

# 교실 음향에 대한 에어컨 소음의 영향

The Effects of Air Conditioner Noise on Classroom Acoustics

김수연\* · 전진용\*\*

Kim Su Yeon , Jeon Jin Yong

**Key Words** : Classroom Acoustics, Air Conditioner Noise, Mental Concentration Test, Speech Intelligibility, Phonetically Balanced

## ABSTRACT

A case-study in classroom acoustics was conducted and the effects of two types(system air conditioner and packaged air conditioner) of air conditioner were investigated. Acoustical measurements were made in two different classrooms. Each classroom has different acoustics showing sound quality of air conditioner. Mental concentration test was conducted to evaluate the effects of air conditioner noise with different sound pressure level(dBA). Speech intelligibility test was also planned with adopting Korean phonetic balanced words.

### 1. 서론

교실은 음향적인 측면에서 양질의 환경이 제공되어야 하는 곳이다. 학생들은 선생님의 수업 내용을 완전히 이해하고자 하기 때문에 이에 방해가 될 수 있는 요소, 특히 배경 소음이 낮아야 한다. ANSI S12.60-2002에서는 교실 환경의 배경소음을 35dBA, NC-25를 기준으로 삼고 있다. 또한 선생님 또는 강연자의 음성 명료도 등이 보장되어야 하는데 위와 같은 사항에 따라 학생들이 수업에 충분히 집중할 수 있는 음향적 환경이 조성되어야 한다.

본 연구에서는 교실 환경에 대해 에어컨 소음이 미치는 영향에 대해 알아보려 한다. 현재 대부분의 교실 및 강의실에서는 여름철에 에어컨이 가동되고 있으며 이에 따른 소음은 교실환경의 배경 소음에 영향을 미치고 있어 수업에 음향적인 장애가 있을 것을 예상해 볼 수 있다. 이전 연구에서는 교실음향에 대해 소음에 의한 학생들의 학업 성취도 영향 평가에 관해 연구가 진행된 바 있다. Lukas 등(1981)은 교통 소음에 의해서 읽기와 계산 능력이 감소된다는 연구 결과를 발표했다. 또한 Houtgast(1981)는 15dBA의 신호 대 잡음비(S/N)정도이면 소음으로 인한 음성 명료도 평가 감소 등의 부정적인 영향을 제어할 수 있다고 하였다. 교실 환경의 잔향 시간 역시 좋은 교실 음향을 결정짓는

요소이다. Nablek 과 Pickett(1974)은 다양한 잔향시간을 가진 여러 교실 공간에서의 실험을 통해 잔향시간이 0초에 가까워질수록 음성 명료도 평가 점수(Speech Intelligibility Scores)가 높아진다는 결과를 발표하였고 Bradley(1986)는 교실 음향에서 물리적인 파라미터인 Clarity(C50, C80 등)과 잔향시간의 반비례 관계를 규명하였다.

본 연구에서는 에어컨 소음의 종류를 패키지 에어컨과 시스템 에어컨으로 나누어 각각의 에어컨이 설치된 교실 음향의 Case Study를 통해 각기 다른 교실 음향 환경을 분석하고 에어컨 소음의 교실 음향 분포를 살펴보았다. 그리고 에어컨 소음에 의한 청감 영향을 학생들의 집중도와 음성 명료도 테스트를 통해 조사하였다. 또한 Zwicker Parameters를 활용하여 시스템 에어컨과 패키지 에어컨의 음질 평가를 실시하여 청감 평가 결과를 설명하였다.

### 2. 실내음향 및 소음레벨

#### 2-1 잔향시간 및 음성 명료도

교실 음향의 측정은 패키지 에어컨과 시스템 에어컨이 설치되어 있는 비슷한 규모의 대학 강의실에서 이루어졌다. Type A 강의실은 천장에 시스템 에어컨이 설치되어 있으며 크기는 11.6m x 10.7m x 2.5m(가로x세로x높이)로 용적은 약 310m<sup>3</sup>이다. Type B 강의실은 한구석에 패키지 에어컨이 설치되어 있으며 크기는 10.6m x 11.4m x 2.4m로 용적은 약 290m<sup>3</sup>이다.

