

실내공간의 부분적 개방에 따른 음향특성변화 I - 확산음장과 자유음장의 수평적 결합을 중심으로 -

Acoustic characteristics of sound field in partially opened rooms -Emphasis on horizontal coupling of diffuse and non-diffuse field-

정 대 업* 최 영 지** 김 지 영*** 오 양 기**** 최 석 주*****
Jeong, Dae-Up Choi, Young-Ji Kim, Ji-Young Oh, Yang-ki Choi, Seok-Ju

요 약

최근 다양한 목적의 대공간 사용이 보편화되고 있다. 이들 공간에 대한 다목적요구로 인해 최근 건립되는 대형 스포츠시설들은 스포츠 뿐만 아니라 공연과 같은 다양한 이벤트를 수용하도록 요구받고 있다. 다양한 이벤트 상태의 제공을 위해서 건물의 일부를 부분적으로 개폐하는 방식의 사용이 빈번해지고 있으며 이와 같은 부분적 개폐는 자유음장과 확산음장의 음향적 연결을 초래하여 음향설계단계에서 어려움을 초래할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 1/10 축소모형을 이용하여 확산음장과 자유음장의 음향적 연결에 따른 음장의 음향특성을 측정 분석하였다. 연구결과, 저중주파수 대역에서의 잔향시간은 개구율이 증가함에 따라 고주파수 대역에서보다 빠른 감쇠를 나타내었다. 또한 EDT는 모든 주파수대역에서 개구율 증가에 선형적으로 비례하여 감쇠하는 것으로 나타났다. 명료도는 개구율이 12.5%에 이르기까지 거의 영향을 받지 않으며 그 이후에는 선형적으로 비례하여 증가하였다. 에너지 감쇠패턴의 분석결과, 이중 및 삼중의 감쇠패턴이 나타나고 있으며, Schroeder 적분에 의한 잔향시간의 산출은 부적절한 것으로 판단된다. 따라서 부분적 개방형 공간의 잔향예측에 있어서 EDT가 보다 적절한 것으로 판단된다.

Abstract

Large span spaces have been widely used for various purposes including sports events in other countries. Due to increasing demands on multi-purpose use of such spaces, recently built large span sport facilities such dome stadiums have been required to accommodate sport events as well as performing events. Also, retractable ceilings and/or walls were generally adopted in those spaces for providing various event conditions. It seems obvious that the openings between diffuse fields and free field may cause difficulties in the acoustic design of such spaces.

In the present work, the acoustic characteristics of non-diffuse field has been investigated using 1/10 acoustic scale models. It was found that RTs at low- and mid-frequencies decayed faster than those at high-frequencies as the percentage of opening area increased. The decay rate of RTs at high frequencies were not influenced by increasing the area of an opening. Also high dependence of EDT on the percentage of opening area was observed at all frequency range. D50 was not improved by increasing the area of an opening up to 12.5% and then sharply increased. The application of Schroeder integration to evaluate the reverberation characteristics of coupled spaces may not be proper, since non-exponential decay process with double or triple decays of those spaces can not be properly defined. EDT seems more appropriate to predict reverberation at the early acoustic design stage of acoustically coupled spaces.

키워드 : 대공간, 확산음장, 자유음장, 축소모형, 감쇠율, 음향적 연결

Keywords : large span spaces, diffuse fields, free fields, scale models, coupled acoustics, decay rate

1. 서 론

- * 전북대학교 건축도시공학부 부교수, 공학박사
 - ** 전북대학교 건축도시공학부 연구교수, 공학박사
 - *** 전북대학교 건축도시공학부 석사과정
 - **** 목포대학교 건축학부 교수, 공학박사
 - ***** 정회원, 세이빈엔지니어링 대표, 공학박사
- Tel : 02-558-0451 Fax : 02-558-0481
E-mail : sjchoi@sabeen.co.kr

1.1 연구의 배경 및 목적

해외에서 대공간 구조물의 사용 역사는 매우 길고, 구조물의 규모 측면에서도 보다 대형화되고 있는 추세이다. 예를 들어, 2011년 완공을 목표로 추진 중에 있는 델라스 카우보이스 (Dallas Cowboys)의 돔구장 건설은 운동경기 시 80,000명 그리고 공

연 시 최대 100,000명을 수용할 수 있는 세계최대의 우주공간으로 계획되고 있다. 최근 국내에서도 이와 같은 대형의 돔구장 시설을 확보하려는 계획이 진행되고 있으며 멀지 않은 장래에 실현될 것으로 보인다. 벨러스 돔구장의 예에서 볼 수 있듯이, 최근 건립되거나 건립되고 있는 대부분의 대형 돔구조물들은 체육시설의 기능뿐만 아니라 음악공연 등을 비롯한 다중집회시설로서의 기능을 동시에 충족할 수 있는 다목적공간으로서 계획되고 있다. 또한 최근 건립되고 있는 대부분의 돔구장들이 외부 기후 변화에 대응하고 다양한 용도를 충족하기 위해 개폐식 천장 (retractable roof)을 채용하고 있다.

