

강의실 내의 물리지표와 주관적 평가와의 상관관계 The relevancy between physical index and subjective appraisal of classrooms

이 채 봉*, 김 용 만*

*동서대학교 정보시스템공학부

Chai-Bong Lee*, Yong-Man Kim*

*Information System Eng. Dongseo Univ.

Key Words : TSP(Time-Stretched-Pulse), reverberation-time(잔향시간), clearness(명료도),
speech-transmission-index(음성전달도)

Abstract

The eventual purpose of this research is to make optimum standards for acoustic-environment by using not only physical characteristics but also subjective appraisals. Basic physical data were measured which were necessary to establish standards for acoustic environment in campus buildings, TSP has used to measure sound levels, reverberation times, clearness indexes, and speech-transmission-index. In addition to physical characteristics, questionnaires were given to university students to given subjective appraisals. For instance, questions about volume or clearness of lectures. The relevancy between physical characteristics and subjective appraisals was studied.

1. 서 론

건축물은 그 사용목적에 따라서 적절한 음환경을 실현하기 위한 설계가 필요하다고 생각되어지나 현실에서는 외관의 배치에만 주의를 집중하고 있어 음환경에는 거의 대부분이 배려되지 않는 경우가 많다. 우선 미국과 유러에 비례해서 우리나라 하급건축물에 인어서는 강의실의 음환경에 많은 배려가 있어야 함에도 불구하고 건축설계현장, 교육현장에서는 그것을 위한 지침을 갖지 못하였다.

학교건축물에 대한 예비조사로써 동서대학교 내에 있는 여러 가지 제원을 가지고 강의실에 대한 임펄스 응

답을 측정하여 그것에 따라 잔향시간(RT), D50(Deutlichkeit), STI(Speech Transmission index)[1~5] 등으로 물리지표를 산출했다. 또한, 교육현장에 대한 의견을 수집하기 위하여 교원과 학생을 대상으로 강의실 내의 음환경에 대해서 설문조사를 실시하였다. 그리고, 본 설문조사결과를 잔향시간(RT), D50, STI 등의 물리지표와 연관시켜 학교 건축물에 대한 실내 음환경을 검토하기 위한 기초자료를 작성하였다.

2. 임펄스 응답의 측정과 물리지표의 산출

표 1. 조사대상 강의실

명 칭	크 기	수 용 인 원
소강의실	폭7.5×길이9×높이 2.5m	56
대강의실	폭7.5×길이13.5× 높이2.5m	99
계단식강의실	232m ²	185

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

이번 조사의 대상이 된 동서대학교의 각 강의실의 크기, 수용인원에 대하여 표 1에 표시하였다. 위의 소강의실과 대강의실은 앞뒤의 벽이 시멘트로 되어있고, 옆쪽의 벽은 한 쪽은 시멘트벽이고, 다른 한쪽은 창문으로 되어있으며, 천장은 석고 보드로 되어있다. 계단식강의실은 천장은 석고 보드로 되어있고, 나머지 부분은 시멘트로 되어있다. 표 1에 나타나 있는 크기가 서로 다른 세 개의 강의실에 있어서 임펄스 응답을 측정하였다. 그림 1은 소강의실에 대한 임펄스 응답을 측정할 때 음원 및 측정점의 배치를 나타내었다.

그림 1. 소강의실의 스피커와 마이크론의 위치

음원 스피커는 수업 중에 발생자가 위치하고 있는 강단 중앙에 높이 1.5m의 위치에 설치하였다. 측정 점의 위치는 소강의실과 대강의실의 경우 강의실의 벽측과 내측, 창측의 전방, 중앙, 후방의 9점으로 하였다. 계단식강의실의 경우는 좌우 대칭의 구조이므로 벽측과 내측의 3곳(전방, 중앙, 후방)으로 하여 총 6점으로 하였다. 마이크론의 높이는 착석 시 귀의 높이에 해당하는 1.2m의 높이에 설치하였다. 측정은 그림 1에서 보이는 것과 같이 소강의실과 대강의실의 경우는 9개의 측정점과 계단식강의실의 경우는 6개의 측정점에 있어서 물리지표를 산출하기 위해 무지향성 마이크론(B&K, 4189)을 사용하여 임펄스 응답을 측정하였다. 측정 신호로는 TSP(Time-Stretched-Pulse)신호[6]를 사용하였고 10회의 가산평균을 실시하였다. 신호의 표본화 주파수는 48kHz로 하였으며, 각 강의실마다 사람이 없는 공석 시에 측정을 하였다. 앞에서 측정한 임펄스 응답을 사용하여 잔향시간(RT30[500Hz])[7], D50, STI를 산출하여 표 2~4에 나타내었다. 표에는 각 측정점의 위치를 전방, 중앙, 후방의 3개로 나누어 벽측과 내측, 창측(계단식강의실은 벽측과 내측)에 있어서 공석 시의 물리지표를 나타내고 있다.

