

화재비상경보음의 건물 내 전달특성에 관한 연구 A Study on the Propagation Characteristics of Fire Alarm Sound in Buildings

백은선

Eun-Sun Baek

동신대학교 소방행정학과
(2009. 9. 2. 접수/2009. 10. 9. 채택)

요 약

본 연구에서는 건축 실내음향 특성 파악에 이용되는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비상경보설비의 음향장치에 공급되는 전압의 변동에 따른 비상경보설비음의 전달특성을 파악하였다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 비상경보설비의 음향장치 음향파워레벨(정격전압 DC 24V)은 경종은 98.6dB, 전자식사이렌 스피커는 95.7dB 그리고 전자식사이렌 폰은 101.8dB로 측정되었다. 또한 경종은 주파수 증가에 따라 음향파워레벨이 증가하고 고주파 대역에서 피크 레벨을 보이는데 반해 전자식사이렌의 폰형과 스피커형은 135~200Hz에서 최저음향파워레벨을 보이다가 이후 급격히 증가하는 패턴을 나타냈다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비상경보설비와의 이격거리에 따른 전달특성을 살펴보면, 대상건물의 복도에서는 전체적으로 고른 분포를 보여주고 있다. 하지만 인접해 있는 강의실에서는 벽체 부분을 제외한 우회전달음의 영향으로 비상경보설비 음향장치의 주파수 특성에 따라 전달되는 음압레벨의 차가 크게 발생하였다. 향후 예측수법의 정확도와 타당성 검토를 통한 화재비상경보음의 전달특성을 건축물의 계획 시에 예측 비교한다면 화재 경보의 인지 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

This study aims to review the propagation characteristics of fire alarm sound in building through computer simulation. In order to achieve this goal, the sound power level of existing three different emergency alarms were measured in an anechoic chamber. Sound power level of alarm bell was 98.6dB and electronic-siren speaker was 95.7dB, and electronic-siren phon was 101.8dB at the voltage of DC 24V in the condition of anechoic chamber. As the results of acoustic simulation, it was shown that sound levels at the corridor of the building were relatively high and even. But, there were large difference in sound level at all the frequency bands between corridor and lecture rooms. This mean that alarm sound couldn't be recognized sometimes in lecture rooms. Through the computer simulation, the propagation characteristics of fire alarm sound could be forecasted and compared due to plans of buildings.

Key words : Fire alarm sound, Sound power level, Voltage drooping, Computer simulation

1. 서 론

화재는 사소한 부주의나 관리소홀로부터 발생되어, 전혀 예상하지 못한 큰 재앙을 가져오고 있으며 이와 같은 현상들은 국민생활의 향상과 산업의 발달과정에서 계속 늘어가는 추세에 있다. 더욱이 경제의 발달로

인한 사회의 변화는 건축물에 용도의 다양성을 초래하였고, 용도의 다양성을 만족하기 위해 고층화·심층화, 에너지 사용량의 증가, 화학물질의 다양화·대형화 등의 경향은 화재사고와 동시에 인명과 재산의 대형피해로 연결되고 있는 실정이다.

이러한 화재를 대비하기 위한 경보설비는 화재로 인한 인적, 물적 피해를 경감하기 위해서 화재발생 초기 단계에서 발생하는 열분해 생성물, 즉 연기·열·빛

등을 발견하여 소방대상물의 관계자에게 경보장치로 화재발생을 통보하고 신속한 피난을 위해 건물 내에 있는 사람에게 경보를 보내는 설비이다. 여기에는 비상벨설비 및 자동식 사이렌설비가 있으며, 주요 건물에는 이러한 화재 비상경보설비를 설치하여 피해를 경감시키는데 기여하고 있다. 그럼에도 불구하고 화재 발생시 많은 인적, 물적 자원의 피해를 내는 원인 중의 하나로 화재에 대한 조기 인식 및 대피를 하지 못하는 것이 문제점으로 지적되고 있다.

