

마이크 사용시 강의실내의 음향특성

The Acoustic Character of Classroom as Using Microphone

이 채 봉*, 강 대 기*

Chai-Bong Lee* and Dae-Gee Kang*

Key Words : TSP(Time-Stretched-Pulse), RT(잔향시간:Reverberation-Time), D_{50} (음성 명료도 :Definition=초기 음 에너지 비율), STI(Speech-Transmission-Index)

Abstract

The purpose of this research is to observe that the acoustic characters of classroom have some difference by several conditions. TSP has used to measure impulse response and such physical indexes as RT(Reverberation Time), D_{50} , and STI(Speech-Transmission-Index) are computed by it. we investigate difference under some conditions such as when students were present at each classroom and when was not so, and when professor used a microphone and unused it. In this study, we found that reverberation time when people take a seat is lower than was not so. we wish to help one who work for construction industry, as they build a kind of classroom

1. 서 론

건축물은 그 사용목적에 따라서 적절한 음 환경을 실현하기 위한 설계가 필요하다고 생각되었으나 현실에서는 외관의 배치에만 주의를 집중하고 있어 음 환경에는 거의 대부분이 배려되지 않는 경우가 많다. 우선, 미국과 유럽에 비교해서 우리나라 학교 건축물에 있어서는 강의실의 음 환경에 많은 배려가 있어야 함에도 불구하고 건축설계현장, 교육현장에서는 그것을 위한 지침을 갖지 못하였다.

학교 건축물에 대한 예비조사로써 강의실에 대한 임펄스 응답을 측정하여 그것에 따라 잔향시간(RT), D_{50} (De-

finition), STI(Speech Transmission Index)[1~5] 등으로 물리지표를 산출했으며 마이크 유·무에 있어서 잔향시간(RT)과 기타 다른 물리 지표의 변화에 대해서도 실험을 행하였고 공식시와 착석시에 대해서도 RT, D_{50} , STI등의 물리지표의 변화와 각각의 물리지표 사이의 상관성을 살펴보았다. 마이크 사용 유·무에 따른 물리지표의 변화는 크게 나타나지 않았고 음원에서 가장 가까이 있는 청취자에 있어서 역효과가 남을 알 수 있었다.

2. 임펄스 응답의 측정과 물리지표의 산출

2.1 각 강의실의 특징

표 1에 이번 조사의 대상이 된 강의실에 대한 크기와 수용인원 그리고 방의 특징 등에 관해서 나타낸다.

* 동서대학교 정보시스템공학부
E-mail : lcb@dongseo.ac.kr
Tel: (051) 320-1755, Fax: (051) 320-1751
* 동서대학교 정보시스템공학부

표 1. 조사대상이 된 강의실

명칭	크기	수용인원
AV Hall	縱 14.8 × 橫 4.0 × 高 7.6	246(70)
중강의실 (횡장)	縱 9.9 × 橫 11.5 × 高 5.1	84(30)
중강의실 (종장)	縱 11.5 × 橫 9.9 × 高 5.1	100(48)
대강의실 (횡장)	縱 9.9 × 橫 15.5 × 高 3.0	126(75)

()안의 수치는 임펄스 응답 측정시 착석한 인원을 나타낸다.

AV Hall은 정방형의 계단식 강의실 형태이며 천정과 벽 전체가 목재로 되어 있으며 중(횡장)·대강의실은 베니아 합판으로 구성되어 있다. 그리고 강단의 반대편에 창문이 있다. 「중강의실(종장)은 횡측에 창문이 있다.」 중강의실(종장, 횡장)은 천정의 높이가 5.1m이다. 두 중강의실은 모양과 크기가 같으나 강단의 위치가 다르므로 종장과 횡장으로 나눈다.

2.2 임펄스 응답의 측정

표 1에 제시한 4개의 서로 다른 크기의 강의실에 대하여 임펄스 응답을 측정하였다. 그림 1에 AV Hall에 대한 임펄스 응답의 음원 및 위치를 하나의 예로 나타낸다.