표 2. 소강의실 내의 객석에서의 물리지표

	물리지표	벽측	내측	창측
전방	RT30	0.98	0.80	0.99
	D50	0.417	0.349	0.597
	STI	0.55	0.56	0.55
중앙	RT30	0.91	0.76	0.90
	D50	0.203	0.204	0.506
	STI	0.51	0.56	0.53
후방	RT30	0.84	0.76	0.77
	D50	0.203	0.214	0.299
	STI	0.55	0.54	0.54

표 3. 대강의실 내의 객석에서의 물리지표

	물리지표	벽측	내측	창측
전방	RT30	0.90	1.04	0.94
	D50	0.448	0.571	0.572
	STI	0.54	0.64	0.59
중앙	RT30	0.89	0.95	0.89
	D50	0.439	0.399	0.334
	STI	0.54	0.57	0.58
후방	RT30	0.86	0.81	0.86
	D50	0.089	0.138	0.175
	STI	0.55	0.55	0.56

표 4. 계단식강의실 내의 객석에서의 물리지표

	물리지표	벽측	내측
전방	RT30	1.04	0.96
	D50	0.394	0.511
	STI	0.53	0.62
중앙	RT30	0.89	0.85
	D50	0.191	0.331
	STI	0.52	0.54
후방	RT30	0.63	0.69
	D50	0.015	0.013
	STI	0.51	0.54

표 2~4에서 각 강의실에 있어서 전체 잔향시간의 평균을 보면 대강의실의 잔향시간(0.90s)이 가장 길고, 소강의실의 잔향시간(0.86s)과 계단식강의실의 잔향시간

(0.84s)은 비슷하게 나오는 것으로 나타났다. 또한 소강의실의 경우는 내측(0.77s)보다 벽측(0.91s)이나 창측(0.89s)의 잔향시간이 길게 나타났다. 대강의실의 경우는 내측(0.93s)이 벽측(0.88s)이나 창측(0.90s)보다 조금 높게 난 것으로 보아 소강의실과는 반대의 현상이 나타나는 것을 알 수 있었다. 계단식강의실 같은 경우는 벽측(0.85s)과 내측(0.83s)이 별 차이가 없었다.

D50은 평균적으로 계단식강의실이 가장 작은 값(0.243)으로 나타났고, 대강의실에서 가장 큰 값(0.351)을 보였다. 그리고 대강의실의 경우 벽측(0.325)보다는 내측(0.369)이나 창측(0.360)이 큰 값을 보이고 있다. 소강의실의 경우는 벽측(0.274)이나 내측(0.256)보다 창측(0.467)이 매우 높은 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

STI는 D50과 잔향시간이 가장 큰 값을 가진 대강의실(0.57)이 가장 컸고, 소강의실(0.54)과 계단식강의실(0.54)이 작게 나타났다. 그리고 모든 강의실이 벽측이나 창측보다 내측이 높은 값을 보이고 있다.

표 2~4는 500Hz의 주파수만을 분석하여 나타낸 것이다. 그림 2~4는 잔향시간을 각 주파수별로 나타낸 것이다. 소강의실과 대강의실의 경우는 각 측정위치인 벽측, 내측, 창측의 전방, 중앙, 후방의 9곳의 측정위치에서 측정된 값을 주파수별로 표시하였으며, 계단식강의실의 경우는 각 측정위치인 벽측과 내측의 전방, 중앙, 후방의 6곳의 측정위치에서 측정된 값을 주파수별로 표시하였다. 또한, 각 주파수대의 평균을 실선으로 연결하여 표시하였다.

