

음원의 지향성이 확산음장 형성에 미치는 영향에 관한 실험연구

○ 신일섭¹⁾ 차광석¹⁾ 조창근²⁾ 이대우³⁾

Experimental study for characteristics of diffuse sound field formed by sound source directivity

○ Shin Il-Seop, Cha Kwang-seok, Cho Chang-Guen, Lee Dae-Woo

ABSTRACT

It is diffuse sound field that measuring condition of absorption ratio and sound transmission loss for material consist of building are measured in reverberation room and on-site.

In this study, for upkeeping diffuse sound field in reverberation room, it is measured and estimated that sound field is effected according to sound source location and characteristics of emission directivity for sound source.

1. 머리말

건축물의 구성재에 대한 흡·차음성능의 현장평가 실험 및 잔향실 실험은 실내의 음장특성이 확산음장을 전제조건으로 한다. 특히 잔향실 실험에서 음원의 발생시 음을 충분히 확산시키기 위해 다양한 형상설계, 수치해석기법, 모형실험 등의 연구가 진행되고 있으며, 반사판 등의 부가장치를 이용하여 음을 확산시키기도 한다.

본 연구에서는 잔향실험실 음장조건인 확산음장을 확보하기 위한 연구의 일환으로 잔향실에서 음원의 위치 및 음원의 지향성이 실내의 음압분포에 미치는 영향을 측정·평가하여 음원과 확산음장의 관계를 도출하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 잔향실과 확산음장

2.1.1 실험대상 잔향실

실험대상 잔향실의 개요는 표 1과 같고, 실험에 이용된 음원의 제원은 표 2와 같다.

Table 1. Outline of reverberation room

구분	내 용
잔향실 개요	▶ 실형상 : 5각형 7면체 ▶ 용적 : 345.7m ³ ▶ 측정하한주파수 : 80Hz ▶ 실표면적 : 295m ²

Table 2. Specification of sound source

음원종류	형 식	Freq. range	출력레벨
무지향성	12면체	38Hz-18kHz	92dB/w(m)
지향성	100°H×80°V	50Hz-16kHz	100dB/w(m)

1)현대건설(주) 기술연구소 주임연구원

2)서일대학 건축과 교수

3)현대건설(주) 기술연구소 책임연구원

2.1.2 확산음장조건 및 측정방법

잔향실에서 음원, 시료면, 벽면, 바닥면 등에서 1m 이상 이격된 영역내에서 서로 1m 이상 떨어진 마이크로폰의 위치를 10점 취하고, 각 측정마다 음원을 일정하게 작동시켰을 때 잔향실내 음압레벨 지시값의 평균적인 장시간 변동 진폭이 표 3의 수치내에 있어야 하며, 이 측정값의 표준편차는 표 4를 만족하여야 한다.

Table 3. Variation amplitude of sound source

주파수[Hz]	125~160	200~400	500이상
진폭[dB]	±5	±3	±2

Table 4. Standard deviation of measuring value

주파수[Hz]	125~160	200~400	500~1600	2000~
표준편차	1.5	1.0	0.5	1.0

2.2 측정개요

측정점은 2.1.2의 측정방법에 따라 바닥면에서 1.5m, 인접벽에서 1.4m 이격된 영역내에 10점(㉠~㉩)을 균등분포하게 위치하였으며, 음원위치는 잔향실내 5각(Ⅰ~Ⅴ)에 무지향성 및 지향성 음원을 각각 배치하였다. 그림 1은 잔향실내의 측정점과 음원위치를 나타낸 것이다.

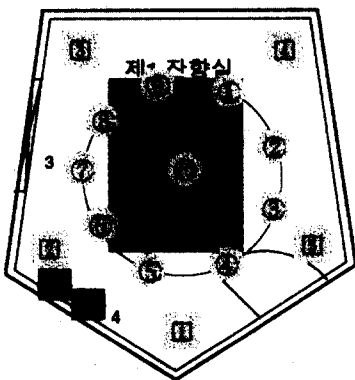


Figure 1. Layout of measuring point and sound source in reverberation room

3. 측정결과 및 분석

3.1 잔향실의 음압레벨분포 및 주파수특성

그림 2는 잔향실내 음원위치 ㉡의 무지향성 스피커에 백색잡음(white noise) 발생시켰을 때의 잔향실내 음압레벨을 나타낸 것이다.