그 가운데 화재경보음의 음량에 대한 불확실성도 하나의 문제점으로 대두되고 있다. 즉 비상경보설비의 음향장치 기준에 대해 전압의 80% 전압으로 음향장치의 중심에서 1m 떨어진 위치의 음량이 90dB 이상이 되는 것이어야 한다는 규정만 있을 뿐 보다 구체적인 요건은 미흡한 실정인바, 실제 현장적용에 따른 복잡한 여건을 만족하는데 어려움이 따를 것으로 예상된다. 특히 초고층 및 대규모 부지의 공장 또는 공동주택의 경우, 수신기와 멀리 떨어진 음향장치는 전압강하로 인해 음향장치의 정격전압 기준에 미치지 못하는 사례도 나타나고 있으며, 음향장치의 음향특성을 고려하지 않아 신호음을 듣는 수음점에서의 음량을 확보할 수 없는 경우도 발생하고 있다.

경보음은 공기전달음으로서 비상경보설비가 설치된 공간의 특수성과 음원의 성능을 고려하여 설계되어야 한다. 즉 비상경보설비의 설치조건, 위치, 지향성 등은 물론 경보음 시그널의 음색, 시간변동특성을 반영한 보다 다각적인 측면에서 신뢰성을 검토할 필요가 있다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 자동화재탐지설비의 지구음향장치에 있어서 건축 실내음향 특성파악에 이용되는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 비상경보설비의 음향장치에 공급되는 전압의 변동이 음향장치의 음량에 어떤 영향을 미치는지 파악하고자 하였으며, 건물 내 전달되는 음압레벨의 변화를 컴퓨터 시뮬레이션과 실제 설비음을 작동시켜서 비교분석 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 비상경보설비의 음향기준

비상경보설비 중 음향장치는 일반적으로 음량과 음색이 다른 기기의 소음과 구분되는 “벨”을 사용하고 있지만, 규격용어는 “음향장치”로서 벨 이외의 것도 사용할 수 있다. 이 중에서 비상벨설비라 함은 사용할 상황을 경중으로 경보하는 설비를 말하고, 자동식사이렌설비라 함은 화재발생상황을 사이렌으로 경보하는 설

비를 말한다.

음향장치의 음향특성에 관련된 안전기준 사항을 살펴보면 다음과 같다.¹⁾

음향장치는 정격전압의 80% 전압에서 음향을 발할 수 있도록 하여야 한다.

음향장치의 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB 이상이 되는 것으로 하여야 한다.

이러한 규정에는 건물내부에 알리는 소리의 별도의 음색이나 거리에 따른 음의 전달특성 등은 규정되어 있지 않다.

2.1 비상경보설비의 음향기준

하나의 자동화재탐지설비는 Figure 1과 같이 여러 개의 지구로 나뉘고 각각의 지구회로는 감지기와 발신기와 경중으로 구성되어 있다.

일반적으로 사용되는 자동화재탐지설비는 P형과 R형을 사용하는데 이 시스템들은 하나의 수신기에 각 센서와 액추에이터들이 종속으로 연결되어 독립적인 동작이 제한됨으로써 단선이나 고장이 발생시 조기에 화재를 진압하기 곤란한 구조로 되어 있다.²⁾

특히 수신기 중에서 많이 사용되고 있는 P형수신기는 구조가 간단하고 신뢰성이 비교적 높으며 저가의 장점이 있다. 하지만 수신기에서 멀리 떨어진 지구음향장치의 경우에는 거리가 증가할수록 선로 저항이 증가하게 되고, 이러한 증가된 저항에 의해서 말단의 지구음향장치 전위가 내려가게 된다. 즉 양 끝의 전위차로 인하여 선로의 전압강하가 발생하게 된다.

선로의 전압강하는 다음 식과 같이 정의할 수 있다.³⁾

$$V = \frac{\rho \times L \times I}{S} \quad (1)$$

여기서, ρ : 고유저항($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L : 전선의 길이(m)

I : 소요전류(A)

S : 전선의 단면적(mm^2)

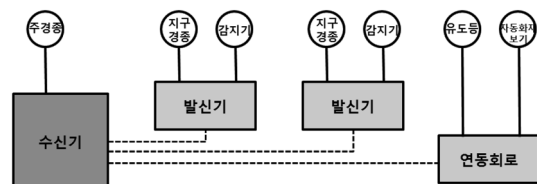


Figure 1. Fire detection system.

3. 측정개요

3.1 개요

자동화재탐지설비의 지구음향장치에 있어서 수신기와 말단회로의 이격거리로 말미암아 발생하는 전압강하에 따른 비상경보설비의 전달특성을 파악하기 위해 D대학의 강의동을 선정하였다.