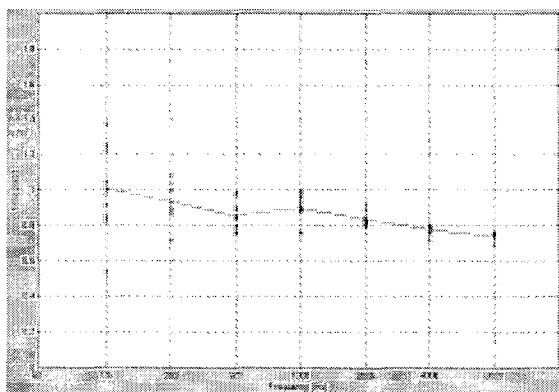


그림2. 소강의실의 주파수별 잔향시간

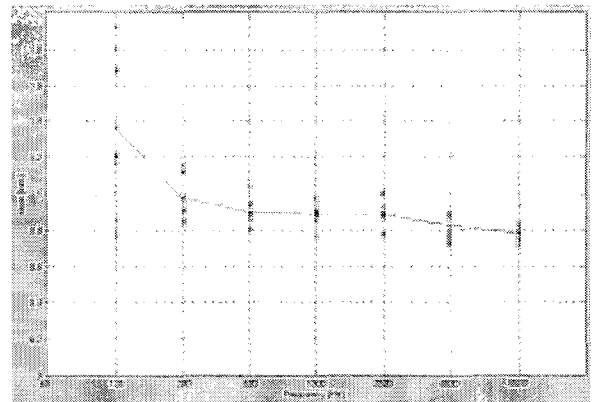


그림 3. 대강의실의 주파수별 잔향시간

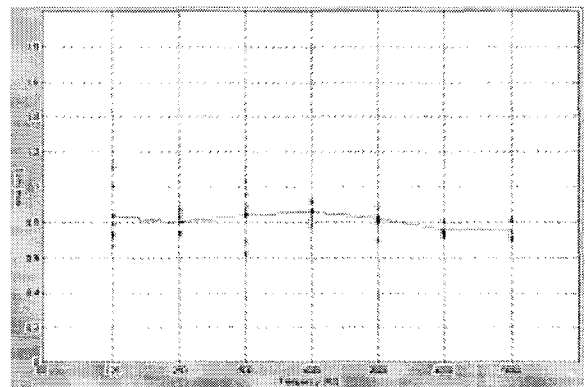


그림 4. 계단식강의실의 주파수별 잔향시간

그림 2~4에서 모든 강의실에서 저주파수대의 잔향시간이 고주파수대의 잔향시간보다 길게 나타나 있는 것을 알 수 있다. 대강의실의 경우는 그 차이가 현저히 두드러지게 나타나고 있고, 계단식강의실의 경우는 그 차이가 크게 나지 않았다.

3. 강의실 내의 음환경에 대한 설문조사

표 1에 보인 바와 같이 실제의 교육현장에서 의견을 수집하기 위해 강의실에서 주 발생자인 교수와 청취자인 학생을 대상으로 강의실의 음환경에 대한 설문조사를 실시하였다. 조사는 각 강의실에 있어서 그 강의실의 음환경을 어느 정도 이해하였다고 생각되는 학기의 마지막 강의시간에 하였다.

설문조사는 각 강의실에서 강의를 행하는 교수와 강

의를 받고 있는 학생을 대상으로 하였다. 설문은 강의 중에 주 발성자인 교수용과 수업을 듣는 자인 학생용 두종류로 준비했다. 설문의 주된 내용은 다음과 같다.

- ① 강의실의 크기와 수강생의 인원수와의 적합성에 대하여
- ② 강의실의 음향특성에 대하여(대강의실, 계단식강의실)
- ③ 강의실의 음의 울림에 대하여
- ④ 강의 중 거슬리는 음에 대하여
- ⑤ 강의 중 수강생이 질문하는 소리의 들림에 대하여 (교수)
- ⑥ 확장장치(마이크) 사용유무에 대하여(교수)
- ⑦ 강의에 기인하는 소리의 변화나 목의 아픔에 대하여 (교수)
- ⑧ 강사의 소리를 알아차림에 대하여(학생)
- ⑨ 강사의 소리의 크기에 대하여

표 5는 각 강의실에서 교수와 학생으로부터 회수한 용지 수이다.

표 5. 설문용지 회수 수

강의실	학생	교수
소강의실	40	10
대강의실	64	5
계단식강의실	70	5
합 계	174	20

표 5에 보인 각 설문에 대한 교수의 회답결과로서 다음과 같은 것을 알았다.

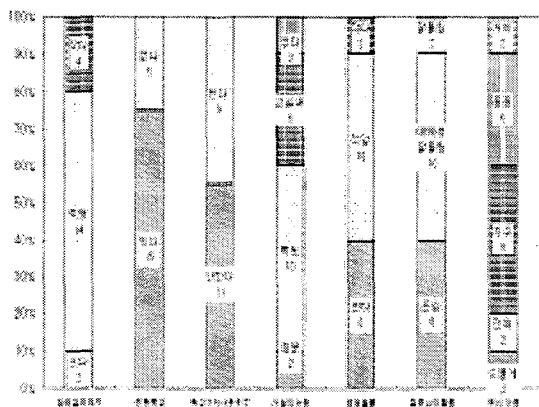


그림 5. 교수에 의한 설문조사 결과

강의실의 크기에 대해서는 14명이 「적당하다」라고 대답하였고, 6명이 「적당하지 않다」라고 대답하였다. 그 내역을 보면, 소강의실의 경우는 전원이 「적당하다」라고 대답을 하였고, 대강의실과 계단식강의실 각각 3명이 「적당하지 않다」라고 대답을 하였다.

