

강의실에서의 음향특성 평가에 관한 연구

A study of the estimation for sound property in the classroom

이 채 봉*

Chai-Bong Lee*

요 약

강의실에서의 환경조건을 확립하기 위해 PA(Public-Address)를 사용한 경우와 PA를 사용하지 않은 경우의 두 가지 패턴으로 임펄스 응답을 측정하였다. 측정결과에 의해 음성 명료도에 관련된 음향물리지표를 계산하고 PA 유무에 의한 각 지표의 차이를 검토하였다. 그리고 임펄스 응답을 이용하여 4연속 음절 명료도 시험을 하여 잔향에 따른 PA 사용이 어느 정도 음성 듣기를 향상시키고 있는가도 검토하였다.

그 결과, 잔향이 어느 정도 적은 경우에는 PA에 의한 음압레벨의 향상이 충분한 명료도의 개선이 되는 가능성이 있으나 잔향이 긴 경우에는 제시 음압레벨을 높여도 PA 시스템에서는 명료도의 개선이 기여되지 않는다는 것을 알 수 있었다.

Abstract

In order to establish the environmental condition of sounds in the classroom, we measured the impulse response in cases of using and not-using PA(Public-Address). By calculating the physical index of acoustics, I examined the differences between the two cases. The degree of improvement in listening with the help of PA has also been studied by testing the voice articulation with the use of the measured impulse response.

As a result, I found that the clearness is enhanced by increasing the sound pressure level in the case of short reverberation. However, it was not the case when the reverberation time was long.

Keywords : Classroom, Public-Address, Impulse response, Reverberation, Articulation

I. 서 론

건축물은 사용목적에 따라 적절한 음환경 조건을 만족할 필요가 있으나 현실에서는 외관이나 위치만을 고려하고 음환경에 대해서는 전혀 고려하지 않는 경우가 많다. 특히 학교 건축물에서는 음성전달 성능의 수준이 일정레벨에 도달하지 않는 문제가 많다. 따라서 강당, 다목적 홀, 교실 등의 음성전달이 주요한 목적이 되는 건축공간에서는 어느 정도의 수준을 확보할 필요가 있다. 음성전달이 주목적이 아닌 경기장, 역, 공항, 공장 등 넓은 범위에 다수의 사람이 확실히 정보를 전달할 필요가 있는 장소는 많이 존재한다. 이와 같은 요구를 만족하기 위해서는 큰 용적을 가진 건축공간에서는 음의 전달 범위를 넓게 하기위해 여러 개의 스피커를 사용한 PA가 일반적이다. 여기에서 PA는 Public-Address의 약자로 공공전달 또는 공적 확성을 말하며 확성장치에 의해 정보를 대중에 전달하는 것을 의미한다

다[1].

정보를 보다 넓은 범위에 전달하는 것을 목적으로 한 것이 PA이나 실제로 PA를 이용하는 것으로 음성정보의 청취면에서 바람직하지 않는 경향도 있다고 알려져 있다. 예를 들면 긴 잔향시간을 가진 용적이 큰 공간에 있어서 음의 전달범위를 넓히기 위해 복수의 스피커를 배치하는 것이 보다 잔향을 크게 할 수 있다고 생각한다. 그 외에도 PA 시스템의 시간적 지연 제어나 이퀄라이저의 부적절한 사용 등에 있어서도 음성전달 특성이 저하되는 문제점이 발생되기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 PA에 의한 정보전달을 최적화 하기위한 설계목표를 명확하게 하고 적절한 실내음향설계 및 PA 시스템과 그 물리적 특성 및 음성명료도의 관계를 파악하는 것과 함께 여러 가지 실내효과에 대한 물리적인 파라미터 등이 어느 정도 영향을 미치고 있는가를 해결할 필요가 있다[2-5]. 어느 정도의 크기를 가진 건축공간에 있어서는 음성전달을 고려할 때에 확성장치의 사용은 필요불가결하며 PA 시스템의 이용은 필수가 된다. 현재 PA 시스템의 이용에 관해서는 PA시 주파수 특성이나 스피커의 배치 등 구체적인 검토는 없으며

*동서대학교 정보시스템공학계열

논문 번호 : 2006-4-13 접수 일자 : 2006. 9. 7

심사 완료 : 2007. 1. 23

사용목적에 따른 설계지침은 명확하지 않다.