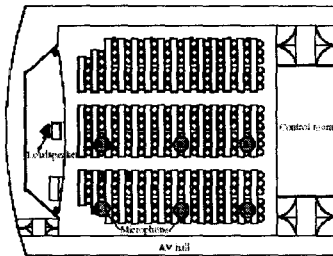


그림 1. 음원 및 측정점의 위치

음원 스피커는 수업 중에 화자(話者)가 서있는 강단 중앙의 높이 1.5m 위치에 설치하였다. 또한 마이크 사용유무에 대한 실험을 위해 스피커의 전방 20cm에 마이크를 설치하였다. 측정 점의 위치는 강의실의 벽측 전방(L1), 중앙(L2), 후방(L3), 강의실의 중앙에서 바로 옆 좌측 전방(R1), 중앙(R2), 후방(R3)으로 총 6곳으로 한

다. 측정점의 마이크로폰 높이는 착석시 청취자의 귀의 높이에 해당하는 1.2m의 높이에 설치하였다. 측정의 그림 1에 나타난 6개의 측정점에 대한 물리 지표를 산출하기 위해서 무 지향성 마이크로폰을 사용하여 측정하였다. 측정용 신호로는 TSP(Time-Stretched Pulses)신호를 하고, 10회 가산 평균했다. 신호의 샘플링 주파수는 48kHz하였고 공식시와 착석시 두 가지 경우에 대한 측정 후 마이크 사용 유무에 따라 물리지표의 차이를 알아보기 위해 공식시에 마이크로폰을 On, Off한 두 가지 경우에 대해서도 측정해 보았다.

2.3 물리지표의 산출 결과

앞에서 측정한 임펄스 응답을 이용하여 「잔향시간 RT₃₀(500-1k)」, 「D₅₀」, 「STI」 등의 물리지표를 산출하여 표 2.1-2.4에 나타내었다. 각 측정 점의 위치를 전방, 중앙, 후방으로 나누고, 벽측과 내측 그리고 공식시와 착석시로 나누어 물리지표를 나타내었다.

표 2.1 AV Hall의 물리지표

Mic 위치	물리 지표	벽측(L)			내측(R)		
		공식시		착석시	공식시		착석시
		M 有	M 無		M 有	M 無	
전방 (1)	RT ₃₀	1.19	1.16	0.99	1.37	1.09	0.90
	D ₅₀	0.42	0.43	0.57	0.67	0.68	0.80
	STI	0.57	0.55	0.59	0.60	0.63	0.69
중앙 (2)	RT ₃₀	1.19	1.14	0.97	1.24	1.13	1.01
	D ₅₀	0.44	0.44	0.59	0.46	0.48	0.61
	STI	0.59	0.56	0.62	0.57	0.56	0.62
후방 (3)	RT ₃₀	1.15	1.04	0.99	1.18	1.13	0.98
	D ₅₀	0.67	0.48	0.64	0.69	0.46	0.57
	STI	0.64	0.56	0.64	0.65	0.56	0.61

표 2.2 중강의실(횡장)의 물리지표

Mic 위치	물리 지표	벽측(L)			내측(R)		
		공식시		착석시	공식시		착석시
		M 有	M 無		M 有	M 無	
전방 (1)	RT ₃₀	1.21	1.24	0.95	1.23	1.26	0.90
	D ₅₀	0.63	0.42	0.60	0.73	0.72	0.83
	STI	0.61	0.52	0.61	0.63	0.65	0.72
중앙 (2)	RT ₃₀	1.23	1.24	0.94	1.24	1.28	0.97
	D ₅₀	0.59	0.52	0.66	0.69	0.64	0.75
	STI	0.60	0.56	0.63	0.62	0.61	0.68
후방 (3)	RT ₃₀	1.25	1.22	0.97	1.21	1.34	0.99
	D ₅₀	0.59	0.50	0.63	0.64	0.60	0.72
	STI	0.60	0.55	0.63	0.61	0.59	0.66

