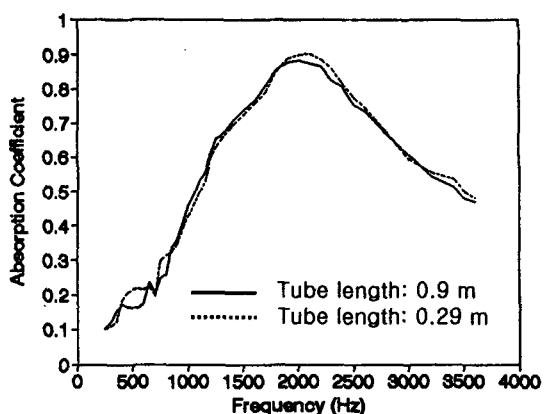


그림 5. 관의 길이를 0.29 m와 0.9 m로 한 경우 유리솜의 흡음계수 비교.

몇 개의 흡음재가 다층 구조를 이루고 있는 시
편에 대해 길이가 0.29 m와 0.9 m인 임피던스관을
사용하여 흡음계수를 측정한 결과를 그림 5에 비
교하여 나타냈다. 결과에서 보듯이 유사한 결과를
주고 있음을 알 수 있다.

2.4 마이크로폰 간격

전달함수법으로 흡음계수를 구할 경우 발생될
수 있는 오차로서 마이크로폰간의 간격을 들 수
있다. ISO 10534-2에서는 상한 주파수 f_u , 마이크
로폰 간격(s), 음속 c_o 로서 $f_u \cdot s < 0.45 c_o$ 의 관계
를 만족하도록 제시하고 있다. 상한 주파수를 3.8
kHz로 들 경우 마이크로폰 간격은 약 0.04 m까지
허용되는데 이 범위 내에서 간격을 변화시키면서
유리솜에 대한 흡음계수를 구해보았다. 그림 6에
그 결과를 비교하였는데 저주파수 대역에서의 약
간의 차이점을 제외하고는 비슷한 결과를 보여주
고 있다. $ks = n\pi$ ($n=1, 2, \dots$)인 경우는 오차가 발생
하게 되는데 이러한 현상을 피하기 위해 Chung과
Blaser는 마이크로폰 간격을 $s \leq c/2f_u$, Chu는
 $s = 0.7(c/2f_u)$ 로 제안한 바 있는데 ISO
10534-2는 두 경우보다 더 좁은 간격을 택하고 있
다.

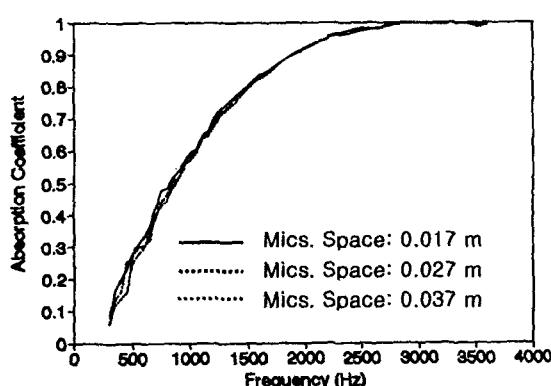


그림 6. 마이크로폰간의 간격을 0.017 m, 0.027 m,
0.037 m로 유지한 경우 유리솜의 흡음계

수 측정결과 비교.

2.5 마이크로폰 설치 위치

ISO 10534-2에서는 마이크로폰의 설치 시 관 내
벽과 완전히 평행하게 하지 않고 그림 7처럼 약간
뒤에 설치하도록 되어 있다. 마이크로폰의 종류는
관 벽에 설치할 경우는 압력형을 그리고 관내에
그림 8처럼 설치할 경우는 자유음장형을 권장하고
있다.