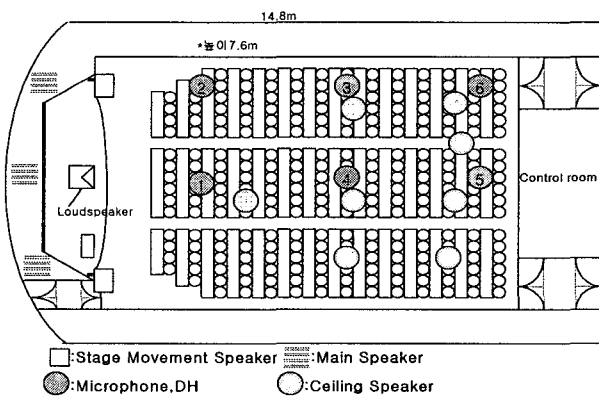
본 연구에 있어서는 건축물의 사용목적에 맞는 음의 환경조건을 확립하기 위해 강의실에서의 PA를 사용한 경우와 PA를 사용하지 않은 경우의 두 가지 패턴으로 임펄스 응답을 측정하고 이 데이터에서 음성 명료도에 관련된 음향물리지표를 계산하고 PA 유무에 의한 각 지표의 차이를 검토하였다. 그리고 임펄스 응답을 이용하여 4연속 음절 명료도 시험을 하여 PA 사용이 어느 정도 음성 듣기를 향상시키고 있는가도 검토하였다.

II. 실내 음향물리지표에 의한 PA효과에 관한 검토

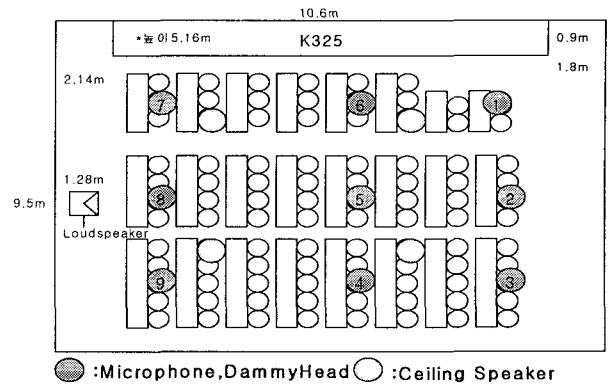
2.1 임펄스 응답의 측정 및 실내 음향물리지표의 산출

임펄스 응답의 측정은 秋田縣立大學 시스템 과학기술학부 本莊캠퍼스의 K325(중강의실), K205(대강의실), AV(Audio-visual) 홀에서 하였다. 측정은 샘플링 주파수 48kHz, TSP(Time Stretch Pulse)신호를 이용하고 더미헤드와 마이크로폰(B&K 4189)을 사용하였다. 각 강의실의 측정위치는 그림 1과 같다. 측정위치의 수는 K325와 K205는 9점, AV 홀은 6점으로 하였으며 라우드 스피커가 있는 곳이 전방(화자의 발생위치)을 나타내고 있다. 측정시의 마이크로폰과 더미헤드의 높이에 대해서는 학생들이 강의실에 착석한 상태에서 귀의 높이의 평균이 1.2m 정도라고 생각하여 결정하였다. 또 측정시의 각 강의실의 확성용 마이크로폰의 설정조건은 실내의 중심점에서 사람의 음성이 듣기 쉽도록 조절하였다.

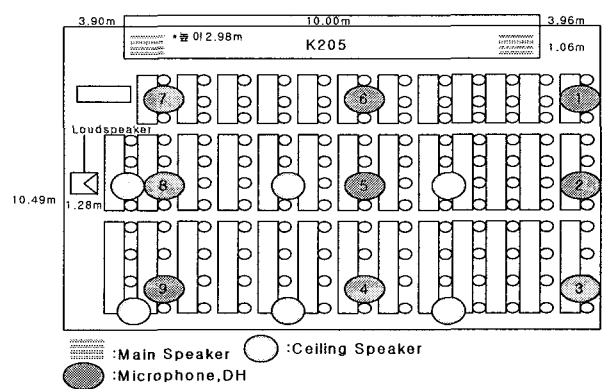
이상과 같은 조건에서 측정된 임펄스 응답으로부터 임펄스 응답 측정 및 분석 시스템(AEIRM)을 이용하여 잔향시간, D(Deutlichkeit)값, STK(Speech Transmission Index)의 음향 물리지표를 산출하였다.