그림 2에 나타낸 바와 같이 표준음원에 대하여 각 측정점에서 음압레벨의 평균적인 지시값의 장시간 변동진폭은 표 3을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

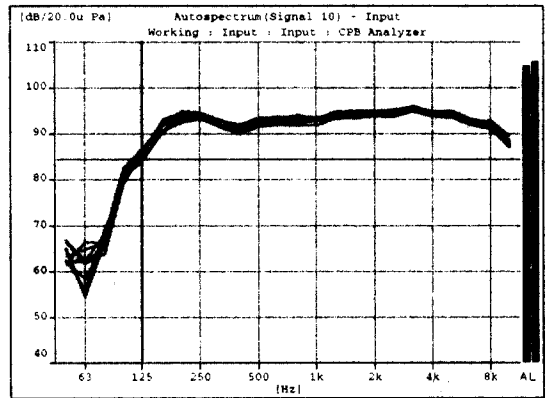


Figure 2. Frequency characteristics of sound pressure level

3.2 음원위치에 따른 음압분포 특성

5각형 7면체 잔향실의 5각의 구석에 음원을 위치하고 발생시켰을 때 실내의 각 측정점에서 음압레벨의 표준편차를 구하여 그림3에 나타낸다.

무지향성 음원의 경우 80Hz 이하, 지향성의 경우 160Hz이하의 주파수대역에서 음원의 위치에 따라 음압레벨의 변동이 심한 것으로 나타났으며, 4000Hz 이상의 고주파수대역에서도 측정점에 따라 표준편차 1.0을 상회하는 것으로 나타났다.

또한 무지향성 음원은 지향성 음원보다 측정점의 위치에 따라 상대적으로 실내음압레벨 분포의 표준편차가 적은 것으로 나타나, 음의 확산성이 음원의 위치와 큰 상관성이 없는 것으로 나타났다.

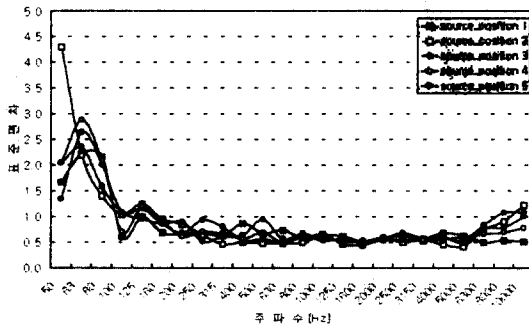
3.2 잔향실내 음압레벨 표준편차

3.2.1 음원의 지향성에 따른 음압레벨 표준편차

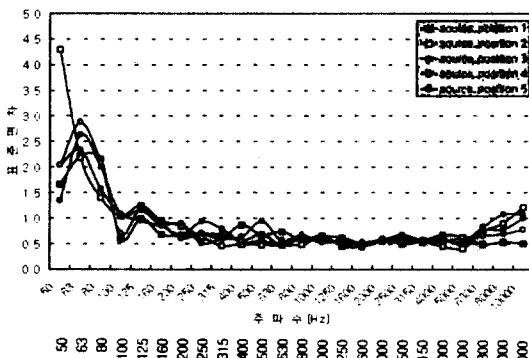
그림 4는 음원의 위치를 변경하여 표준음원의 지향성에 따른 각 측정점의 음압레벨 표준편차를 나타낸 것이다.

음원위치 ②일 때 지향성과 관계없이 측정 전 주파수대역에서 유사한 표준편차를 보이고 있다. 다만 500Hz~1600Hz의 중심주파수대역에서 표준편차 허용치 0.5를 근소하지만 상회하고 있다.