일반적으로 밀폐된 공간 내에서의 음향계획은 공간의 형상이나 내부흡음재의 위치 등에 따라서 다소간의 차이는 있으나 음의 감쇠가 비교적 선형적으로 이루어지며 위치별 음향의 편차가 적은 확산음장의 특성을 지니는 것으로 간주하여 음향계획에 접근하게 된다. 반면, 공간의 일부가 개방되어 자유음장과 상호작용을 하게 되는 경우에는 이와 같은 확산음장의 특성이 사라지며, 개방정도에 따라 실내음장의 특성에 변화가 있을 것으로 예상된다. 그러나 이와 같이 자유음장과 확산음장의 음향적 연결 (acoustic coupling)에 따른 실내음장의 변화에 대한 연구결과는 거의 없어 향후 국내에서 유사시설의 음향계획 시 많은 어려움이 예상된다. 특히 음향설계 시 중요시되는 음향파라메타인 잔향시간은 확산음장이라는 가정에 기초하는 것으로써 개폐형 공간에서의 적용 시 문제점이 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 음향축소모형 실험을 통하여 확산음장과 자유음장의 음향적 연결에 따른 확산음장 내 음향특성의 변화를 검토하고 이를 토대로 향후 개폐식 공간의 음향계획 시 사용가능한 설계의 기초자료를 제공하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

일반적으로 개폐형공간에서 채용·가능한 개폐방식은 측면개폐와 천장개폐 그리고 이의 조합된 형태이다. 본 연구에서는 그 첫 단계로 측면개폐에 따른 자유음장과 음향적 결합에 따른 실내음장의

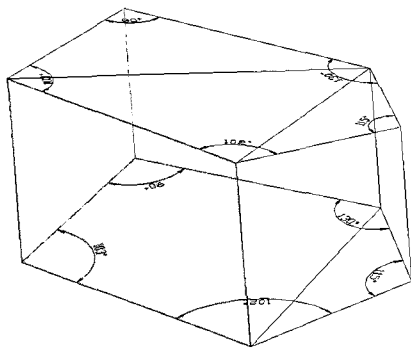
음향변화를 그 대상으로 하였다.

자유음장과 음향적 결합은 정방형의 개구부를 통하여 이루어졌으며, 개구부의 크기와 음원의 위치를 변화시켜가며 대상음장의 음향특성을 측정하였다. 대상음장은 실제 잔향실 (크기: 300 m³) 을 1/10 축소모형으로 제작한 것으로 확산음장에 가까운 환경을 모사하기 위해 본 연구의 연구모델로 사용하였다. 대공간의 경우 실제 스펠이 200m 이상으로 대상공간과의 실규모의 차로 인해 대상음장의 음향적 결합에 의해 발생하는 음향현상이 대공간의 음향현상에 상응하지 않을 수도 있다. 또한 밀폐된 공간에서 이용되는 잔향시간과 명료도와 같은 음향평가 파라메타들이 자유음장과 부분적으로 결합되는 대공간의 음향평가에 적합한가에 관해서도 의문을 가지지 않을 수 없다. 이와 같은 연구의 현실적인 한계점으로 인해 본 연구결과가 대공간의 음향현상 설계에 직접적으로 활용되기 위해서는 이들 문제점이 먼저 선행·연구되어야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 전형적인 확산음장을 대상공간으로 우선 선정하여 자유음장과 음향적 결합에 의한 음향현상을 파악함으로써 차후 대공간의 음향설계에서 활용될 수 있는 기초 데이터베이스를 제공하고자 하였다. 음향측정 및 평가파라메타는 잔향감 및 명료도 파라메타들을 대상으로 하였다.

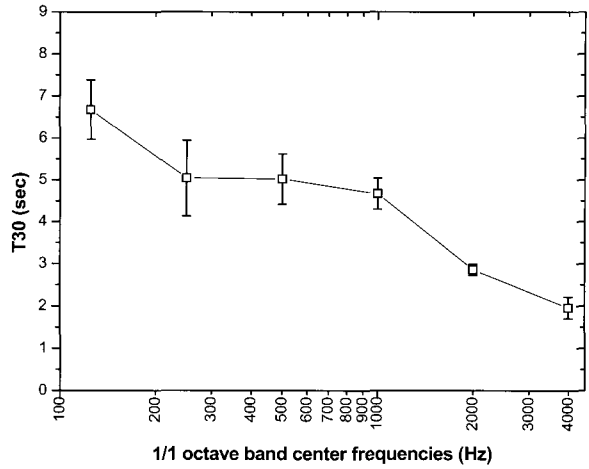
2. 실험개요

2.1 대상공간 및 실험개요

평가대상공간은 확산성 결여에 따른 음향상태의 실내 위치별 편차를 최소화하기 위하여 국내에서 사용되는 잔향실을 1/10 스케일로 축소하여 제작하였다. 모형은 MDF 12mm를 이용하여 제작되었으며, 모든 내부표면은 바니스칠에 의해 반사면으로 균일하게 마감되었다. <그림 1>은 평가대상공간을 나타낸 것이며, <그림 2>는 완성된 모형을 대상으로 개구부 없이 공실상태에서 측정된 주파수별 잔향시간을 나타낸 것이다. 개구부의 크기는 대상벽면 면적에 대하여 1.5625~50% 범위에서 6개 개구율 (1.5626%, 3.124%, 6.25%, 12.5%, 25%, 50%)을 적용하였다.



〈그림 1〉 평가대상공간(회색으로 표시된 벽면이 개구부 설치면)



〈그림 2〉 공실상태 대상실의 주파수별 잔향특성

〈표 1〉 음원 및 수음점 위치

구분	음원 및 수음점 위치
SF	
SS	
SR	

하여 산출하였다.