물리적 음향 요소는 Type A 강의실은 12개 소, Type B

\* 한양대학교 건축공학과 대학원  
E-mail : monetsy@hotmail.com  
Tel : (02) 220-1795, Fax : (02) 2291-1793

\*\* 한양대학교 건축공학과 부교수

강의실은 19개소의 수음점을 지정하여 측정하였다. 음원은 50Hz-18000Hz 대역의 10초간의 swept sine을 사용하였다. Type A 강의실은 바닥이 콘크리트로 시공되어 있으며 평균 잔향시간이 0.73초로 나타났다. 바닥에 카펫이 설치되어 있어 흡음이 되는 Type B 강의실의 평균 잔향시간은 0.29초였다.

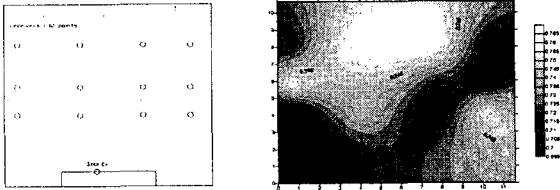


그림 2.1 Type A 강의실 측정 도식도 및 T20

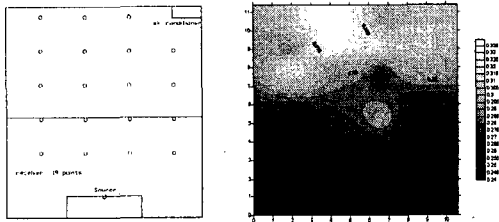


그림 2.2 Type B 강의실 측정 도식도 및 T20 분포

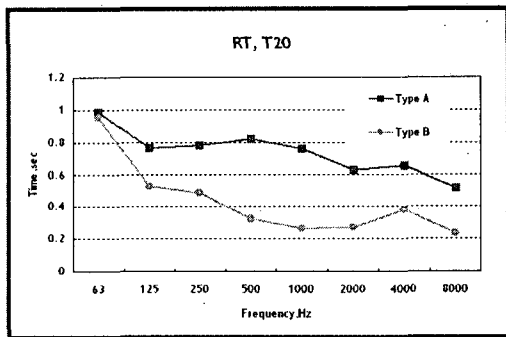


그림 2.3 각 강의실의 주파수 대역별 잔향시간, T20

C80의 경우 500, 1000, 2000Hz 대역에서 Type A의 경우 5-8dB, Type B의 경우 16-22dB분포를 나타냈다. STI(Speech Transmission Index)는 Type A는 0.69, Type B는 0.84로 Type B 강의실에서 높은 음성 전달 지수가 측정되었다.

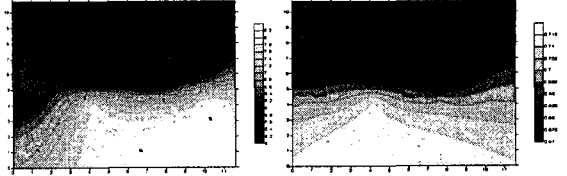


그림 2.4 Type A C80 분포

그림 2.5 Type A STI 분포

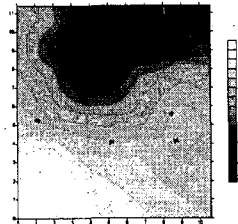


그림 2.6 Type A C80 분포

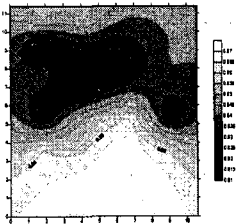


그림 2.7 Type B STI 분포

## 2-2 에어컨 소음 분포

각 강의실에서의 에어컨 음압레벨의 분포를 측정된 결과 패키지 에어컨의 음압레벨이 시스템 에어컨보다 더 높게 나타났다. 특히 패키지 에어컨의 경우 에어컨과 가까운 자리의 소음 레벨 먼 자리보다 15dB 이상 높아 국부적인 소음의 집중 현상이 나타났다. Type A 강의실의 시스템 에어컨은 천정 3개소에 위치해 있다. 시스템 에어컨의 경우 패키지 에어컨의 소음 레벨 분포보다 편차가 적게 나타나 대체적으로 패키지 에어컨에 비해 균등한 소음 분포가 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