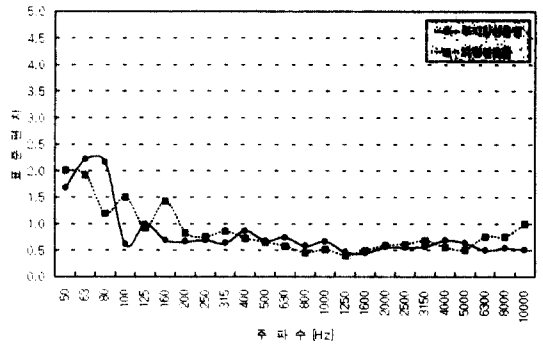
지향성음원의 경우 음원위치를 변경함에 따라 주파수별 음압레벨표준편차가 특정주파수 대역에서 변동이 심한 것으로 나타났다. 이는 발생음을 확산시키는 반사면의 형상에 무지향성 음원보다 상대적으로 영향을 많이 받고 있는 것으로 판단된다.



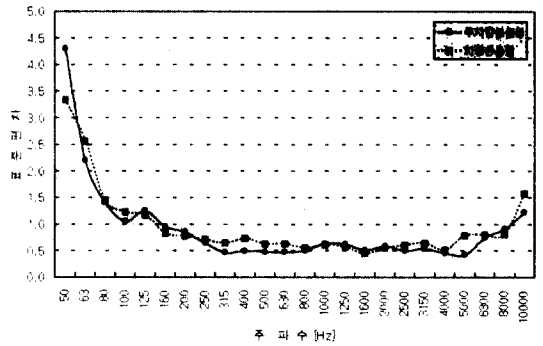
(a) 무지향성음원



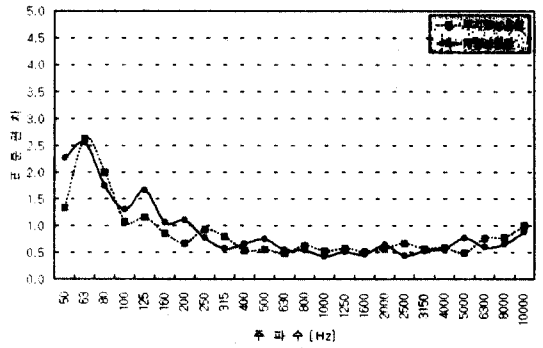
(b) 지향성음원



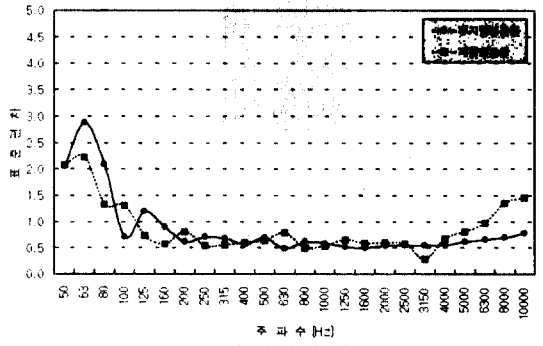
(a) 음원위치 ①



(b) 음원위치 ②



(c) 음원위치 ③



(d) 음원위치 ④

Figure 3. Variations of sound pressure level for location of sound source

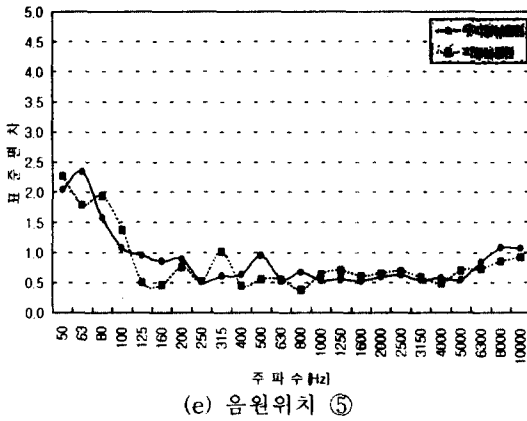


Figure 4. Standard deviation of sound pressure level

3.2.2 주파수별 음압레벨 표준편차

그림 5는 음원의 위치를 ①~⑤(position1~position5)로 이동하면서 50Hz~10,000Hz의 주파수 범위에서 1/3 옥타브밴드 중심주파수별로 음원의 지향성에 따른 음압레벨의 표준편차를 나타낸 것이다.