표 2.3 중강의실(종장)의 물리지표

Mic 위치	물리지표	벽측(L)			내측(R)		
		공석시		착석시	공석시		착석시
		M 有	M 無		M 有	M 無	
전방 (1)	RT ₃₀	1.19	1.23	0.85	1.21	1.19	0.89
	D ₅₀	0.55	0.43	0.63	0.66	0.76	0.89
	STI	0.62	0.55	0.64	0.63	0.68	0.77
중앙 (2)	RT ₃₀	1.21	1.22	0.86	1.15	1.22	0.84
	D ₅₀	0.52	0.53	0.65	0.67	0.59	0.79
	STI	0.61	0.55	0.62	0.62	0.58	0.66
후방 (3)	RT ₃₀	1.18	1.19	0.97	1.19	1.21	0.98
	D ₅₀	0.58	0.53	0.69	0.69	0.56	0.67
	STI	0.60	0.57	0.64	0.61	0.57	0.62

표 2.4 대강의실의 물리지표

Mic 위치	물리지표	벽측(L)			내측(R)		
		공석시		착석시	공석시		착석시
		M 有	M 無		M 有	M 無	
전방 (1)	RT ₃₀	0.71	0.76	0.53	0.67	0.72	0.49
	D ₅₀	0.70	0.65	0.74	0.85	0.89	0.96
	STI	0.68	0.62	0.69	0.74	0.75	0.83
중앙 (2)	RT ₃₀	0.69	0.66	0.58	0.67	0.70	0.59
	D ₅₀	0.70	0.61	0.73	0.83	0.81	0.90
	STI	0.68	0.62	0.68	0.73	0.70	0.78
후방 (3)	RT ₃₀	0.67	0.70	0.60	0.68	0.73	0.60
	D ₅₀	0.69	0.64	0.66	0.77	0.74	0.79
	STI	0.69	0.63	0.68	0.70	0.66	0.74

표 2.1~2.4에서 우선, 잔향시간을 고찰해 보면 평균 잔향시간이 대강의실(공석시 : 0.71s 착석시 : 0.57s)에서 가장 짧게 나타나고 중강의실(횡장)이(공석시 : 1.26 착석시 : 0.95) 가장 길게 나타났다. 여기서 우리는 잔향시간은 강의실의 크기와는 상관성이 없음을 알 수 있다. 하지만 면적에 비해 높이가 짧은 대강의실의 경우 잔향시간이 다른 3곳 보다 평균 잔향시간이 1.75배정도 짧다는 것이 특이한 사항으로 발견되었다. 그리고 벽측과 내측에서의 평균 잔향시간을 살펴보면 중강의실(횡장)에서 0.06초 정도의 차이를 보이고 있으며 나머지 강의실에선 0.01정도 차가 남을 알 수 있다. 따라서 벽측과 내측의 평균 잔향시간은 그리 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있었다.

다음으로 공석시 마이크 사용 유·무에 따른 잔향의 차이를 살펴보면 AV홀 내측에서 0.15초로 가장 크게 나타났다으며 나머지 강의실에서는 뚜렷한 차를 보이지 않

고 있다.

D₅₀은 공석시(Microphone 無)와 착석시 모두 잔향시간이 긴고 체적이 큰 AV Hall에서 제일 작은 값이 나타나고 잔향시간이 짧고 체적이 작은 대강의실에서 큰 값이 나타난다. 그리고 중강의실에 있어서 벽측 보다도 내측쪽이 큰 값을 가지고 있고 R1 점에서 가장 큰 값을 나타낸다. 그리고 이로부터 D₅₀은 잔향시간이 짧고 강의실의 체적이 작을수록 그리고 음원에 가까울수록 높아짐을 알 수 있었다.

STI는 잔향시간이 긴 AV홀이 다른 강의실 보다 다소 작게 나타났고 잔향시간이 짧은 대강의실이 가장 큰 값을 보이고 있다. 그리고 중강의실에 있어서 D₅₀과 동일한 결과가 나타남을 볼 수 있다.

다음으로 각 강의실에 대한 D₅₀값을 가지고 마이크 사용 유·무에 따른 차이를 알아보기 위해 도표 1.1~1.4까지를 살펴보도록 하겠다.