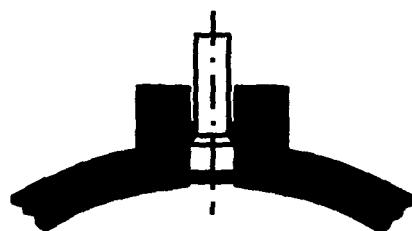


그림 7. 임피던스관내 마이크로폰 설치 위치.

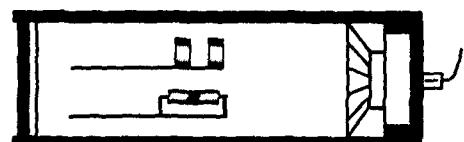


그림 8. 관내에 마이크로폰을 설치하는 방법.

그림 8의 경우처럼 관내에 마이크로폰을 직접
설치할 경우 관의 내경이 큰 경우는 별 문제가 없
겠지만 관의 내경이 작은 경우는 다소 곤란하게
된다. 따라서 일반적으로는 관내에 설치하지 않고
관벽에 부착하는 형태를 취하고 있다.

마이크로폰을 관벽에 설치할 때 그림 7의 경우
처럼 설치할 경우와 마이크로폰을 약간 더 뒤로
후퇴시켜 'case 2'처럼 한 경우 그리고 구멍을 통
해 음이 외부로 새고 나오고 있는 'case 3'의 3 경
우에 대해 흡음계수를 측정하여 보았다. 유리솜에
적용한 결과를 그림 9에 나타냈는데 결과에서 확
인할 수 있듯이 3 경우 모두 같은 결과를 주고 있

다. 이것은 결국 아주 정밀한 측정이 요구되지 않는 한 마이크로폰의 설치 조건에는 큰 영향이 없으며, 또한 관에 어느 정도 틈새가 있어도 결과에 큰 영향이 없음을 뜻한다. 하지만 마이크로폰이 관벽에 대해 수직으로 설치되지 않으면 상당한 오차를 유발하고 있음을 확인하였다.

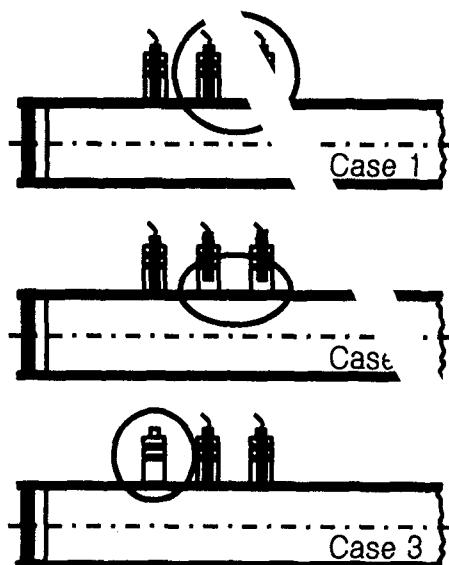


그림 9. 마이크로폰 설치 조건.

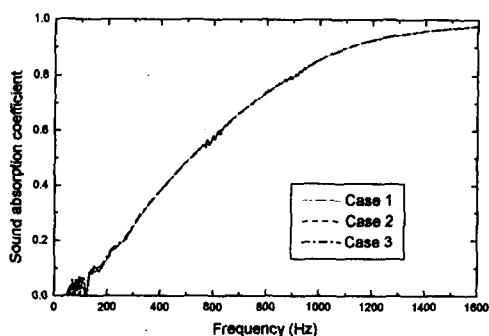


그림 10. 그림 9의 조건에 따른 흡음계수 측정 결과 비교.

2.6 기타고려 사항

앞서와 같이 전달함수법을 적용할 때 시스템이

안정되어 있으면 시험 결과들은 반복측정을 하더라도 그림 11에서 보듯이 거의 변하지 않는다.