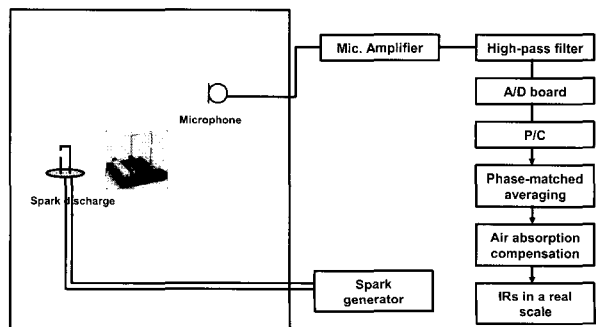
$$CD = \left(\frac{DF \cdot S \cdot \alpha}{16\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.1)$$

- 여기서, CD : critical distance
- DF : directivity factor
- S : 표면적
- α : 흡음계수

2.2 축소모형실험 개요

축소모형실험은 전북대학교 건축공학과 음향연구실의 무향실에서 이루어졌다. 측정 시 음원은 전기스파크 음원을 사용하였으며 각 측정지점별로 1/4인치 마이크로폰을 통하여 10회의 스파크 녹음을 한 후 PC에서 평균임펄스 (phase-matched averaging)를 추출하고 공기흡음보상을 통해 실물스케일에서의 임펄스 응답을 얻었다. 각 스파크 음원에 대해서

측정 시 음원의 위치는 개구부에 인접한 지점 1개소 (SF)와 개구부와 가장 먼 곳에 1개소 (SR) 그리고 실의 중앙측면부에 1개소 (SS)를 선정하였으며, 각 음원별로 직접 음장 (direct sound field)내 3개 그리고 잔향음장 (reverberant sound field)내 3개의 수음점을 선정하였다(〈표 1〉). 직접음장과 잔향음장의 경계 (critical distance)는 식 (2.1)을 이용



〈그림 3〉 축소모형측정시스템의 구성도

는 암소음의 영향을 최소화하기 위하여 차단주파수 500Hz에서 필터(high-pass filter)를 적용하였다. <그림 3>은 본 연구에서 사용된 축소모형측정시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

본 연구에서 검토된 음향성능 평가파라메타는 잔향감 및 명료도와 관련된 변수들로서 잔향시간(T30), 초기감쇠시간(EDT), 그리고 초기 음에너지비(D50)을 그 대상으로 하였다.

3. 공간의 부분적 개방에 따른 음장특성변화

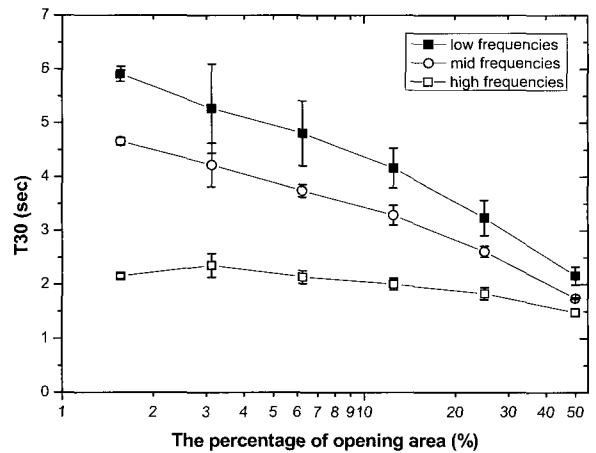
3.1 잔향시간

<그림 4~6>은 개구부의 면적 증가에 따른 실내의 잔향특성변화를 음원의 위치변화에 따라 직접음장에서 측정·분석한 결과를 나타낸 것이며 <그림 7~9>는 잔향음장에서 측정·분석한 결과를 나타낸 것이다.

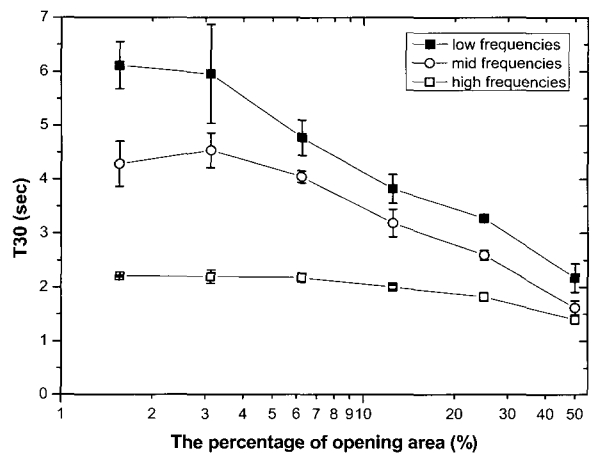
분석결과, 모든 주파수 대역에서 공통적으로 음원의 위치가 실의 내부로 이동할수록 개구율 증가에 따른 직접음장에서의 영향정도는 약화되는 것으로 나타났다. 음원이 실의 중앙에 위치 시에는 개구율이 3.125%에 이르기까지 잔향시간의 변화가 나타나지 않았으며, 음원이 실의 내부에 위치하는 경우에는 개구율 6.25%에 이르기까지 잔향시간의 변화는 거의 나타나지 않았다. 잔향음장에서는 주파수 대역에 따라 직접음장에서와 상이한 결과가 나타났다. 저주파수 대역에서는 개구율 증가에 따라 잔향시간이 선형적으로 감소하는 특성을 나타내고 있다. 중주파수 대역에서는 음원위치 SF 및 SR에 대해서 개구율 6.25%에 이르기까지는 거의 변화가 없으며 그 이후에는 개구율 증가에 선형적으로 비례하여 감소하는 특성을 나타내고 있다.

고주파수 대역에서는 개구율의 증가에 관계없이 잔향시간을 항상 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 그러나 이는 개구면적의 변화가 고주파수 대역에서의 잔향감에 영향을 미치지 않고 있음을 의미하는 것은 아니다. <그림 10>은 측정된 임펄스응답을 대상으로 고주파수 대역(2,000Hz 및 8,000 Hz)

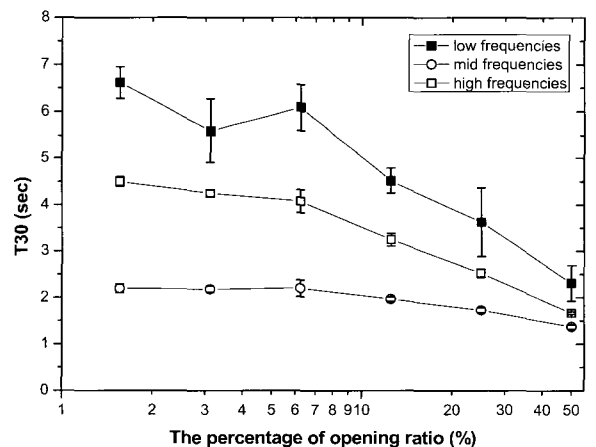
에서 Schroeder 적분을 한 결과를 나타낸 것이다.