그림 2. AV 홀에서의 D₅₀

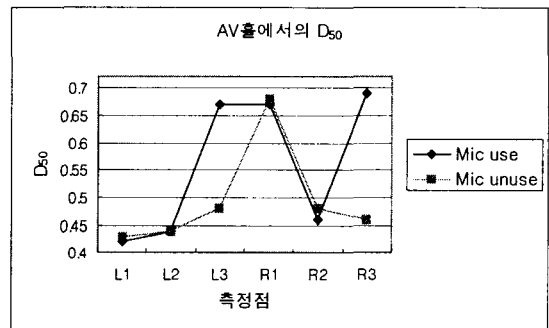


그림 3. 중강의실(횡장)에서의 D₅₀

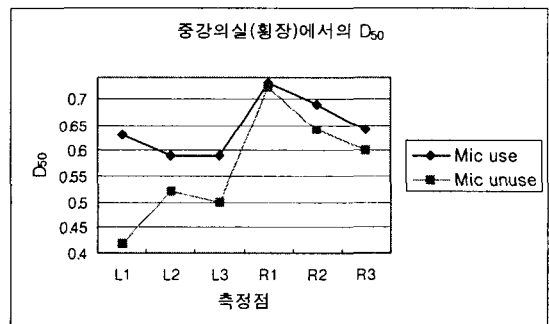


그림 4. 중강의실(중장)에서의 D50

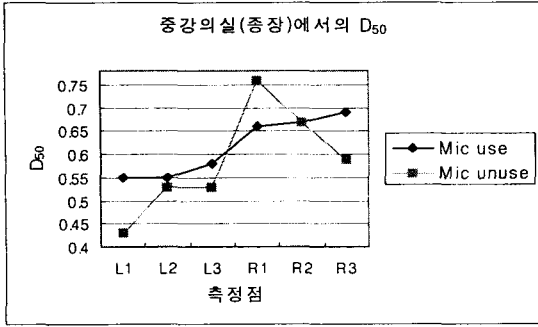
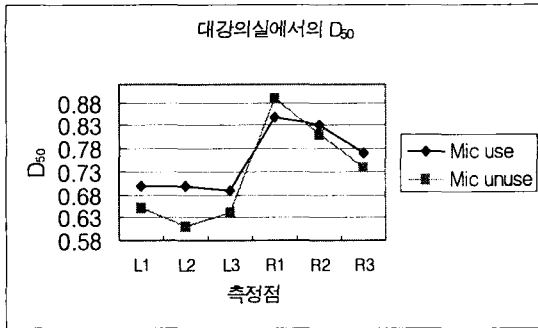


그림 5. 대강의실에서의 D50



위 그림2~5에서 마이크 사용의 유·무가 D50에 미치는 영향을 살펴보면 AV홀의 제외한 나머지 강의실에서는 R1점을 제외한 나머지 점들에서는 마이크의 사용이 그리 큰 차이를 보이지는 않지만 약간의 상승이 있음을 확인 할 수 있다. R1점은 음원으로부터 가장 가까운 거리로서 위의 결과 값으로부터 마이크를 사용할 때 화자로부터 가까이 있는 사람들에게는 오히려 음성 명료도를 저하시킴을 알 수 있었다.

이제는 각 강의실에 대한 잔향시간, D50, STI등의 물리표를 공석시와 착석시를 비교하여 각각의 물리표에 대하여 어떠한 차이점이 있는지를 알아보기 위해서 아래와 같이 그림으로 나타내었다. 아래의 그림6~8에서 알 수 있듯이 공석시와 착석시에는 전 강의실에 대해 사람들이 착석하였을 때가 그렇지 않았을 때 보다 높았다. 그리고 중강의실(중장)의 경우 0.31초 차이로 가장 크게 나타났다. 표 1을 보면 중강의실(중장)의 착석율이 48%임을 감안할 때 만약 착석율이 100%일 때는 더 큰 차이를 보일 수 있다고 생각된다. D50과 STI는 잔향시간과 반대로 공석시 보다 착석시때 더 높은

것으로 결과가 나왔다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 D50과 STI는 음성의 명료도를 평가하는 물리표이므로 잔향시간이 높으면 울림이 크므로 명료도는 저하되고 잔향시간이 짧으면 반대로 명료도는 높아진다. 따라서 D50과 STI는 잔향시간이 긴 AV에서 가장 낮고 잔향시간이 짧은 대강의실에서 가장 높게 나타난다.