음의 울림에 대해서(학생과 교수의 문답 시)는 울림이 「적당하다」고 대답한 사람이 10명이고, 「너무 울려서 대화가 곤란하다」고 대답한 사람이 8명이고, 「너무 울리지 않아서 대화가 곤란하다」라고 대답한 사람이 2명 이었다. 그 내역을 보면 소강의실의 경우 「적당하다」라고 대답한 사람이 6명이고, 「너무 울려서 대화가 곤란하다」라고 대답한 사람이 3명, 「잘 모르겠다」라고 대답한 사람이 1명 이었다. 대강의실의 경우 「적당하다」라고 대답한 사람이 4명이고, 「너무 울리지 않아서 대화가 곤란하다」고 대답한 사람이 1명 이었다. 계단식 강의실에 있어서는 「너무 울려서 대화가 곤란하다」라고 대답한 사람이 5명으로 전원이 대답했다.

학생들의 질문을 알아차림에 대해서는 「잘 들린다」라고 대답한 사람이 2명이고, 「대체로 잘 들린다」라고 대답한 사람은 8명, 「알아듣기 곤란하다」라고 대답한 사람이 10명이다. 「알아듣기 곤란하다」라고 대답한 것의 내역을 보면 소강의실의 경우는 1명, 대강의실의 경우는 2명, 계단식 강의실에서는 전원이었다. 그 주된 이유는 「울림이 너무 크다」라고 대답했다.

그림 3~5에서, 각 설문에 대상이 된 학생에 의한 회답을 강의실에 따라 집계하였다. 그림 중의 수치는 응답한 사람의 수를 나타낸 것이다.

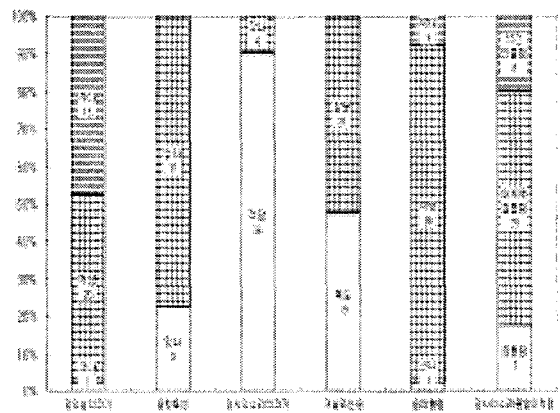


그림 6. 소강의실의 설문조사 결과

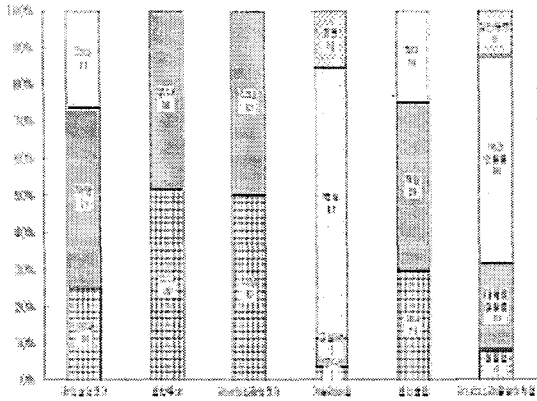


그림 7. 대강의실의 설문조사 결과

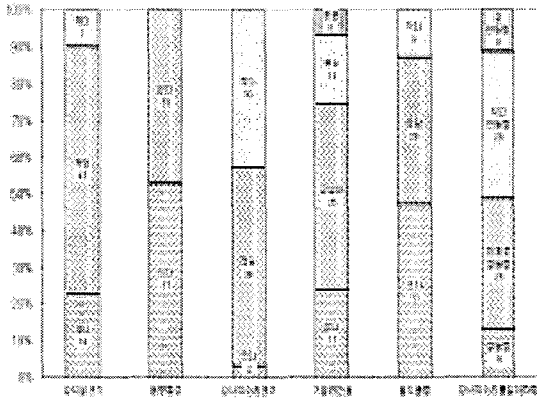


그림 8. 계단식강의실의 설문조사 결과

그림 6의 소강의실의 경우 「거슬리는 음」에 대한 설문내용의 대답으로써 모두가 외부로부터의 소음이었다. 그림 7의 대강의실 같은 경우에도 대부분이 외부로부터의 소음이었으며, 이와는 달리 계단식 강의실 같은 경우에는 절반이 강의실 내의 소음으로 나타났다.