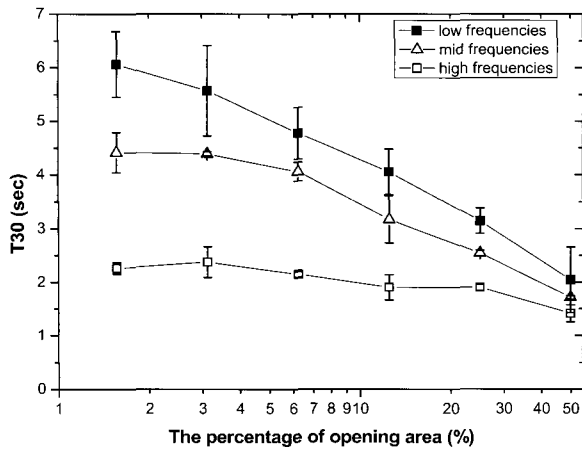
<그림 4> T30 측정결과 (direct sound field, 음원 위치 SF)



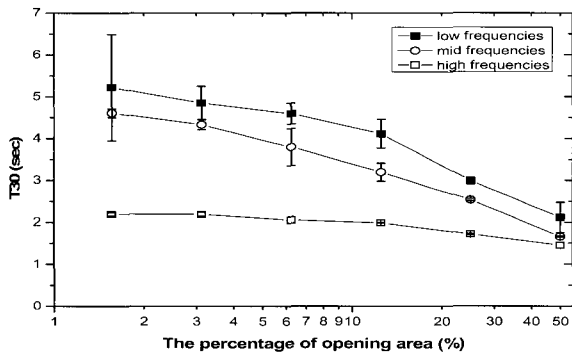
<그림 5> T30 측정결과 (direct sound field, 음원 위치 SR)



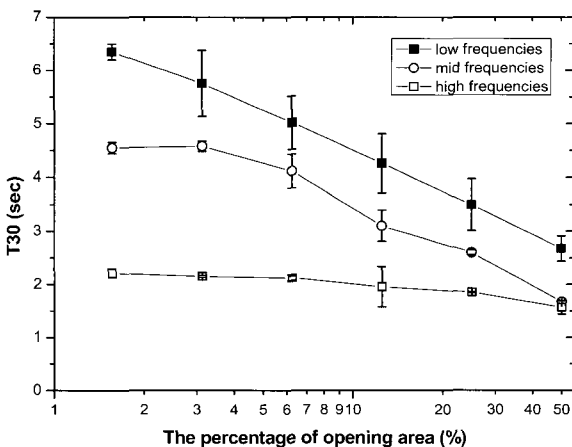
<그림 6> T30 측정결과 (direct sound field, 음원 위치 SR)



〈그림 7〉 T30 측정결과 (reverberant field, 음원 위치 SF)

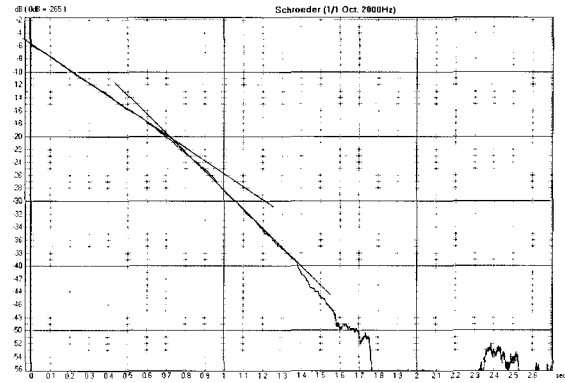


〈그림 8〉 T30 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SR)

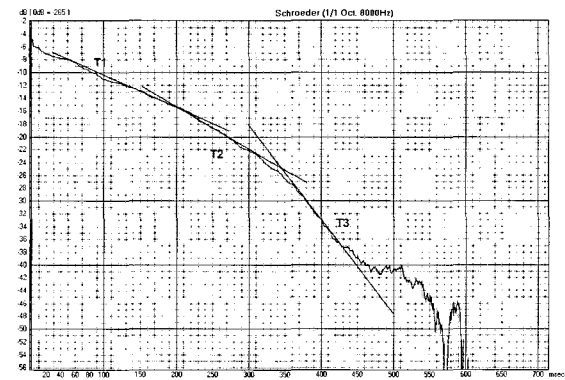


〈그림 9〉 T30 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SS)

이에 의하면 각각 2개 및 3개의 선형적 감쇠패턴이 동일 감쇠곡선 내에 존재하고 있으며, 초기 감쇠패턴과 달리 후기로 갈수록 감쇠율이 커지는 것을 알



(a) 2,000Hz에서의 Schroeder curve



(b) 8,000Hz에서의 Schroeder curve

〈그림 10〉 중고주파 대역에서 나타나는 2중 및 3중 감쇠패턴

수 있다. ISO 제안방법에 의해 산출된 잔향시간은 이와 같은 2~3중의 감쇠패턴을 반영할 수 없는 한계가 있으며, 본 연구의 고주파대역 잔향시간 측정 결과는 이에 따른 것으로 판단된다.

