사업장 화재 경보음 인지정도에 관한 연구

A Study on Awareness Rate of the Fire Alarm Sound in the Factory

이영삼* · 이동호**

Lee, Young-Sam · Rie, Dong-Ho

Abstract

Most work places operating machines have a lot of background noise that affect evacuation from a factory. Especially, a lot of background noise from utility machines cause delay of awareness of fire alarm sound and also increase death rate. Currently, skyscraper type factories have been constructed at around big cities because of high land price. The complexity of skyscraper type factories leads to increase death rate on fire. This study was to research problems using experiment as the same workplace situation according to KOFEIS 0305 and the US Fire Protection Handbook. The experiment was conducted using the speakers to produce machine sound(70dB, 80dB, 90dB) in the room. The fire alarm sound was produced from a corridor. Also the experiment was done using persons(around 20 years old and without damage of ears) under different conditions such as distance from the alarm system, open and closed doors, machine sounds, and with and without ear protection. As a result of the measurements, it showed that in the case of wearing ear protection, most people could not hear fire alarm sound in the room with closed door. NFPA suggests that the alarm system should be considered of other methods to know alarm sound when the background noise exceeds 85dB or more. Therefore it was concluded that the design of the fire alarm systems should not be applied to the workplace without considering background noise and that there needs to be improvement with regulations and the systems.

Key words : Fire alarm sound, Awareness rate, Ear protection, Background noise

요 지

사업장 내에 존재하는 다양한 소음에 의해 피난에 많은 영향을 주고 있다. 특히 사업장에서 가동되는 각종 기계설비 및 유틸리티 설비의 기기음(압소음)에 의해 화재경보음 인지가 지연되어 사망률이 증가되고 있다. 또한 최근 들어 값비싼 토지 비용 때문에 고층의 아파트형 공장이 도심지 또는 대도시 근방에 많이 건립되고 있다. 이러한 아파트형 공장에서 화재가 발생 될 경우 인명피해는 더욱 늘 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 분석하기 위해 실제 상황을 조장하여 경종의 형식 승인 및 검정기술기준·시험세척(KOFEIS 0305)과 미국방화핸드북(Fire Protection Handbook)의 측정기준 및 예시기준에 따라 조건별로 실험하였다. 실험은 복도에 있는 경종을 소음측정기로 90dB 음량으로 세팅하고 실내에서 기기실로부터 녹취한 기기음을 스피커로 음(70dB, 80dB, 90dB)을 발생시켰다. 그리고 청력에 이상이 없는 20대초 연령의 피험자를 대상으로 거리별, 출입문의 개·폐 조건별, 기계음 종류별, 방음보호구 착용여부 조건에 따른 경보음 인지정도 측정 및 분석을 하였다. 실험결과 기기실 문을 닫고 방음보호구를 착용 시 대부분의 피험자가 화재경보음을 인지하지 못하였다. 미국방화협회(NFPA)에서는 압소음이 85dB이거나 이상일 경우 다른 경보방법을 강구하도록 되어있다. 따라서 기기음과 장소의 특성을 고려하지 않는 일률적인 화재경보음의 설계에 대한 제도적 및 법적개선이 요구되는 결론을 도출하였다.

핵심용어 : 화재경보음, 인지정도, 방음보호구, 기기음(압소음)

1. 서 론

우리나라는 외국의 자본을 들여와 많은 공장을 건립하였다. 그 결과 현재는 세계경제 8위(2012년 무역순위)에 오를 정도로 많이 성장하였다.

하지만 경제성장 위주의 정책으로 인명에 대한 안전은 소

홀히 하는 경향이 있었다. 특히, 산업화의 핵심인 공장은 화재로 인해 많은 인명피해가 발생되고 있다.

NFPA의 2011년도 화재현황통계를 살펴보면, 전체 화재발생건수는 11,381건 이였고 그 중 공장화재의 경우 2,186건으로 근린생활시설 4,009건과 공동주택 2,200건 다음으로 높았고 인명피해의 경우 총 686명 중 125명으로 근린생활시설

*정회원. 인천대학교 대학원 안전공학과 박사과정(E-mail: win203203@naver.com)

Member. Ph.D Candidate, Department of Safety Engineering, University of Incheon

**교신저자. 정회원. 인천대학교 소방방재연구센터(Tel: +82-32-835-8293, Fax: +82-32-835-0779, E-mail: riedh@incheon.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Fire Disaster Prevention Research Center, University of Incheon

181명과 공동주택 207명 다음으로 높았다.