그림 7과 그림 8에서 「음향특성」에 대한 설문내용에서 거의 절반이 마이크 사용 시 「거슬림이 있다」라고 대답한 것으로 보아 강의실 내의 음향특성에 문제점이 있는 것으로 나타났다. 또한 학생들의 음환경에 대한 관심도가 높은 것을 알았다.

「강사의 소리의 크기」에 대한 설문내용에서 소강의실의 경우는 대부분이 적당하다고 말한데 비해, 대강의실과 계단식강의실의 경우는 절반이 「적당하지 않다」라고 대답을 하였다.

「음의 울림」에 대한 설문내용에서 그림 6의 소강의실

같은 경우에는 대부분이 적당하다고 말한데 비해 대강의실과 계단식강의실의 경우는 「적당하지 않다」라고 대답하는 학생이 반수를 넘었다.

다른 강의실과는 달리 그림 8의 계단식강의실 같은 경우에는 「강사의 소리를 알아차림」에 대한 설문내용에서 절반이상인 교수의 말이 알아듣기가 곤란하다고 대답하였다. 그 내역을 보면 「강사의 소리의 크기가 너무 작기 때문에」라고 대답한 사람이 18명이고, 「강의실이 너무 울려서」라고 대답한 사람이 8명, 「강의실 내의 소음」이라고 대답한 사람이 6명, 「강의실 밖의 소음」이라고 대답한 사람이 4명으로 나타났다.

4. 물리지표와의 관련성에 있어서의 고찰

본 절에서는 앞에서 기술한 각 강의실에 대한 잔향시간, D50, STI 등의 물리지표와 설문조사 결과와의 관련성에 대하여 검토하였다. 잔향시간에 대해서는 공식 시에 있어서의 유럽 각 국의 기준(예컨대 프랑스의 경우 : 500, 1000, 2000Hz의 옥타브 밴드 대역에 있어 공식시의 잔향시간이 250 입방미터 이하의 강의실에서는 0.4~0.8s, 250 입방미터를 넘는 강의실에서는 0.6~1.2s)과 비교하면, 소강의실과 계단식강의실에서 약간 큰 값을 보이고 있다. 실제 설문조사에서도 소강의실의 경우, 교수들은 「너무 울려서 대화가 곤란하다」라고 대답하는 비율이 높았다. 대강의실의 경우 교수들은 대부분이 「적당하다」라고 한 것과 비교하여도 음의 울림에 있어서는 계단식강의실의 음의 「울림이 크다」라고 대답한 사람의 수가 교수는 전원이었고, 학생은 상당수가 있었다. 이와 달리 대강의실의 경우는 음의 「울림이 작다」라고 대답한 사람이 상당수가 있었다.

이것으로 보아 잔향시간이라는 물리지표와 음의 울림에 대한 설문조사에서 교수와 학생 모두 같은 형태의 경향을 보이고 있으며 무엇인가 관련이 있음을 짐작 할 수 있다.

D50나 STI에 대해서 가장 낮은 D50나 STI값을 나타내고 있는 계단식강의실의 경우, 학생들의 설문조사 결과에서도 「강사의 소리가 알아듣기 어렵다」고 답하는 비율이 높았다. 이런 계단식강의실과 비교하여 D50이나 STI의 값이 가장 큰 대강의실의 경우에도 강사의 소리를 알아듣기가 어렵다고 답하는 비율이 높았으나, 이것은 강사의 목소리가 작아서 나타나는 현상과 강사가 마이크를 사용하지 않았을 때의 경우라고 답하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 학교 건축물의 교내 음환경기준 확립에 관한 연구의 일환으로 강의실 내에서 측정된 임펄스 응답에 따라서 잔향시간, D50, STI 등의 물리지표를 산출하였다. 또한 실제의 교육현장에 있어 교수와 학생을 대상으로 한 설문조사를 실시하여 강의실내의 음환경에 대한 현상을 고찰하였다. 이번 조사의 대상이 된 강의실에 있어서는 물리지표와 설문조사의 회답으로써 강의실 내의 음환경에 대한 물리지표와 주관적 평가와의 상관관계가 있을 것이라는 것을 알 수 있었다.

앞으로는 강의실의 공석 시 뿐만 아니라 학생들의 착석 시 잔향시간, D50, STI 등의 물리지표를 산출하고, 더미헤드를 이용한 임펄스 응답을 측정하여 설문조사에서 얻은 주관적 평가와의 상관관계에 대하여 조사할 예정이다.

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.