전반적으로 음원의 위치에 관계없이 확산음장의 일부를 개방하는 경우, 저·중주파수 대역에서의 잔향시간은 log(개구율)에 거의 선형적으로 비례하여 감쇠하며, 개구율이 50%에 이르면 모든 주파수 대역에서의 잔향특성이 거의 평탄하게 형성되는 것으로 나타났다. 또한 음원의 위치별 개구율 변화에 따른 주파수 대역별 잔향시간 감쇠율을 선형회귀분석에 의해 검토한 결과 <표 2>, 음원의 위치에 관계없이 개구부가 커질수록 저주파수 대역에서 가장 많은 잔향시간 감쇠가 이루어지고 있으며 고주파수 대역으로 갈수록 개구부의 영향은 거의 없는 것으로 분석되었다. 이는 개구부의 경계부위에서 발생하는 회절의 영향이 저주파대역에서 크기 때문인 것으로 판단된다.

〈표 2〉 음원의 위치별 개구율변화에 따른 주파수대역별 잔향시간 감쇠율 비교

음원 위치	주파수 대역별	음장별 감쇠율	
		Near field	Far field
SM	LF	-2.74965 ($r=-0.95214$, $p<0.005$)	-2.46141 ($r=-0.99885$, $p<0.0001$)
	MF	-1.91489 ($r=-0.96963$, $p<0.005$)	-2.02701 ($r=-0.96864$, $p<0.005$)
	HF	-0.54184 ($r=-0.91217$, $p<0.05$)	-0.40784 ($r=-0.9515$, $p<0.005$)
SR	LF	-2.72559 ($r=-0.98838$, $p<0.005$)	-2.04927 ($r=-0.96524$, $p<0.005$)
	MF	-1.9024 ($r=-0.94898$, $p<0.005$)	-1.96819 ($r=-0.98784$, $p<0.005$)
	HF	-0.50917 ($r=-0.90176$, $p<0.05$)	-0.49169 ($r=-0.94571$, $p<0.005$)
SF	LF	-2.41961 ($r=-0.98815$, $p<0.005$)	-2.66942 ($r=-0.99312$, $p<0.0001$)
	MF	-1.88629 ($r=-0.9899$, $p<0.005$)	-1.89755 ($r=-0.96704$, $p<0.005$)
	HF	-0.4797 ($r=-0.88837$, $p<0.05$)	-0.56346 ($r=-0.91758$, $p<0.01$)

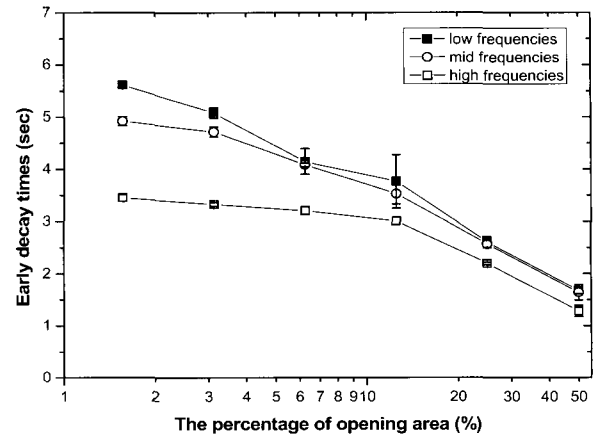
LF: 125 및 250Hz 잔향시간의 산술평균
 MF: 500 및 1,000Hz 잔향시간의 산술평균
 HF: 2,000 및 4,000Hz 잔향시간의 산술평균
 $y=A \times \log(\text{개구율}) + \text{intercept}$, (여기서 A: 잔향시간 감쇠율)

3.2 초기감쇠시간

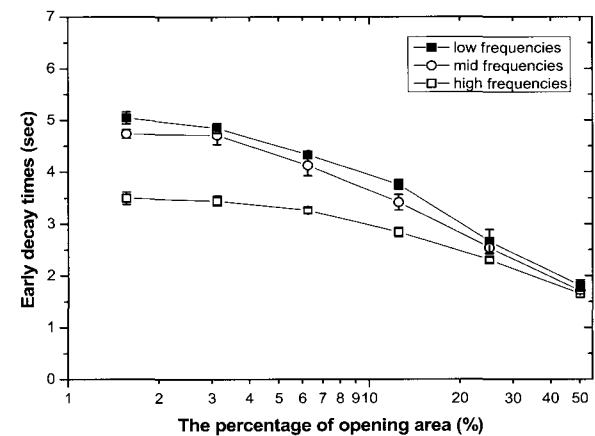
〈그림 11~13〉은 개구부의 면적 증가에 따른 실내의 초기음장변화를 음원의 위치변화에 따라 직접음장에서 측정·분석한 결과를 나타낸 것이며, 〈그림 14~16〉은 잔향음장에서 측정·분석한 결과를 나타낸 것이다.

직접음장에서 개구율 변화에 따른 초기감쇠시간 (EDT)을 측정·분석한 결과, EDT는 저주파수 대역에서 거의 $\log(\text{개구율})$ 에 선형적으로 비례하여 감쇠하는 것으로 나타났다. 그러나 중주파수 대역에서는 개구율 3.125%까지는 변화가 없으며 그 이후부터 $\log(\text{개구율})$ 에 비례하여 감쇠하고

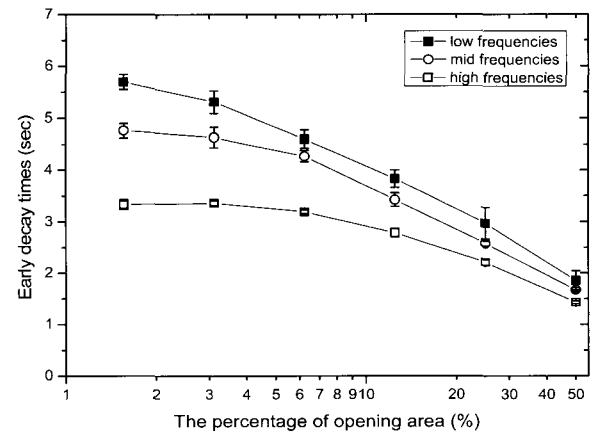
있다. 고주파수 대역에서는 음원이 개구부에 인접한 SF에 위치하는 경우, 개구율 12.5%에 이르