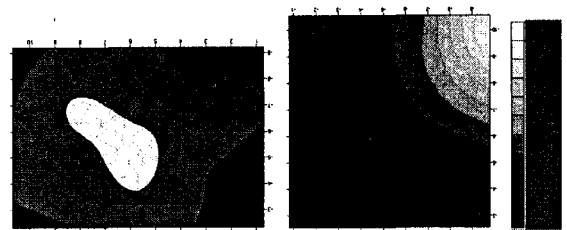


그림 2.8 시스템 에어컨 SPL(dBA)

그림 2.9 패키지 에어컨 SPL(dBA)

## 3. 청감실험

### 3-1 집중도 테스트

에어컨 소음에 대해 학생들의 학업 성취와 관련하여 각 에어컨의 소음 레벨 변화에 대해 집중력의 정도를 시험해 보았다. 시험 프로그램은 한양대 의료 공학 연구실에서 개발하여 정신과 및 신경과에서 집중력 검사에 사용되고 있는 Attention 3000을 활용하였다.

## (1) 실험 설계

에어컨 소음레벨은 시스템 에어컨과 패키지 에어컨에 대해 각각 40, 50, 60dB(A)로 조정되었으며 실험 장소인 청감실험용 챔버의 배경 소음 환경(NC-20)이 시험 조건 항목에 추가되었다. 시험 내용은 시각 인지에 의한 집중력과 청각 인지에 의한 집중력으로 나누어져 실시되었다.

표 3.1 집중력 테스트 실험 조건

Case	Noise Condition		실험참가인원
	Type	dB(A)	
1	챔버	NC-20	40
2	시스템	40dB(A)	20
3	시스템	50dB(A)	20
4	시스템	60dB(A)	20
5	패키지	40dB(A)	20
6	패키지	50dB(A)	20
7	패키지	60dB(A)	20

표 3.2 집중력 테스트 내용

시각 인지에 의한 집중력	청각 인지에 의한 집중력
주의력	주의력
지속력	지속력
분산력	정확력

## (2) 실험 결과

시스템 에어컨의 경우 에어컨의 레벨이 증가할수록 집중도 테스트의 정답률이 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 패키지 에어컨의 경우에는 에어컨 소음 레벨 변화에 대해 정답률의 감소가 나타나지 않았다.

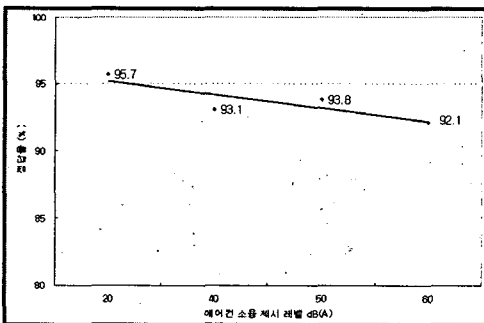


그림 3.1 시스템 에어컨 집중도 시험 결과

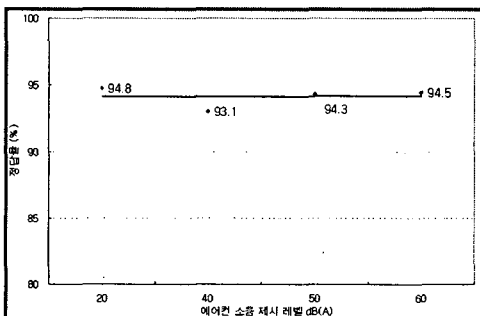


그림 3.2 패키지 에어컨 집중도 시험 결과

이와 같은 결과는 에어컨 음질의 차이로 설명될 수 있을 것이다. 음질을 평가하는 요소인 Zwicker parameter로 위 현상을 분석해 보았다. 시스템 에어컨은 레벨 변화 즉 Loudness 증가가 에어컨 소음에 의한 집중도 방해에 영향을 미치는 요소였다면 패키지 에어컨은 소음의 크기를 나타내는 Loudness보다는 그림 3.3에서와 같이 소음의 변이 특성을 나타내는 Fluctuation Strength가 특히 15 Bark이상의 고주파수 영역에서 더 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