(a) AV 홀



(b) K325



(c) K205

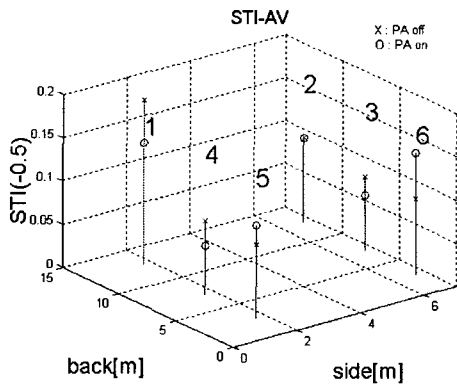
그림 1. 측정위치

Fig 1. Position of measurement

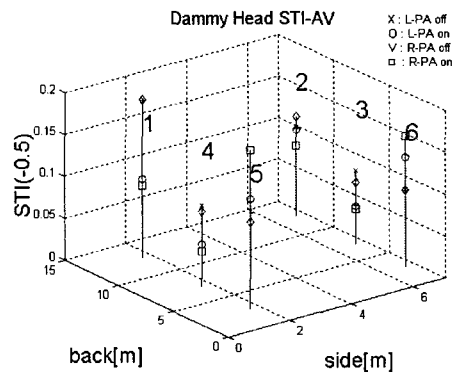
2.2 결과 및 고찰

산출된 각 실내의 음향 물리지표를 강의실 내의 위치와 관련시켜 고찰하기 위해서 각 측정 위치에서 전방의 벽과 옆의 벽에서 거리를 측으로 하여 그림 2~4까지 나타내었다. "back"은 후방의 벽에서 부터의 거리이고 "side"는 옆의 벽에서의 거리를 나타내고 있다. 그림 2, 그림 3 및 그림 4는 각각의 각 강의실 위치에 있어서 STI, D값, 잔향시간을 나타내었다. 잔향시간에 있어서는 주파수대역 500Hz의 경우를 잔향시간으로 나타내었다.

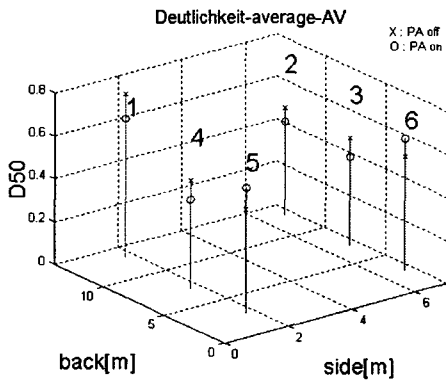
AV 홀에 대한 결과의 결과는 잔향시간이 K205와 같이 PA 사용시와 PA 비사용시와의 차는 그다지 없었다. 더미헤드의 측정결과는 STI와 D값에 대해서는 마이크로폰 측정과 같은 결과가 나왔으며 홀 전방의 측정위치 1, 2와 홀 후방의 측정위치 5, 6에 비하여 중앙의 측정위치 3, 4의 값이 극단적으로 낮고, 그리고 PA 사용시의 값이 극단적으로 낮게 되는 경향도 보였다. 잔향시간에 대해서는 PA 사용시와 PA 비사용시와의 차는 그다지 없었다. AV 홀은 계단식으로 되어있기 때문에 교단에서 멀어질수록 천장의 높이는 낮게 되어있다. 따라서 천장의 높이에 대응하는 STI도 D의 값이 변화하고 있을 가능성도 있다.