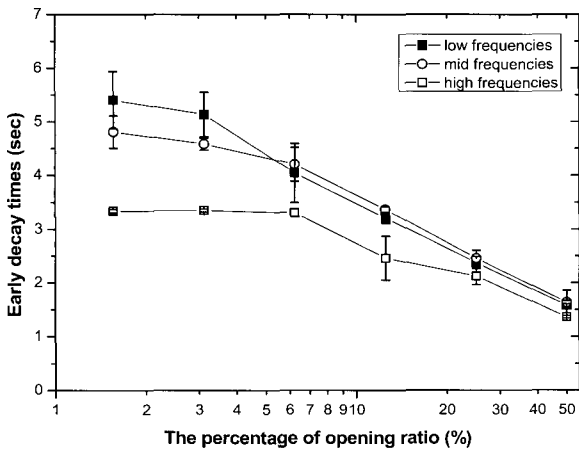
〈그림 11〉 EDT 측정결과 (direct sound field, 음원위치 SF)



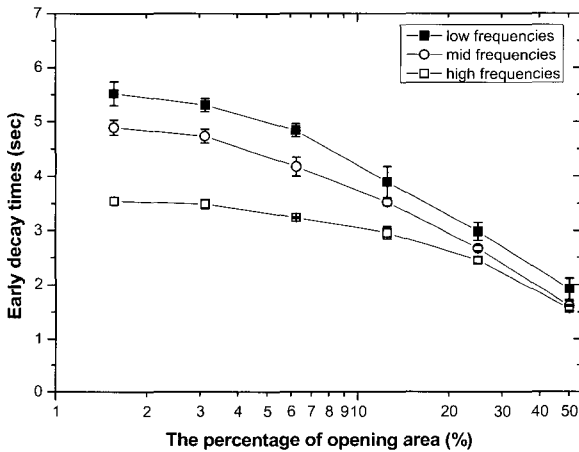
〈그림 12〉 EDT 측정결과 (direct sound field, 음원위치 SR)



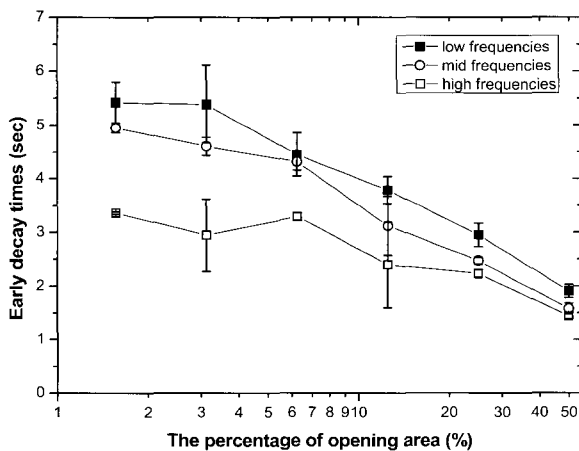
〈그림 13〉 EDT 측정결과 (direct sound field, 음원위치 SS)



(그림 14) EDT 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SF)



(그림 15) EDT 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SR)



(그림 16) EDT 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SS)

가까지 거의 영향을 받지 않으며, 음원이 실내 측의 SS 및 SR 지점에 위치한 경우, 개구율

(표 3) 음원의 위치별 개구율변화에 따른 주파수대역별 EDT 감쇠율 비교

음원 위치	주파수대역별	음장별 감쇠율	
		Near field	Far field
SM	LF	-2.56358 ($r=-0.9895, p<0.005$)	-2.42827 ($r=-0.9816, p<0.001$)
	MF	-2.13758 ($r=-0.97094, p<0.005$)	-2.32228 ($r=-0.98061, p<0.005$)
	HF	-1.27562 ($r=-0.93333, p<0.01$)	-1.2026 ($r=-0.91952, p<0.005$)
SR	LF	-2.2132 ($r=-0.97461, p<0.005$)	-2.46076 ($r=-0.9767, p<0.005$)
	MF	-2.12524 ($r=-0.97495, p<0.001$)	-2.21177 ($r=-0.97564, p<0.005$)
	HF	-1.24319 ($r=-0.95582, p<0.005$)	-1.26645 ($r=-0.93868, p<0.01$)
SF	LF	-2.61309 ($r=-0.99161, p<0.005$)	-2.68681 ($r=-0.99348, p<0.0001$)
	MF	-2.22379 ($r=-0.98085, p<0.005$)	-2.19848 ($r=-0.97757, p<0.005$)
	HF	-1.37275 ($r=-0.91435, p<0.05$)	-1.36911 ($r=-0.93852, p<0.01$)

LF: 125 및 250Hz EDT의 산술평균
 MF: 500 및 1,000Hz EDT의 산술평균
 HF: 2,000 및 4,000Hz EDT의 산술평균
 $y=A \times \log(\text{개구율}) + \text{intercept}$, (여기서 A: EDT 감쇠율)

12.5%부터 개구율 증가에 비례하여 감쇠하는 것으로 분석되었다.

잔향음장에서의 측정결과를 분석한 결과, 개구율 증가에 따른 EDT의 변화패턴은 직접음장에서와 거의 유사하였다. 다만, 음원이 개구면과 마주보는 내부반사벽면의 중간지점인 SS에 위치하는 경우, 직접음장에서보다 위치별 편차가 크게 나타나고 있으며, 이는 실의 형상에 따라 수음점에 도달하는 반사음의 일부가 개구부를 통해 손실되었기 때문인 것으로 판단된다.