전압에 따른 비상경보설비의 음향파워레벨은 반무향실에서 측정하였다. 이렇게 측정된 음향파워레벨을 건축 실내음향 특성파악에 이용되는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 Odeon4.21를 이용하여 각 실내에 전달되는 비상경보설비음의 음량 특성과 실제 비상경보설비음을 작동시켜 측정된 음량 특성과 비교 분석하였다.

3.1.1 대상건물

본 연구대상 건축물은 학교시설로서 복도를 중심으로 양쪽으로 강의실이 계획되어 있는 중북도식 건물이다. 대상건물은 자동화재탐지설비 P형수신기가 설치되어 있는 대학내 건물로부터 직선거리 약 500m 정도 떨어진 위치에 있다. 대상건물의 평면형태는 Figure 5와 같다.

3.1.2 측정대상 음향장치

실험에 사용된 음향장치는 비상벨설비와 자동식사이렌설비이며, 그 형태는 Figure 3과 같다.

경종은 모터구동형, 사용전압은 DC 24V ± 20% 그리

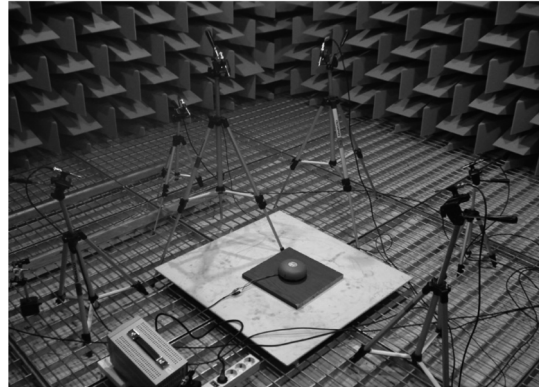


Figure 4. Composition of measuring system.

고 소요전류는 50mA이다. 전자사이렌은 폰형과 스피커형으로 구분되며 사용전압은 DC 24V 그리고 소요전류는 100mA이다.

음향장치는 정격전압 80% 전압에서 음향이 발할 수 있도록 설계되어 있고, 본 연구의 대상건물은 수신기에서 발신기까지의 거리(500m) 이격에 따른 전압강하는 식(1)에서 약 5.5V이므로 전압범위를 DC 24V ± 20%로 설정하였다. 이러한 본 실험에서는 자체 제작한 음향장치에 제공되는 전압은 디지털 파워 서플라이(digital power supply)를 이용하였다.⁴⁾

3.2 음향파워레벨(PWL)

본 실험에서는 반무향실 및 무향실에서의 정밀 측정방법(KS A ISO 3745)에 따라 반무향실에서 음압도를 측정하여 비상경보설비의 음향파워레벨을 산출하였다. 측정은 한국산업규격(KS A ISO 3745)에 따라 반구면상의 10개 지점에서 반무향실내의 배경소음을 측정한 후, 측정대상기기의 음압도를 측정하여 음향파워레벨을 산출하였다.

반구면 측정법에서 사용하는 구면은 음원의 음향 중심에 측정 중심을 두도록 하였으며, 측정 구면의 반지름은 최대 음원 치수의 2배 이상 또는 반사면으로부터 음원의 음향 중심까지의 거리의 3배 이상 중에서 큰 쪽을 선택하였다. 본 연구에서는 1m로 하였다.

실험에 사용된 장비는 Rion社의 다채널신호분석처리기(SA-01 8ch)를 이용하였다. 반구면상의 마이크로폰 설치 위치 및 측정 장면은 Figure 4와 같다.

3.3 예측 및 실측

3.3.1 대상건물 개요

연구대상 건물의 개요는 Table 1과 같다.

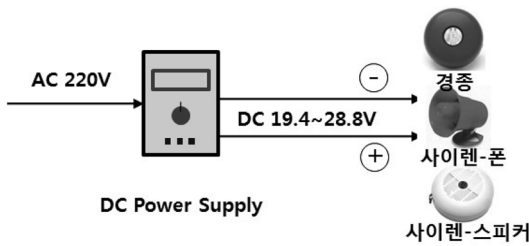


Figure 2. Concept of the experiment model.