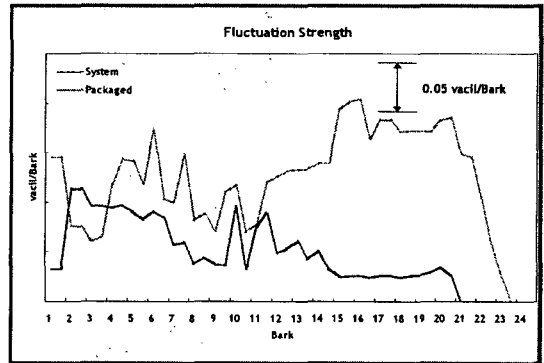


그림 3.3 Type A,B의 Fluctuation Strength

동일한 평균 음압레벨에 대해 시스템 에어컨과 패키지 에어컨의 Fluctuation strength는 그림 3.3과 같이 패키지 에어컨의 Fluctuation strength가 고주파수 영역에서 시스템 에어컨보다 크게 나타났다.

그러나 위의 집중도 테스트는 테스트를 진행하면서 같은 실험 양식에 대해 피험자가 적응(adaptation)되어 결과에 영향을 미쳐 정답률의 차이가 크게 나타나지 않았다. 따라서 집중도 테스트를 보완하기 위해 음성 명료도 테스트(Speech Intelligibility Test)를 시행하고자 한다.

### 3-2 음성 명료도 시험(Speech Intelligibility Test)

음성 명료도 시험은 이미 국외에서는 음성 전달의 명료도를 평가하기 위해 통신, 전자부품, 건축공간 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 실험방법론으로는 ANSI S3.2-1989와 ISO 9921 규정이 있다.

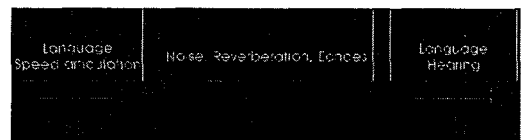


그림 3.4 음성 명료도 전달 과정

그림 3.4와 같이 음성 명료도는 강연자의 음성 전달 시 공

간의 배경소음, 잔향시간, 에코 등에 의해 방해될 받게 된다. 음성 명료도 테스트 점수는 백분율 음성 명료도 (Percent Speech Intelligibility)로 정의되어지는데 이는 청취자 집단에 의하여 목록 내에서 바르게 답한 항목에서 청취자가 항목 당 가능하다고 보는 답에 의해 우연히 맞추는 경우를 보정을 한 백분율로 정의한다.

$$I = \frac{100}{T} \left( R - \frac{W}{N-1} \right) \% \quad \dots \text{식 3.1}$$

식 3.1에서 T는 시험에서 항목의 수이고 N은 각 항목에 대하여 정답으로 생각할 수 있는 답의 수이다. R은 정답, W는 오답의 수를 뜻한다. 마지막 항은 우연히 답을 고를 가능성을 보정한 것이다.

### (1) 실험 설계

한국어 음성 명료도 테스트를 위해 ANSI 및 ISO 규정에 명시된 방법론 중 "음성적으로 균형 있는"(PB, Phonetically Balanced) 목록을 활용한 개방형 시험(open test)을 도입하였다. 개방형 시험은 총 20개의 목록 item으로 구성된다. 본 연구에서는 에어컨 소음에 의한 강의실 음향 청감 영향을 살펴보기 위해 에어컨 소음 레벨과 음성 어휘 레벨과의 S/N 을 조정해가면서 본 시험을 실시하였다.