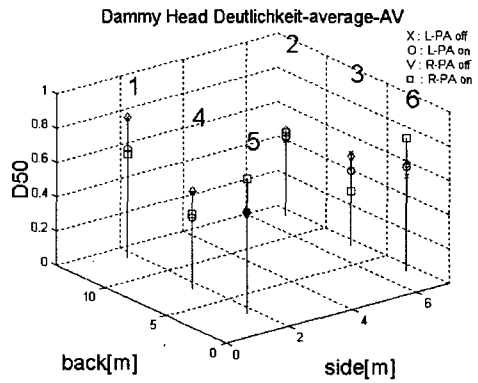
(a-1) 마이크론 측정에 의한 STI



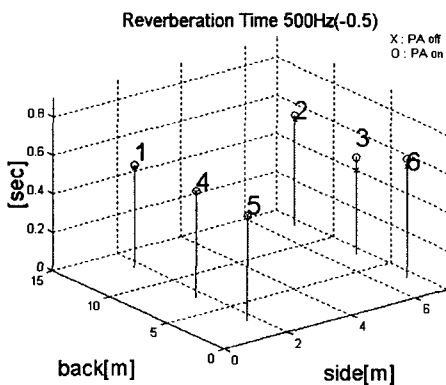
(a-2) 더미헤드 측정에 의한 STI



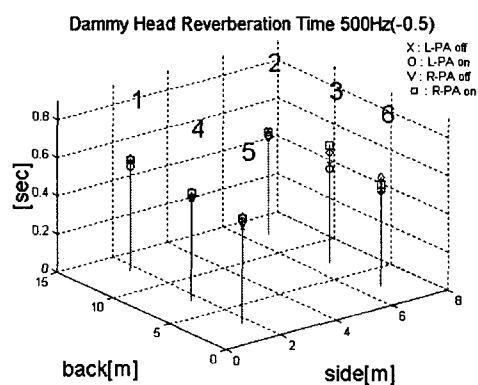
(b-1) 마이크론 측정에 의한 D50



(b-2) 더미헤드 측정에 의한 D50

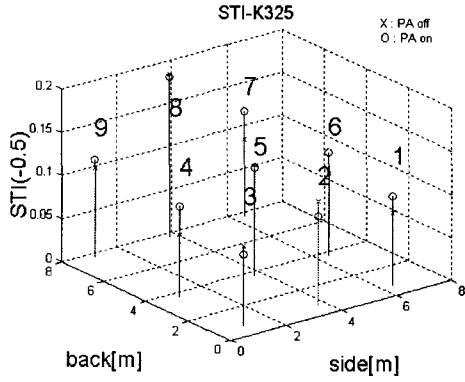


(c-1) 마이크론 측정에 의한 잔향시간

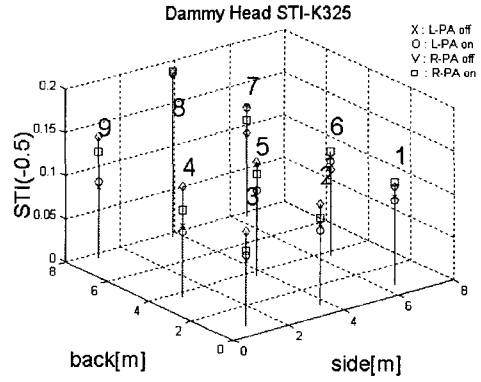


(c-2) 더미헤드 측정에 의한 잔향시간

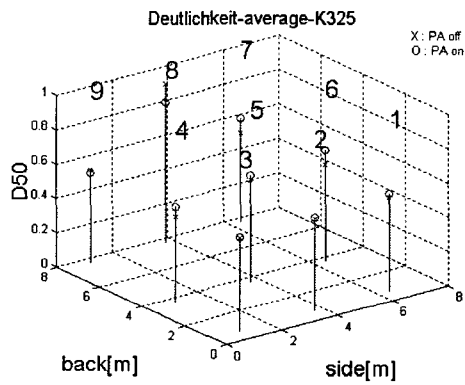
그림 2. AV 홀의 측정결과
Fig 2. Measurement result of AV HALL