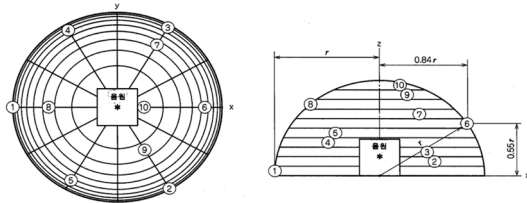


Figure 3. Arrangement of measurement position (10-Microphone).

Table 1. The Dimension of the Subject Building

Area (m ²)		1311.0
Volume (m ³)		3146.4
Length (m)		57.0
Width (m)		23.0
Height (m)		2.4
Finishing Material	Floor	Terrazzo
	Wall	Finishing by Water Paint
	Ceiling	Absorption Board

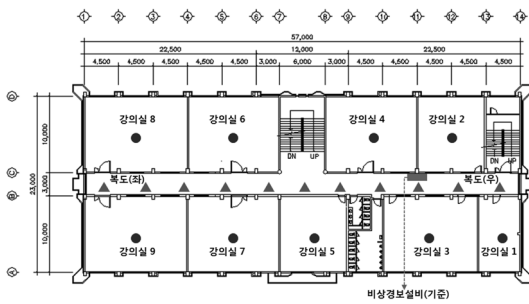


Figure 5. Plan of subject building and location of machinery tool & sound-receiving point.

Figure 5는 대상건물의 평면도 및 비상경보설비의 위치와 전달특성을 예측할 복도와 강의실에서 수음점을 나타내고 있다.

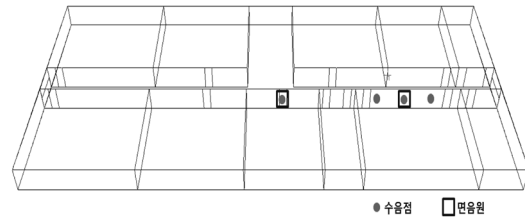
Table 2는 대상건물의 복도 및 강의실의 마감재료별 흡음률 데이터와 문의 투과손실 값을 나타내고 있다⁵⁾.

3.3.2) 컴퓨터 시뮬레이션

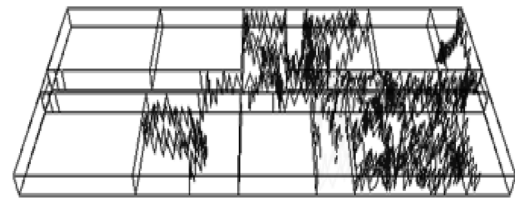
비상경보설비의 음량 전달특성 분석은 음선추적법(Ray-tracing method)과 허상법(Image model method)에

Table 2. Sound-absorption Rate of Finishing Material

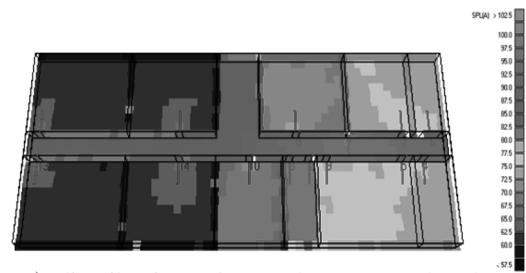
Location	Material	Frequency (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Floor	Terrazzo	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Ceiling	Absorption Board	0.30	0.20	0.16	0.12	0.15	0.20
Wall	Water-paint	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Window	Doble Window	0.15	0.15	0.03	0.03	0.02	0.02
Door	Wood Door	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10
TL	Wood Door	8	13	10	12	24	27
	Con'c	31	35	45	32	56	56



a) modeling of object space and sound-receiving point position



b) ray-tracing method through simulation



c) distribution of sound pressure level

Figure 6. Method of computer simulation.

의한 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하였으며 사용프로그램은 Odeon4.21이다.

컴퓨터 시뮬레이션 방법은 각각의 비상경보설비가 동일한 위치에서 무지향성 음원으로 노출시킨 후 반무향실에서 얻어진 비상경보설비 종류별 PWL값을 입력

하여 복도의 거리별 위치에서 주파수별 음압레벨을 파악하였다.