직접음장과 잔향음장에서 측정된 각 주파수 대역별 EDT는 개구율이 증가할수록 그 차이가 점차 적어지며, 개구율이 50%에 도달하면 모든 주파수대역에서 평탄한 특성을 나타내는 것으로 분석되었다. 음원의 위치별 개구율 변화에 따른 주파수 대역별 EDT 감쇠율을 선형회귀식을 사용하여 분석한 결과, 음원의 위치에 관계없이 모든 주파수대역에서 개구면적의 증가에 의해 EDT가 감쇠하고 있는 것으로 나타났다. 또한 그 영향은 고주파수 대역보다는 저

중주파수 대역에서 큰 것으로 분석되었다. 또한 고 주파수대역에서 EDT 감쇠율의 변화는 잔향시간 감 쇠율의 변화에 비해 현저함을 알 수 있다.

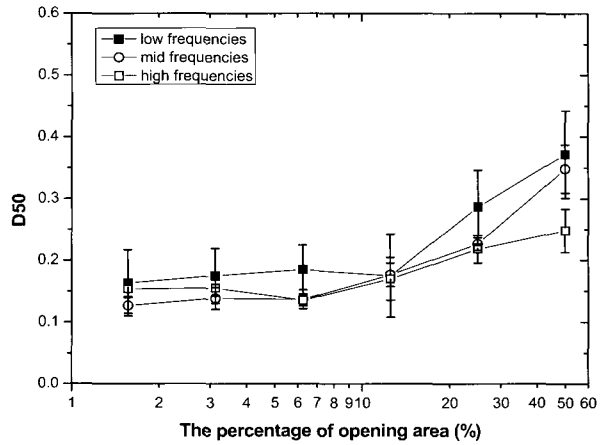
EDT의 경우 직접음장과 잔향음장에서의 음향 현상이 유사하므로 대공간에서의 음향평가지표 로의 활용에는 직접음장평가가 객석부분별 음향 을 평가하는데 적절하다고 할 수 있다.

3.3 언어명료도

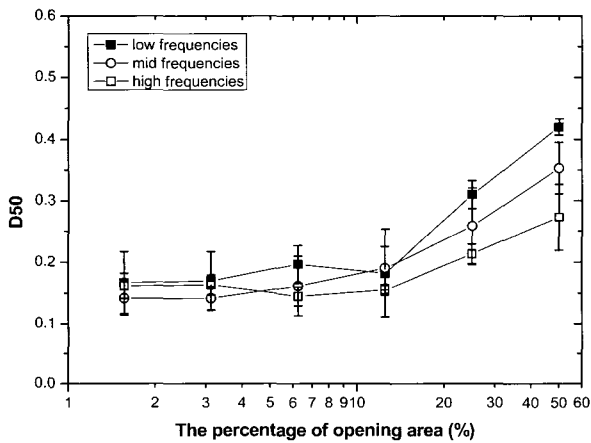
<그림 17~19>는 개구부의 면적 증가에 따른 명료 도변화를 음원의 위치변화에 따라 직접음장에서 측 정 · 분석한 결과를 나타낸 것이며, <그림 20~22>는 잔향음장에서 측정·분석한 결과를 나타낸 것이다.

개구율 변화에 따른 명료도의 변화는 초기 음에 너지비 (D50)를 이용하여 평가되었다. D50의 측정·

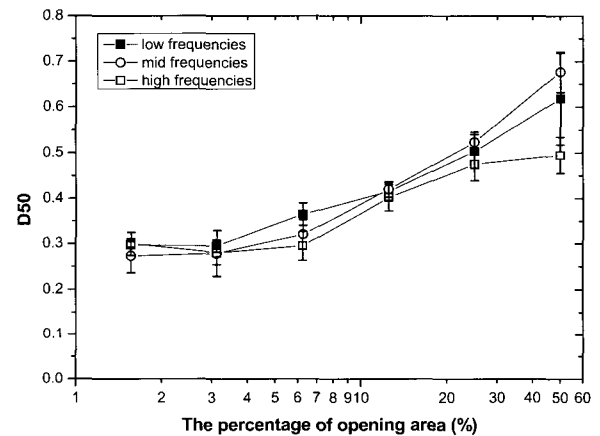
분석결과, 음원이 개구부에 인접하거나 실내부 반사 면에 인접하여 위치하는 경우, 직접음장에서는 개구



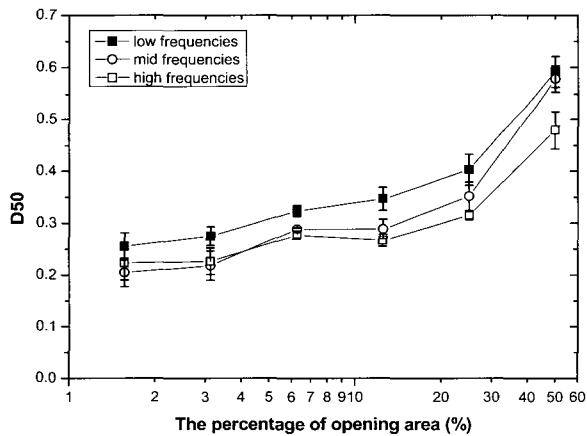
<그림 19> D50 측정결과 (direct sound field, 음원위 치 SS)



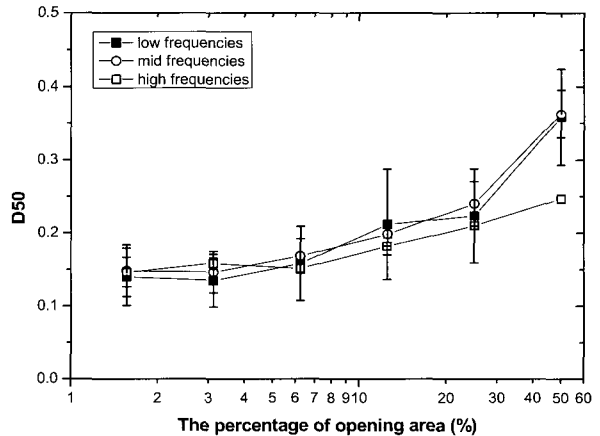
<그림 17> D50 측정결과 (direct sound field, 음 원위치 SF)