표 3.3 PB 시험 목록 item 예시

item 1	item 2	item 3	item 4
청와대	과인이	레도틀	오존층이
컴퓨터	되잖이	거역이	육체적
그에게	뇌물을	계약을	피해자의
위대한	의외로	놓치지	어떻습니까
당뇨병	거예요	관세음보살	무엇보다도
그야말로	누워서	평장히	부딪혀
예컨대	특례를	스위스	못지않게
분야에서	알코올	의약품	특특히
어두운	이집트	최우선	협동을
소프트웨어	나와야	쓰여진	재활용
됐습니다	에이다	임진왜란	때맞기고
아니나는	왔지만	집행유예	애초에
야당의	경우와	귀여운	깨끗이
낙화암	왜곡된	노예가	멀티미디어
요컨대	뒤따라야	두려워하지	범위내에서
자유와	명예를	뒷받침해	원평균
주위의	소외된	얼쇠를	에너지
최악이	이쉬운	예민한	죄책감을
의욕을	계열사	현명한	효과적으로
위라고	계획하고	제약을	위태롭게

표 3.4 실험 방법 : 에어컨 소음 대 음성 레벨 비 조정

Type	S/N(dBA)	Type	S/N(dBA)
	-5		-5
	0		0
시스템	5	패키지	5
	10		10
	15		15

에어컨 소음은 강의실에서 녹음한 음원을 사용하며 성우의 음성 어휘 녹음원은 각각의 강의실에서 측정된 Impulse Response와 가청화를 이용해 실제 강의실에서의 청감 특성을 반영해준다.

### 4. 결론

강의실 음향 측정 결과 강의실 Type A와 Type B의 잔향 시간은 흡음시공 여부에 따라 0.45초 정도의 차이가 났으며 C80 또한 10dB이상의 큰 차이를 보였다. 물리적 요소의 측정 결과 음성 명료도를 비롯한 강의실 음향 환경은 패키지 에어컨 설치 환경이 더 나은 것으로 조사되었다. 그러나 집중도 테스트 시험 결과 소음 레벨에 따라 패키지 에어컨에 의한 집중력 감소 경향은 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 에어컨 소음 분석 결과 특히 패키지 에어컨의 변동 특성이 시스템 에어컨보다 더 크게 나타났다. 따라서 에어컨 소음이 배경 소음으로 작용할 경우 음질 특성에 의해 강의실 환경에 대한 평가가 다소 상이하게 나타날 것으로 예상된다. 위 결론을 보완하기 위해 음성 명료도 테스트를 추가로 실시하였다. 향후 시스템 및 패키지 에어컨의 자세한 음질 분석을 통해 집중도 및 음성 명료도 테스트 결과를 설명할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- (1) A. K. Nabelek and J. M. Pickett, "Monaural and Binaural Speech Perception in Reverberation for Listeners of Various Age", J. Acoust. Soc. Am. 71, 1242-1248(1982)
- (2) J. S. Lukas, R. D. Dupree J. W. Swing, " Effects of Noise on Academic Achievements and Classroom Behaviour, " State of California Report FHWA/CA/DOHS-81/01, Berkeley(September 1981)
- (3) J. S. Bradley, "Predictors of Speech Intelligibility in Rooms", J. Acoust. Soc. Am. 80, 837-845(1986)
- (4) A. C. Neumann and I. Hochberg, "Children's Perception of Speech in Reverberation", J. Acoust. Soc. Am. 73, 2145-2149(1983)
- (5) J. S. Bradley, "Speech Intelligibility studies in classrooms", J. Acoust. Soc. Am. 80(3), 845-854(1986)
- (6) S. Hygge, "Classroom Experiments in the Effects of Different Noise Sources and Sound Levels on Long-term Recall and Recognition in Children", Appl. Cognit. Pshychol. 17 : 895-914(2004)
- (7) M. Hodgson, "Case-study evaluations of the acoustical designs of renovated university classrooms", Appl. Acous. 65, 69-89(2004)