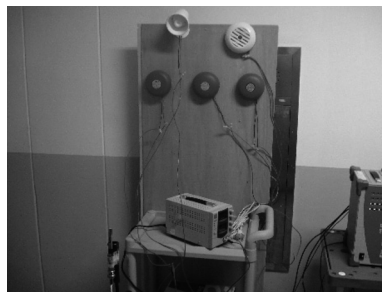
연구대상 평면의 강의실 내부의 음압레벨 예측을 위하여 각 강의실에 면한 벽체부의 음압레벨을 예측하였다. Figure 6의 a)에서 보면 벽체는 3개의 수음점의 평균값을 이용하였으며 문은 1개의 평균값을 이용하여 각 강의실 벽체부의 음압레벨을 예측하였다. 이를 통하여 얻어진 주파수별 음압레벨을 이용하여 벽체와 문의 투과손실값을 적용한 후 각 강의실에 면한 벽체부에 컴퓨터 시뮬레이션의 면음원을 이용하여 전체 건물 내의 소음의 전달 특성을 파악하였다.

음향시뮬레이션에서 측정조건은 온도 20°C, 습도 50%로 하였으며, 확산방법은 Lambert Method, Impulse Response 길이는 3000ms, Transition order는 3으로 설정하였다.⁶⁾

3.3.3 화재비상경보음 전달 실태 측정

화재비상경보음 전달 실태 측정은 본 실험에서 사용된 음향장치 중 경종과 전자식 폰형만을 이용하여 대상건물의 복도에서 전압에 따라 음향을 발생하였다. 측정 위치는 음향장치의 1m 떨어진 위치를 포함하여 복도 6개소와 강의실 내부 2개소를 측정하였다.

Figure 7은 화재비상경보음의 측정 장면을 나타낸 것



(a) sound source



(b) location of receiving point

Figure 7. Receiving point and measurement scene.

이다.

측정장비는 복도에서는 다채널 신호 분석기(Rion, SA-01 8-channel), 강의실 내부에서는 정밀적분소음계(Svantek, SVAN 945B)를 사용하였다. 마이크로폰의 높이는 음향장치에서 1m 떨어진 위치에서는 음향장치의 중심부 높이에서 측정하였고 나머지 마이크로폰의 높이는 1.2m로 하였다. A weighting 하였고, 측정시간은 20초로 설정하였다.

4. 측정결과 및 분석

4.1 비상경보설비음의 음향파워레벨

Figure 8은 반무향실에서 측정된 비상경보설비음의 주파수 특성을 나타낸 것으로서 정격전압 24V에서 음향장치 종류별 차이를 보였다.

경종은 주파수 증가에 따라 음향파워레벨이 증가하고 5kHz의 고주파 대역에서 피크 레벨을 보이는데 반해 전자사이렌의 폰형과 스피커형은 135~200Hz에서 최저음향파워레벨을 보이다가 이후 급격히 증가하는 패턴을 나타냈다. 한편 전자사이렌의 폰형은 500~1.6kHz에 피크레벨을 보이고 2kHz 이상의 고주파수 대역에서는 음압레벨이 낮아지는 경향을 보였다.

Table 3은 정격전압 DC 24V ± 20%에 대한 각각의 음향장치의 음향파워레벨이다.

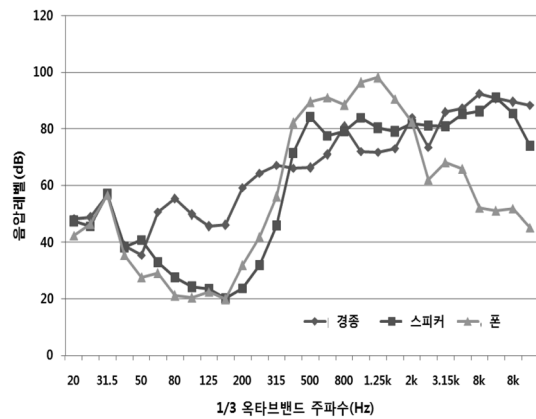


Figure 8. Frequency PWL (24V).

Table 3. PWL by Boltage (dB)

Sound Source	19.2V	24V	28.8V
Bell	97.9	98.6	99.8
Siren-speaker	93.0	95.7	97.6
Siren-phon	100.1	101.8	102.1

전압에 증가함에 따라 PWL도 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 경종과 전자식 사이렌 폰형은 전압에 따라 약 1dB씩 증가하는 경향이 보였고, 전자식 사이렌 스피커형은 약 2dB씩 변화되는 경향을 보여 주었다.