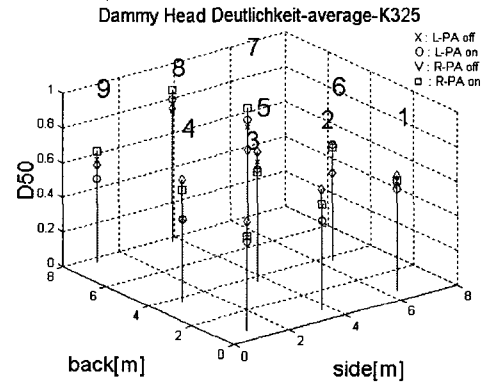
(a-1) 마이크론 측정에 의한 STI



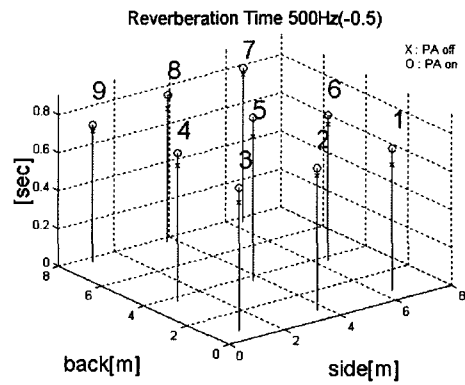
(a-2) 더미헤드 측정에 의한 STI



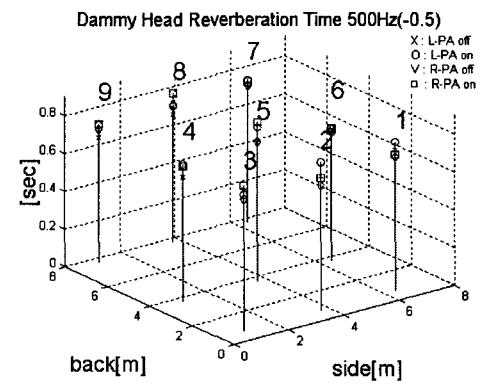
(b-1) 마이크론 측정에 의한 D50



(b-2) 더미헤드 측정에 의한 D50

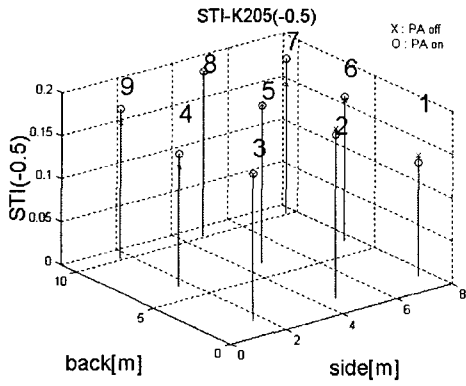


(c-1) 마이크론 측정에 의한 잔향시간

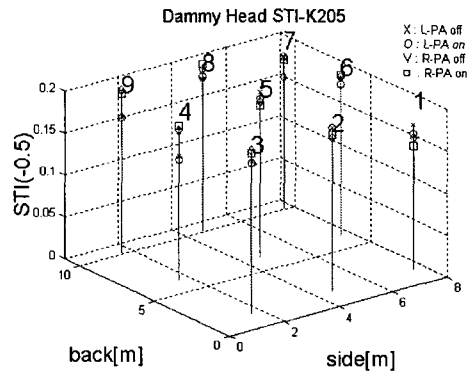


(c-2) 더미헤드 측정에 의한 잔향시간

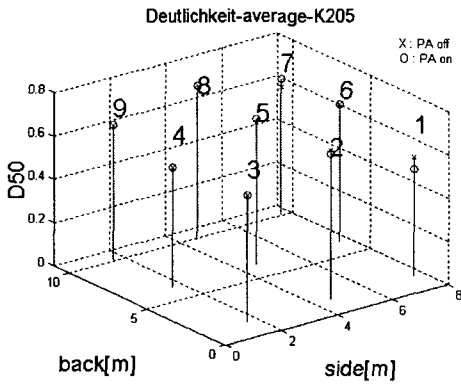
그림 3. K325의 측정결과
Fig 3. Measurement result of K325