각 측정지점의 측정값에 대한 표준오차가 규정 주파수 이하인 125Hz 미만의 주파수 대역에서는 지향성에 관계없이 음원위치에 따라 유사한 경향을 보이고 있다.

무지향성의 경우 80Hz와 100Hz에서 125Hz는 지향성의 경우 100Hz에서 표준오차 범위인 1.5를 만족하고 있는 것으로 나타났다.

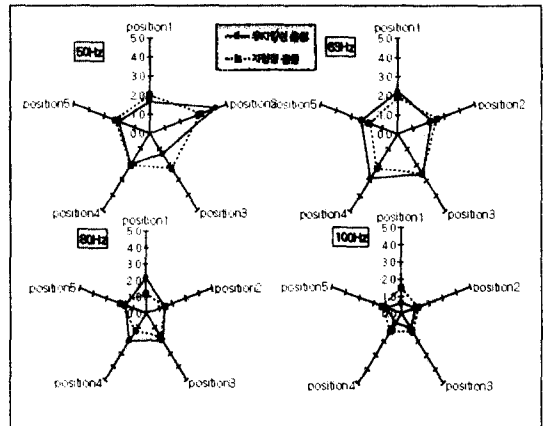
이는 잔향실의 설계용적 345.7m³이 설계측정하한 주파수 80Hz를 만족하고 있는 것으로 판단된다.

표준오차 범위가 1.5인 125Hz, 160Hz 주파수대역은 무지향성의 경우 모두 만족한 것으로 나타났으나, 지향성 음원의 경우, 125Hz의 음원위치 ③에서 1.7로 규정표준편차의 한계를 초과하고 있는 것으로 나타났다.

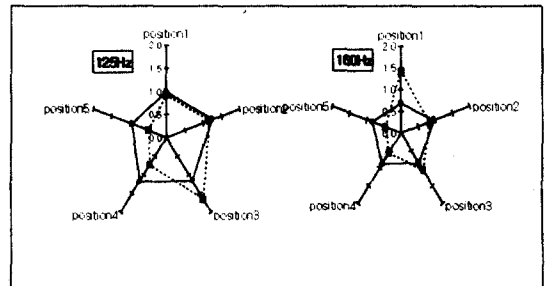
200Hz~400Hz 주파수범위에서는 지향성 음원 200Hz에서 표준편차 1.1을 제외하고, 모두 만족한 것으로 나타나, 음원의 지향성에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

500Hz~1600Hz 주파수범위에서는 표준편차가 0.5 ± 0.1 의 분포를 보이고 있다. 500Hz에서 무지향성 음원위치 ④에서 0.9로 규정표준편차를 훨씬 상회하고 있다. 측정점 ①, ⑤에서 음향에너지밀도가 상대적으로 높은 데서 기인하는 것으로 판단된다.

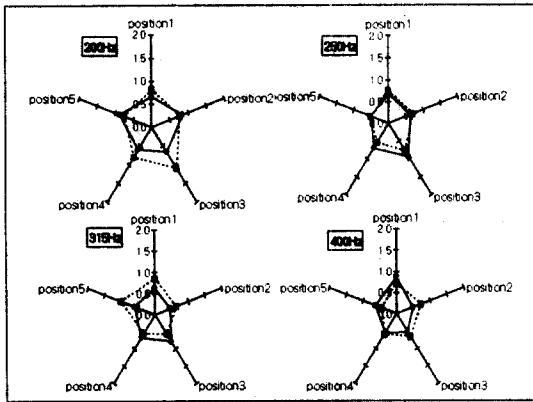
2000Hz이상의 주파수범위에서는 1.0이하의 규정표준편차 대부분 만족하고 있는 것으로 나타났으나, 지향성 음원이 음원위치 ②, ④에서 8000Hz 이상의 주파수 범위에서 불균등한 음에너지밀도를 보이고 있다. 2000Hz~4000Hz의 범위에서 지향성에 관계없이 거의 동일한 음에너지밀도의 정상상태가 유지되고 있으나, 5000Hz 이상에서 지향성 음원이 음원위치에 따라 불규칙한 분포를 보이고 있는 것으로 나타났다.