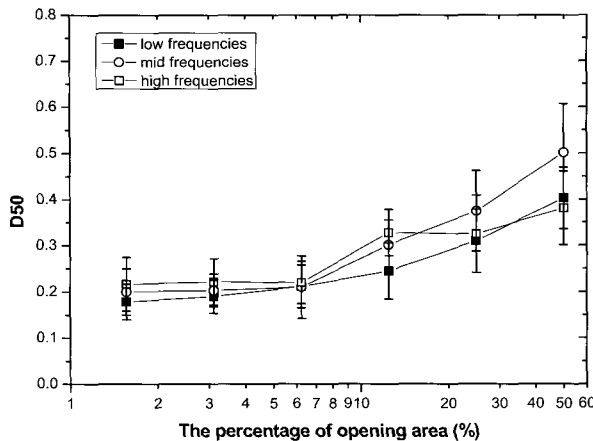
<그림 20> D50 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SF)



<그림 18> D50 측정결과 (direct sound field, 음 원위치 SR)



<그림 21> D50 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SR)



〈그림 22〉 D50 측정결과 (reverberant sound field, 음원위치 SS)

율 12.5%를 전후하여 개구율 증가에 비례하여 명료도가 향상되고 있는 것으로 나타났다.

잔향음장에서는 음원의 위치에 관계없이 개구율 6.125%를 전후하여 모든 주파수대역에서 명료도가 증가되고 있으나 음원이 개구부로부터 멀리 그리고 반사면에 인접하여 위치 시, 수음점 위치별 편차는 증가하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 잔향음장에서는 개구율이 25%에 이르기까지 개구율 증가에 따른 주파수별 명료도의 차이가 거의 나타나지 않으며, 50%에 이르러 저주파수 대역에서의 명료도 증가효과가 뚜렷하게 나타나고 있다. 반면, 직접음장에서는 개구율 변화에 따라 저·중주파 그리고 고주파 대역의 순으로 명료도가 개선되고 있으며, 그 차이 또한 잔향음장에 비해 상대적으로 크게 나타났다. 이와 같은 명료도의 개선효과는 단순히 초기와 후기에너지의 차이를 비교한 D50의 특성에 따른 것이며, 초기에너지의 증가보다는 개구부의 존재로 인한 후기에너지의 감쇠에 따른 것으로 판단된다. 따라서 실제 대규모 음장에 적용하기 위해서는 거리감쇠에 따른 음압의 저하 그리고 암소음의 존재 등을 고려한 명료도의 평가가 보다 바람직할 것으로 사료된다.

4. 결론 및 향후 연구과제

잔향시간의 경우 저·중주파수 대역에서 개구율 증가에 따른 잔향시간이 선형적으로 감쇠하는 경향을 나타내고 있지만, 고주파수대역에서는 그 감쇠정도가 거의 나타나지 않는다. 음향설계 및 평가지표로 가

장 많이 사용되는 T30의 경우, Schroeder integration에 의해 평가한 결과, 중고주파수 대역에서 비선형적 감쇠특성 (double or triple decay slope)을 나타내며 이를 음향설계 활용 시 완공 후 얻게 되는 음장특성과 상이한 결과를 초래할 가능성이 있다.

EDT의 경우 음원의 위치에 관계없이 모든 주파수대역에서 잔향특성의 변화를 일관되게 나타내고 있다. 또한 잔향시간과 비교하여 음장내 위치별 편차가 매우 적게 나타나며, 고주파수 대역에 대한 개방부위의 영향을 보다 잘 나타내고 있다.

청감평가를 통한 잔향감과의 대응성을 검토하여 Schroeder integration에 의한 잔향시간 평가 시 적절한 시간영역의 조정이 필요할 것으로 판단된다. 명료도는 개구율 증가에 따라 부분적으로 증가하는 것으로 나타났으나 이는 음압감쇠 등의 영향을 배제한 것으로 대규모 공간에서의 적용시 음압을 같이 고려한 평가지표의 활용이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 측면개폐에 따른 자유음장과 음향적 결합에 의한 확산음장의 음향특성에 관해 검토하였다. 특히, 돔구장과 같은 대공간에서 주로 이용되는 천장개폐에 따른 비확산음장의 음향특성에 관한 연구가 이루어져야 한다. 측면과 천장개폐에 따른 객석부분의 음향특성의 변화를 청감실험을 통해 주관적으로 평가해야 한다. 본 실험에서는 스피크 음원의 이용하여 음압감쇠에 따른 변화에 관해서는 검토되지 않았다. 명료도의 적절한 평가를 위해 축소 12면체스피커를 음원으로 음압레벨의 검토가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호#06 R&D B03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. ISO 3382 Acoustics -Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameter, International

- Orgnization for Standardization. 1997.
2. Cremer, L. and Muller, H.A., Principles and Applications of Room Acoustics, Applied Science Publishers, 1978.
3. Crocker, M.J. and Price, A.J., Noise and Noise Control, CRC Press, 1975.
4. Eyring, C. F., Reverberation time measurements in coupled rooms, J. Acoust. Soc. Am. 1931; 3: 181-206.
5. Ermann, M., Coupled volumes: Aperture size and the double-sloped decay of concert halls, Building Acoustics, 2005; 12: 1-14.
6. Bradley, D.T. and Wang, L.M., The effects of simple coupled volume geometry on the objective and subjective results from nonexponential decay, J. Acoust. Soc. Am. 2005; 118: 1480-1490.