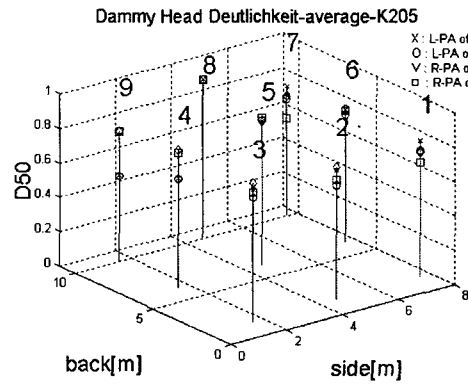
(a-1) 마이크로폰 측정에 의한 STI



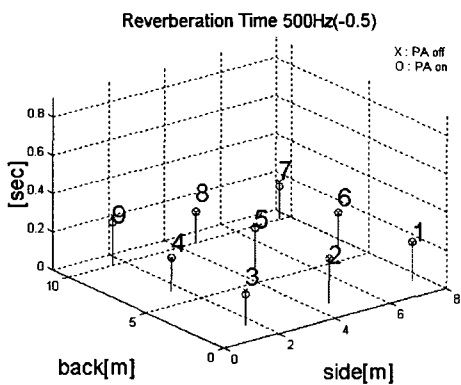
(a-2) 더미헤드 측정에 의한 STI



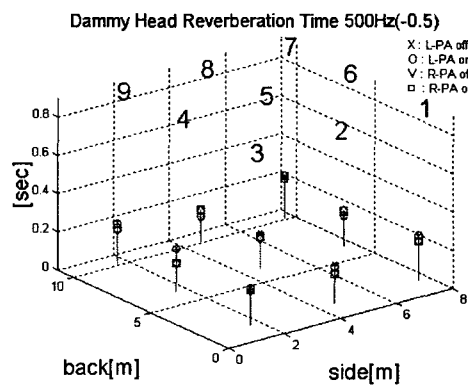
(b-1) 마이크로폰 측정에 의한 D50



(b-2) 더미헤드 측정에 의한 D50



(c-1) 마이크로폰 측정에 의한 잔향시간



(c-2) 더미헤드 측정에 의한 잔향시간

그림 4. K205의 측정결과
Fig 4. Measurement result of K205

중강의실 K325에 있어서의 결과는 어느 측정점에 있어서도 PA 사용시와 PA 비사용시와의 D값은 그다지 차가 없었다. 잔향시간에 대해서는 전체적으로 PA 사용시의 값은 조금 높고 어느 위치에서도 거의 같은 경향이 나타났다. 일반적으로 잔향시간이 길수록 명료도가 낮다고 말하고 있으나 전체의 측정위치에 있어서 잔향시간은 거의 같은 것과 벽쪽의 위치일수록 STI가 높게 되는 경향이 있음을 고려하면 벽에 가까울수록 PA 사용시의 효과가 좋다. 이것은 벽에 의한 음의 반사가 명료도에 영향을 미친다는 가능성이 있다고 말할 수 있다. K205도 K325와 마찬가지로 벽에서의 위치가 가까울수록 비교적 PA의 효과가 있다고 말할 수 있다. K205는 K325에 비하여 스피커의 수가 많음에도 불구하고 PA 사용시와 PA 비사용시의 값을 비교해 보면 각 음향물리지표의 명확한 차는 없었다.

III. 명료도 시험에 의한 각 강의실의 PA 효과에 관한 검토

3.1 무의미 4연속 음절 명료도 시험

각 강의실에서 직접음과 간접음의 영향이 작으며 위치가 동일한 임펄스 응답 1점을 선정하고 이것을 명료도 시험에 사용하였다. 이용된 임펄스 응답은 각 강의실의 전 후 방향 중앙부근 벽에서의 위치에서 측정된 것이다. 구체적인 측정위치는 K325의 측정위치는 4, K205의 측정위치는 4, AV 홀 측정위치 3이다(그림 1. 참조). 각 임펄스 응답을 4연속 음절에 컨블루션한 음성을 피실험자에 헤드폰(STAX-SMR-212)에서 제시하고 피실험자는 들은대로의 음절을 응답용지에 기입하도록 하였으며 빈칸을 두지 않도록 지시하였다. 그리고 명료도 시험은 방음실 내에서 하였으며 피실험자는 20대 남성 2명과 여성 1명으로 하였다.

명료도 시험에 사용한 4연속 음절 음원으로서 일본 전기전화 주식회사 NTT 커뮤니케이션 과학기초연구소의 친밀도 단어 요해도 시험음표를 이용하였다. 본 실험에서는 추측에 의한 명료도 향상을 피하기 위해 친밀도 단어 요해도 시험음표의 가운데 친밀도 1.0 ~ 2.5의 900종의 음원을 무의미 4음절 4연속 음절로서 채용하였다. 제시된 음절표는 전부 18음표를 사용하였고, 측정조건마다 3음표를 사용하였다. 실험조건은 강의실(AV 홀, K325 K205의 3종류), PA(PA 사용시와 비사용시의 2종류), 제시레벨(50, 60, 70dB의 3종류)의 총 18조건으로 하였다. 순서효과를 피하기 위해 음표는 랜덤으로 제시하였다. 음성의 랜덤패턴을 그림 5에, 명료도 시험 측정 시스템은 그림 6에 나타내었다.