4.2 비상경보설비음의 전달특성 예측

본 연구대상 건물의 복도에서 거리별 비상경보설비음의 음압레벨은 Table 4와 같다. 연구대상 건물의 복도에서 음압레벨 변화는 거리에 따라 감소하는 경향을 보여주고 있지만 거리변화에 따른 큰 변화를 보여주고 있지는 않다.

이는 복도구간이 폭이 좁고 흡음면적이 적기 때문에

전체적으로 고른 분포를 보여주고 있다고 사료된다.

본 연구대상 건물의 복도에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 얻어진 음압레벨을 벽체부의 투과손실을 적용하여 각 강의실로 전달되는 비상경보설비음의 음압레벨을 예측하면 Table 5와 같다.

Table 5에서 비상경보설비와의 강의실 이격거리에 따라 경보음의 레벨이 저감하는 것을 보여주고 있다. 특히 경종과 전자식사이렌 스피커형은 벽체부의 투과 손실에 따라 음압레벨 저감이 크게 나타난 반면에, 전자식사이렌 폰형은 벽체의 투과손실에 따른 영향을 적게 받고 있다. 이는 전자식사이렌 폰형이 500Hz~2kHz 주파수 대역에서 피크레벨을 보이는데 기인한 것으로 사료된다.

Table 4. Sound Pressure Level Due to Distance Increase (dB(A))

Location	Distance (m)	Source Voltage (V)			Bell			Speaker			Phon		
		19.2	24	28.8	19.2	24	28.8	19.2	24	28.8	19.2	24	28.8
Light	10	85.3	86.1	87.3	82	84.3	86	91.2	92.8	93.3			
	5	87.9	88.7	90.0	84.4	86.8	88.5	93.3	94.9	95.5			
Standard	0	90.0	90.7	92.0	86.2	88.7	90.4	94.7	96.3	96.8			
Left	5	86.7	87.4	88.7	83.1	85.5	87.2	91.9	93.6	94.1			
	10	84.4	85.2	86.4	81.1	83.5	85.1	90.4	92.0	92.5			
	15	78.9	79.7	80.7	75.4	77.7	79.4	84.8	86.5	87.0			
	25	76.2	77.0	78.0	73.0	75.4	77.0	83.1	84.7	85.2			
	30	75.8	76.6	77.6	72.6	74.9	76.5	82.4	84.1	84.5			
	35	75.7	76.5	77.0	71.9	74.3	75.9	81.8	83.5	83.9			
	40	75.6	76.5	77.7	72.8	75.1	76.7	83.0	84.7	85.1			
45	75.0	75.9	77.1	72.4	74.7	76.3	82.7	84.4	84.8				

Table 5. Sound Pressure Level of Lecture Room (dB(A))

Lecture Room	Source Voltage (V)	Bell			Speaker			Phon		
		19.2	24	28.8	19.2	24	28.8	19.2	24	28.8
1		57.0	57.1	59.1	59.3	61.6	63.2	72.5	74.5	76.4
2		58.0	57.9	60.0	60.1	62.4	64.0	73.2	75.2	77.2
3		59.2	59.2	61.3	60.6	63.0	64.6	73.6	75.6	77.4
4		54.1	54.1	55.5	55.6	57.9	59.5	68.7	70.7	72.6
5		50.6	50.6	52.7	52.9	55.2	56.8	66.1	68.1	70.1
6		45.4	45.3	46.9	47.1	49.4	51.0	60.3	62.3	64.2
7		45.1	45.2	47.2	47.5	49.8	51.4	60.7	62.7	64.6
8		43.8	43.7	46.0	46.4	48.7	50.3	59.7	61.7	63.5
9		43.9	44.0	46.1	46.5	48.8	46.2	59.8	61.8	63.6

Table 6. Comparison Estimated Numerical Value with Surveyed Numerical Value of Sound Pressure Level

Location	Distance & Room	Source			Speaker			
		Voltage (V)			19.2	24	28.8	19.2
Right	10m	-3.4	-3.0	-3.2	-3.2	-2.2	-2.7	
	5m	-1.9	-1.3	-1.4	-1.7	-1.3	-1.4	
Standard	0m	-1.4	-1.7	-2.2	-2.1	-1.8	-2.0	
Lift	5m	-0.6	+0.2	-0.1	-1.1	-1.3	-1.2	
	10m	-1.2	-0.7	-1.1	-1.9	-0.2	-1.7	
Lecture Room	1	-4.2	-5.2	-4.0	-5.3	-3.8	-4.0	
	3	-3.7	-5.0	-4.0	-5.0	-4.2	-4.6	

4.2 실측치와 예측치의 비교

비상경보설비음을 가동시킨 실측치와 컴퓨터시뮬레이션의 의한 예측치의 음압레벨 차이는 Table 6과 같다.