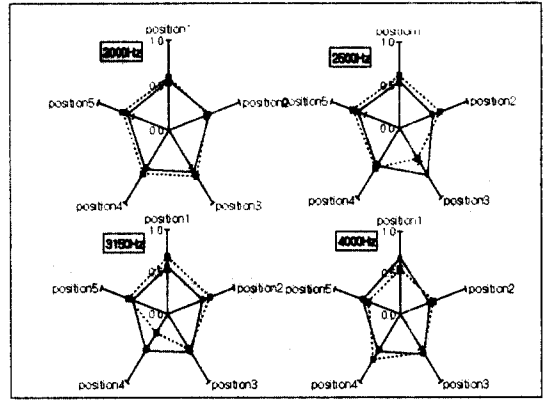
(a) 50Hz ~100Hz



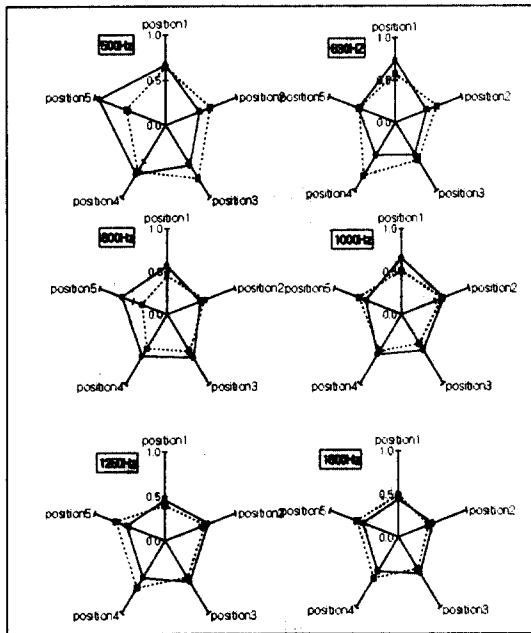
(b) 125Hz~160Hz



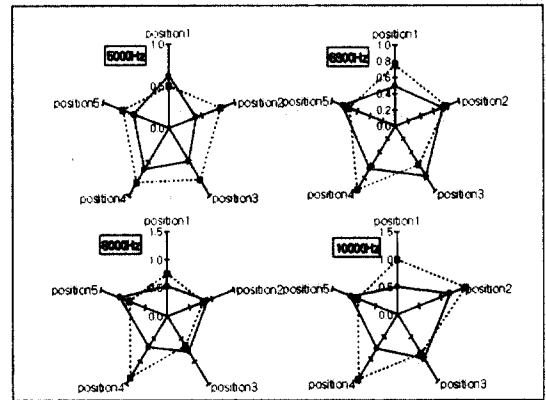
(c) 200Hz~400Hz



(e) 2000Hz~4000Hz



(d) 500Hz~1600Hz



(e) 5000Hz~10000Hz

Figure 5. 주파수별 음압레벨 표준편차

3) 무지향성 음원은 지향성 음원보다 측정점의 위치에 따라 상대적으로 실내음압레벨 분포의 표준편차가 적은 것으로 나타나, 확산음장과 음원의 위치에 큰 상관성이 없는 것으로 나타났다.

4. 맺음말

1) 무지향성 음원의 경우 80Hz 이하, 지향성의 경우 160Hz이하의 주파수대역에서의 음원의 위치에 따라 음압레벨의 변동이 심한 것으로 나타났다.

2) 2000Hz~4000Hz의 범위에서 향성에 관계 없이 거의 동일한 음에너지밀도의 정상상태가 유지되고 있으나, 5000Hz 이상에서 지향성 음원이 음원위치에 따라 불규칙한 분포를 보이고 있다.

향후 수치해석에 의한 잔향실의 음장해석 및 현장실험을 통한 음장평가를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 한국산업규격 KS F 2808(1996), "실험실에서 음향 투과 손실 측정방법"
2. 大鶴 徹, 有限要素法による残響室音場解析に関する研究, 日本建築學會學術大會, 1998.9