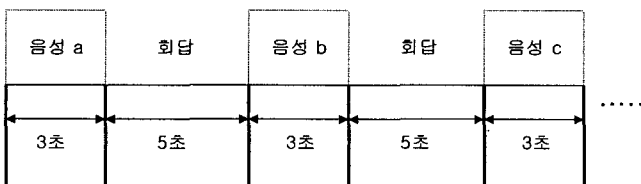


그림 5. 음성의 제시 패턴

Fig 5. Pattern of voice presentation

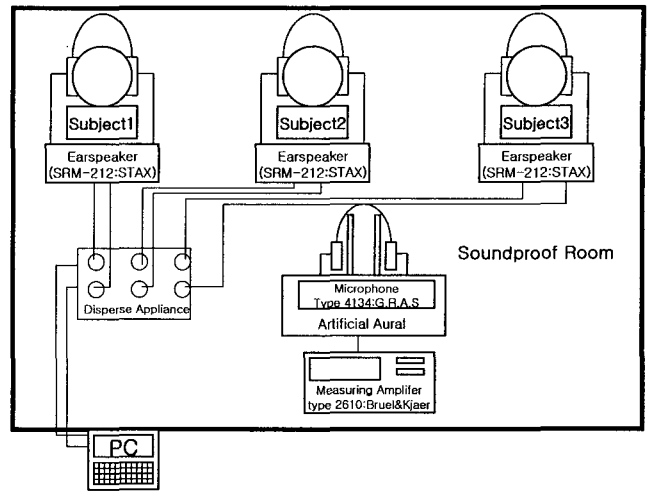


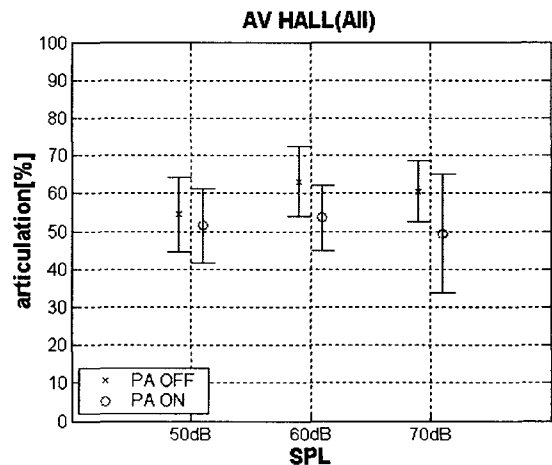
그림 6. 명료도 시험 측정 시스템

Fig 6. Measurement system of articulation test

3.2 결과 및 고찰

제시레벨에 의한 4음절 명료도를 각 강의실 마다 나타낸 것이 그림 7이다. PA 효과에 대해서 주목하여 그림을 보면 어느 강의실을 봐도 제시레벨이 동일한 경우는 PA 사용시와 PA 비사용시의 명료도 차는 거의 나타나지 않았다. 이것으로부터, PA에 의한 차가 없음을 알 수 있다. 다음에 제시레벨의 효과에 대해서 검토하여 보면 K205와 K325는 제시음절의 음압레벨이 크게 됨에 따라 명료도가 개선되고 있음을 알 수 있다. AV 홀의 경우 제시 음압레벨이 증가하여도 명료도의 개선이 그다지 나타나지 않았다. 이것은 AV 홀의 잔향 시간이 다른 강의실의 잔향시간보다도 매우 길기 때문에 제시 음압레벨에 의한 명료도 개선이 나타나지 않았다.

이상의 결과를 보면 잔향이 어느 정도 적은 경우에는 PA에 의한 음압레벨의 향상이 충분한 명료도의 개선이 되는 가능성이 있으나 잔향이 긴 경우에는 제시 음압레벨을 높여도 PA시스템에서는 명료도의 개선이 기여되지 않는다는 것을 알 수 있다.