Table 6을 보면 복도에서 음향장치와의 이격거리에 따른 음압레벨의 차이를 보면 전체적으로 0.1~3.4의 차이를 보여주고 있다. 하지만 공간이 막혀 있는 복도의 끝단을 예측한 우측의 경우에는 음압레벨의 차이가 컸다. 이것은 개방되어 있는 좌측복도보다 폐쇄된 평면 형태를 보이는 우측의 복도가 주변의 창과 벽체에서 오는 반사음의 영향을 더 많이 받아 실측치와 예측치의 차이가 더 크게 나타나는 것으로 사료된다.

또한 벽체부의 투과손실을 적용하여 예측한 강의실 내부와 실측치의 차이는 3.7~5.3로 나타났다.

복도와 다르게 음압레벨의 차이가 크게 발생한 강의실 내부는 음압레벨을 예측할 경우에 복도와 면한 벽체부 외 인접 강의실, 천정반자 그리고 기타 우회경로를 통해 음이 전달된 것으로 사료된다. 하지만 현장측정을 통한 실측치와 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 예측치의 오차를 분석하여 추후 계획될 건축물의 화재비상경보 설비음의 전달 특성을 초기에 예측 가능할 것으로 사료된다.

수 증가에 따라 음향파워레벨이 증가하고 고주파 대역에서 피크 레벨을 보이는데 반해 전자사이렌의 폰형과 스피커형은 135~200Hz에서 최저음향파워레벨을 보이다가 이후 급격히 증가하는 패턴을 나타냈다.

컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비상경보설비와의 이격거리에 따른 전달특성을 살펴보면, 대상건물의 복도에서는 전체적으로 고른 분포를 보여주고 있다. 하지만 인접해 있는 강의실에서는 벽체부를 제외한 우회전달음의 영향으로 비상경보설비 음향장치의 주파수 특성에 따라 전달되는 음압레벨의 차가 크게 발생하였다. 향후 예측수법의 정확도와 타당성 검토를 통해 화재비상경보음의 전달특성을 건축물의 계획 시에 예측 비교한다면 화재 경보의 인지 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

“이 논문은 2009 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)”.

“이 논문은 2009 바이오하우징연구소의 지원을 받아 수행된 연구임”.

5. 결 론

본 연구에서는 건축 실내음향 특성파악에 이용되는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비상경보설비의 음향장치에 공급되는 전압의 변동에 따른 비상경보설비음의 전달 특성을 파악하였다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 비상경보설비의 음향장치의 정격전압 DC 24V에서 음향파워레벨은 경종은 98.6dB, 전자식사이렌 스피커는 95.7dB 그리고 전자식사이렌 폰은 101.8dB로 측정되었다. 또한 경종은 주파

참고문헌

1. 소방방재청고시 제 2008-41호, “비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201)”.
2. 전중합, “자동화재탐지설비 P형수신기의 지구회로에 관한 연구”, 대구보건대학 논문집, Vol.27, pp.1-19 (2007).
3. 백건중, “전압강하에 따른 화재비상경보 설비음의 변동특성에 관한 실험적 연구”, 한국건축환경설비학회 2009년도 춘계학술발표대회논문집, pp.144-147

- (2009).
4. 신훈 등, “전압강하에 따른 화재비상경보 설비음의 변동특성(학교시설의 평면유형을 중심으로)”, 한국건축친환경설비학회 2009년도 춘계학술발표대회논문집, pp.148-151(2009).
 5. 김재수 저, “건축환경공학”, 서우출판사(2004).
 6. 서정석 등, “컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 병원 기계실의 설비소음 전달예측”, 대한설비공학회 2004하계 학술대회논문집, pp.626-631(2004).