본 자료와 같이 공장화재의 비중이 근린생활시설과 공동주택 다음으로 매우 높다는 것을 알 수 있다.

최근 들어 수도권을 중심으로 아파트형 공장이 많이 건립되고 있으며 심지어는 10층이 넘는 공장도 많이 건립되고 있는 점을 감안한다면, 향후 공장화재의 잠재위험성은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 또한 대부분의 공장은 기계로부터 심한 물리적 소음(압소음)이 존재하고 있기 때문에 화재발생시 작업자의 인지시간을 지연시키는 주요 원인이 될 수 있고, 더욱이 소음이 발생하는 작업현장에서는 대부분 방음보호구 착용을 하고 있어 인명피해는 더욱 높아 질 것으로 판단된다.

경보음에 대한 화재의 위험성평가와 관련된 선행 연구를 살펴보면, Lee et al.(2008)에 의해 “주거공간에서의 화재경보음 특성에 따른 전달감쇠 실험연구”, Baek et al.(2009)에 의해 “전압변동에 따른 비상경보설비의 음향특성에 관한 실험적 연구”, Lee et al.(2012)에 의해 “사업장 화재 경보음 전달특성에 관한 연구” 등의 연구가 진행되었다. 하지만 소음 환경이 고려된 경보음에 전달특성에 대한 연구진행이 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 경보음의 인지정도 특성을 연구하기 위해 사업장의 대표적인 유틸리티인 보일러, 공기압축기, 냉동기, 모터펌프의 소음을 활용하여 분석하였다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 실험개요

2.1.1 경보장치의 제원

본 실험에서 사용된 경보장치는 Table 1과 같이 경종을 사

Table 1. Specification of fire alarm system

Picture
	Classification	Type	Voltage
	Alarm	Motor	DC24V
			Electric current
			Less than 50mA

Table 2. Specification of machine and room's material

Classification	Specification	Quantity	Average of sound	Material of mach.' room		
				Floor	Wall	Ceiling
Chillers	1500RT	5	94dB(A)	Concrete	Drywall	Concrete
Compressors	200HP	1	84dB(A)	Concrete	Drywall	Concrete
	250HP	1				
Boilers	10ton	2	87dB(A)	Concrete	Drywall	Concrete
Motor pumps	10HP	4	106dB(A)	Concrete	Concrete	Concrete
	15HP	6				
	25HP	3				
	40HP	3				

용하였으며 작동방식은 모터식이다.

또한 경종의 성능은 NEMA(2005)의 경종의 형식승인 및 검정기술기준 · 시험세척(KOFEIS 0305)에 따라 전압은 24V 이고 전류는 50 mA이하여야 한다. 그리고 경보음의 크기는 경보발생장치에서 1m떨어진 장소에서 90 dB이상 음이 나와야 한다.

2.1.2 기기의 제원 및 소음의 측정과 녹음

소음이 발생하는 기기에 대한 정보는 Table 2와 같이 구분하였다.

측정대상은 공장의 대표적인 유틸리티인 냉동기, 공기압축기, 보일러, 모터펌프 등으로 선정하였다. 또한 Fig. 1과 같이 각 기기의 소음을 녹음하였다. 녹음에 사용된 기기는 영국 CIRRUS사에서 제작한 CR-172B모델로 하였다.

Fig. 1. Recording of the essential machines' noise in the factory

2.1.3 방음보호구의 제원

본 실험에서 사용된 방음보호구는 Table 3과 Fig. 2와 같이 3M사의 1110(귀마개)와 H7A(귀덮개) 모델이다. 본 제품은 안전보건공단(KOSHA)에서 보호구성능 인증을 받았으며 소음감소율은 ANSI S3.19-1974 착용실험에서 평균소음감소치가 귀마개는 29 dB이고 귀덮개는 27 dB로 입증된 제품이다.