그림 6. 각 강의실에 대한 잔향시간

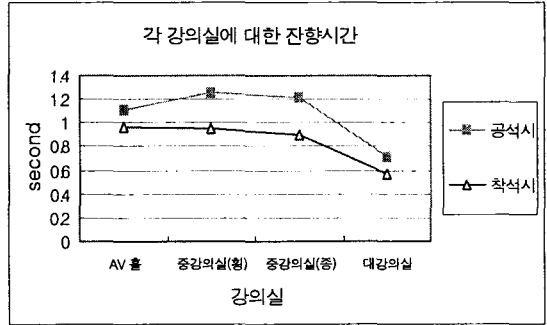


그림 7. 각 강의실에 대한 D50

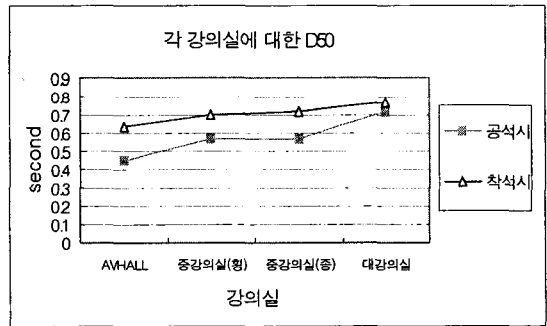
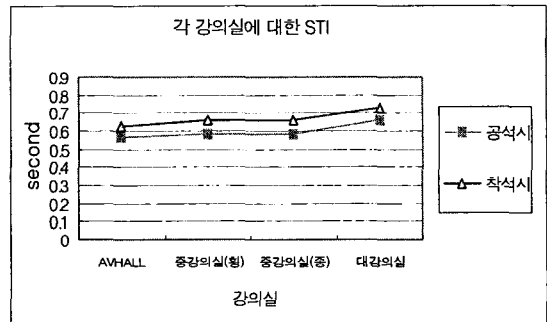


그림 8. 각 강의실에 대한 STI



3 결론

본 연구는 강의실에 있어서의 물리지표가 어떠한 환경변수(마이크 사용 유·무와 공석시와 착석시)에 따른 변화를 살펴보고자 행하였다. 이 연구로 인하여 얻어진 결과는 마이크의 사용시 음원의 바로 앞에 앉은 청취자에게는 마이크의 사용이 오히려 명료도의 저하를 초래한다는 점이고 공석시와 착석시 잔향시간의 차이가 0.2~0.3초 정도의 차를 보이고 있음을 알았다. 본 연구에서 행한 실험의 조건들이 마이크 사용 유·무에 있어서는 공석시에만 행하였고 착석시는 제외하였고, 착석시라고는 해도 30~60%내외의 착석율이었다. 잔향시간에 있어서 공석시와 착석시의 시간차가 크게 나타나므로 향후에는 100%의 착석율에서 잔향시간의 차이와 착석시에 대한 마이크 사용 유·무에 대해서도 실험을 행할 생각이다. 그리고 좀 더 정확한 물리지표 산출을 위해 무지향성 마이크로폰이 아닌 더미헤더를 이용해서 실험을 해 보도록 할 것이다..

참고문헌

- [1] R. Thiele, "Richtungsverteilung und Zeitfolge der Schallrückwürfe in Räumen," *Acoustica*, Vol.3, pp.291-302, 1953.
- [2] T. Hougast, H.J.M. Steeneken and R. Plomp, "Predicting speech intelligibility in rooms from modulation transfer function," *Acoustica*, Vol.46, pp.60-72, 1980.
- [3] M. R. Schroeder, "Modulation transfer functions," "Definition and measurement," *Acoustica*, Vol.49, pp.172-182, 1980.
- [4] 前川純一, "建築·環境音響學," vol.3, pp.66-67, 1997.
- [5] 김부길, 차경환, "소음·진동," 형설출판사, pp178, 2000.
- [6] Y.Suzuki, H-Y. Kim, F.Asano and T.Sone, "An Optimum computer generated pulse signal suitable for the measurement of very long impulse response," *J. Acoust. Soc. Amer.*, Vol.97, pp.1119-1123, 1995.
- [7] M. R. Schroeder, "New method of measuring reverberation time," *J. Acoust. Soc. Amer.*, Vol.37, pp.409-412, 1965.