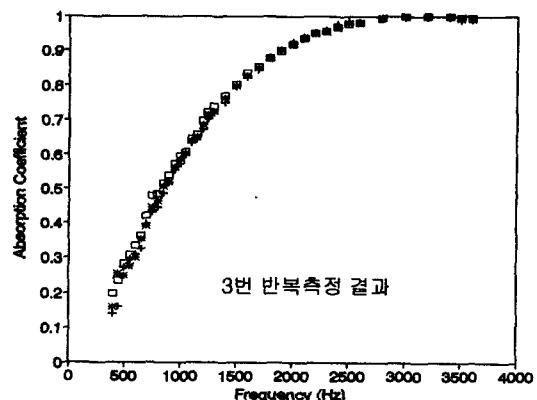


그림 11. 유리솜에 대한 3번 연속 측정한 흡음계수 비교.

확성기 설치 시 대부분은 관내에 밀폐형으로 설치하고 있으나 실제 밀폐형으로 하지 않아도 측정엔 큰 문제점은 없다. 스피커의 경우 ISO 10534-2에서 박막형을 권장하고 있다. 실제 시험을 해보면 다른 확성기들도 큰 문제가 없지만 상대적으로 박막형이 안정된 결과를 줄 수 있다. 기타 고려되는 사항으로는 ISO 10534-2에서는 인용규격이 부속서에 포함되어 있지만 현 KS 다른 규격과 동일한 형식이 되도록 본체에 인용규격을 포함하도록 할 예정이다.

다음으로 일반적인 실험을 목적으로 전달함수법을 적용하는데는 아무런 문제가 없지만 시험평가를 위해 시험기관에 의뢰하는 경우는 시험 성적서의 형식을 통일할 필요가 있다. 즉, 현재 정재파비법에서는 1/3-옥타브 밴드의 중심 주파수에 대해 흡음계수 값과 그림을 시험 성적서 포함하지만 전달함수의 경우는 백색잡음을 사용하기 때문에 시험 주파수가 1/3-옥타브 밴드의 중심 주파수에서 벗어날 수도 있다. 따라서 이 경우는 1/3-옥타브 밴드의 중심주파수에서 가장 가까운 주파수에 해당되는 값으로 대체하고 표에서는 정재파비법과

같이 1/3-옥타브 밴드의 중심주파수에 대한 결과를 제시하고 그림은 전 주파수 대역을 포함하도록 하는 방법을 제안하고자 한다.

3. 결론

본 연구에서는 국제화 추세에 맞게 KS를 ISO 규격과 동일 시 함에 있어, 그 중 흡음재의 흡음계수를 구하는 전달함수법인 ISO 10534-2를 KS F 2814-2로 제정함에 따른 몇 가지 주요 내용들에 대해 검증을 하였다. 본 연구 결과 전달함수법을 KS화하는데 별다른 문제점이 없음을 확인하였으며 정재파비법에 비해 실험 시간의 절약과 전 주파수 대역에 걸쳐 결과를 알 수 있기 때문에 향후 관내법에서는 전달함수법이 많이 활용될 것으로 전망된다. 시험 기관에서의 시험 결과를 표로 나타낼 경우는 정재파비 방법의 경우와 같이 1/3-옥타브 밴드의 중심 주파수에 대한 흡음계수값을 표시하며, 그림은 전 주파수 대역에 걸쳐 나타내도록 제안하는 바다.

"Experimental determination of acoustic properties using a two-microphone, random excitation technique," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 61, pp. 1362~1370.

- (6) W. T. Chu, 1986, "Transfer function technique for impedance and absorption measurements in an impedance tube using a single microphone," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 80, pp. 555~560.

참고문헌

- (1) ISO 10534-2, 1998, "Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 2: Transfer function method"
- (2) KS F 2814-1, 2001, "임피던스관에 의한 흡음계수와 임피던스의 결정방법: 제 1부 정재파비법"
- (3) ISO 10534-1, 1996, "Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 1: Method using standing wave ratio"
- (4) J. Y. Chung and D. A. Blaser, 1980, "Transfer function method for measuring in-duct acoustic properties: I. Theory," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 68, pp. 907~913.
- (5) A. F. Seybert and D. F. Ross, 1970,