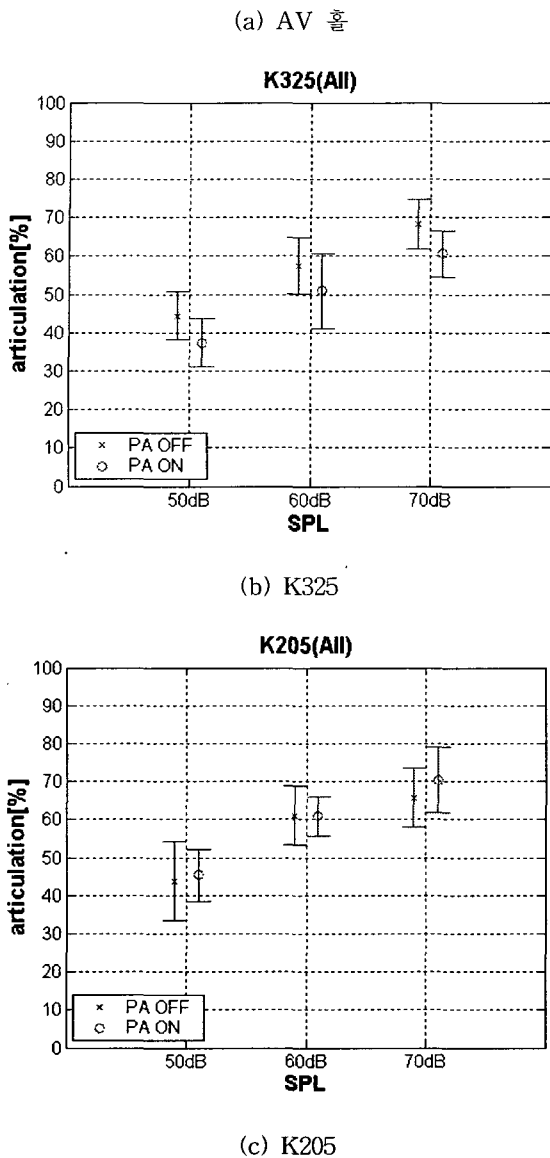


그림 7. 제시레벨에 의한 4연속 음절 명료도
Fig 7. Syllables articulation by SPL

IV. 결론

중강의실, 대강의실, AV홀을 대상으로 PA 사용시와 비사용시의 물리지표를 산출한 결과, 중 강의실의 경우는 PA 유무와 관계없이 음향물리 지표인 잔향시간, D 및 STI의 차는 없었다. 대강의실의 경우는 벽쪽의 위치일수록 STI가 높게 되는 경향이 있으며 벽에 가까울수록 PA 효과가 좋다. 이것은 벽에 의한 음의 반사가 명료도에 영향을 미친다는 가능성이 있다고 말할 수 있다. AV홀의 경우는 잔향시간은 PA 사용시와 PA 비사용시와의 차는 그다지 없었다. 더미헤드의 측정결과는 STI와 D값에 대해서는 마이크로폰 측정과 같은 결과가 나왔으며 홀 전방과 홀 후방의 값보다 중앙 위치의 값이 극단적으로 낮고, 그리고 PA 사용시의 값이 극단적으로 낮게 되는 경향도 보였다. 잔향시

간에 대해서는 PA 사용시와 PA 비사용시와의 차는 그다지 없었다.

본 연구의 청취실험의 결과에서 잔향이 어느 정도 적은 경우에는 PA에 의한 음압레벨의 향상이 충분한 명료도의 개선이 되는 가능성이 있으나 잔향이 긴 경우에는 제시 음압레벨을 높여도 PA 시스템에서는 명료도의 개선이 기여되지 않는다는 것을 알 수 있다. PA 시스템에 의한 제시 음압레벨의 제어에 의한 명료도의 개선에는 잔향의 길이가 증대한 영향을 가지고 있음을 나타내었다. 따라서 긴 잔향이 존재하는 환경에서는 잔향을 어느 정도 경감할 필요가 있다.

본 연구의 실험결과는 어느 정도의 잔향하에서는 제시레벨에 의한 충분한 명료도를 얻을 수 있음을 나타내었다. 앞으로 실용적인 레벨로 PA 시스템을 이용한 잔향의 저감을 실현하기 위해 LPF, HPF 및 BPF를 컨블루션한 시스템의 명료도를 검토할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 일본 秋田縣立大學의 비상근 연구원(2004. 7. 1 ~ 2004. 8. 31) 재직시 연구결과 보고서의 일부이며 曾根敏夫 교수에게 감사한다.

참고문헌

- [1] 日本音響學會篇, 音響用語辭典, コロナ社, 1988.
- [2] 이 채봉, 강대기, "마이크사용시 강의실내의 음향특성," 한국소음진동공학회 2003년도 춘계학술대회논문집, pp. 786-790, 2003.
- [3] 이 채봉, 김용만, "강의실내의 물리지표와 주관적 평가와의 상관관계," 한국소음진동공학회, 추계학술대회, pp. 743-748, 2002.
- [4] 이 채봉, 김용만, "강의실내 음환경에 관한 연구," 한국음향학회 학술발표대회 논문집 제 21권 제1(s)호, pp. 501-504, 2002.
- [5] Yongman KIM, Chaibong LEE, "A study of the mutuality between objective appraisal and subjective appraisal of classrooms," ASJ-ASK joint conference on Acoustics 2003, pp. 69-72, 2003.



이 채 봉(Chai-Bong Lee)

1985년 동아대학교 전자공학 (공학사)
1986년 일본 문부성 국비유학생
1988년 일본 동북대학(TOHOBU) 전기 및 통신공학 전공 석사

1992년 일본 동북대학(TOHOBU) 전기 및 통신공학 전공 박사

1993년 ~ 현재 동서대학교 정보시스템공학계열 부교수
권심분야 : 소음·진동, 디지털 신호처리, 건축음향, 청각 심리