Table 3. Specification of the ear protections

Classification	Specification	
	3M 1110	3M H7A
Standard	KOSHA(08.11.10)	KOSHA(08.06.19)
Type	Earplugs	Earmuffs
NRR (Noise Reduction Rating)	29dB	27dB

Earplugs

Earmuffs

Fig. 2. Pictures of the ear protections

2.2 실험 방법

기기실 내에서 화재 경보음의 인지정도를 평가하기 위해 기기실의 배치구조와 마감재료가 같은 준무향실에서 Fig. 3과 같이 평가하였다. 실험에 참여한 피험자는 20-23세의 정상청력을 지닌 남자 11명을 대상으로 하였다. 피험자 청력의 정상 유·무 확인하기 위해 난청테스트 설문지를 활용하여 평가하였고 피험자 모두 정상청력으로 나왔다. 경보음 인지정도 평가방법은 복도 경보장치에서 기기실 문까지 거리가 5 m인 실내에서 Fire Protection Handbook (2008)의 측정예시 기준에 근거하여 1 m, 3 m, 6 m, 12 m 거리별로 평가하였다. 기기실에서 기기음(암소음)을 생성하기 위해 각 실에서 5분간 녹음한 기기음을 스피커로 출력하였다. 경보장치(경종)의 경보음은 90 dB로 맞추어 음을 발생하였고 스피커에서 출력하는 기기음은 냉동기와 모터펌프실의 경우 70 dB, 80 dB, 90 dB로 하였고 보일러와 공기압축기실은 70 dB, 80 dB로 음을 생성하였다. 그리고 기기실 문 개·폐하에서 방음보호구

Fig. 3. Layout for hearing test of the fire alarm

Table 4. Sign for wearing the ear protection

Classification	Specification	Picture
Material	SUS304
Thickness of material	0.8 mm	
Thickness of door	4 cm	
Type	Two door	
Structural	Auto closing	

미착용, 귀마개 착용, 귀덮개 착용, 귀마개+귀덮개 착용 조건으로 평가를 하였다. 방음보호구 착용조건을 주어 평가한 근거는 KOSH Act에 따라 소음이 많이 발생하는 장소의 경우 방음보호구를 착용하도록 하고 있다. 그와 관련된 표는 Table 4와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기기별 경보음 인지능력 평가

3.1.1 냉동기실

냉동기실에서 기기음을 녹음하여 Table 5와 같이 기기실문

Table 5. Test using ear protection in the chiller's sound

Noise lev.	Protec	Door cond.	dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E	O	1						1	1	4	2	3
			3					1		5	2	3	
			6				1	2	2	3	2	1	
			12			1	2	3	3	1	1		
		C	1		4	5	2						
			3	8	2	1							
			6	10	1								
			12	10	1								
	M	O	1					1	1	1	5	2	1
			3				1		2	3	2	2	1
			6			1		2	2	3	2	1	
			12		1		2	2	3	2	1		
		C	1	1	5	3	2						
			3	8	1	1	1						
			6	9	1	1							
			12	11									

Table 5. Continued

Noise lev.	Protec	Door cond.	dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E + M	O	1					6	4		1		
			3			1	2	7		1			
			6			3	1	6	1				
			12		3	4	4						
		C	1	10	1								
			3	10	1								
			6	10	1								
			12	11									
80 (dB)	E	O	1					1	2	3	1	2	2
			3			1		2	3	1	3	1	
			6		1		2	2	4	1	1		
			12		2	4	1	3	1				
		C	1	3	5	3							
			3	8	3								
			6	11									
			12	11									
		O	1					1	3	2	2	3	
			3			1	1	2	3	3		1	
			6		1	1	2	4	1	1	1		
			12		2	4	1	2	1	1			
		C	1	4	4	3							
			3	7	4								
			6	11									
			12	11									
	E + M	O	1			1		6	1	3			
			3		1		2	6	2				
			6	1	1	2	6	1					
			12	1	5	4	1						
		C	1	10	1								
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									
90 (dB)	E	O	1				1	3	2	2	2	1	
			3			1	3	3	1	2	1		
			6		2	2	4	2	1				
			12	3	2	4	2						
		C	1	7	3	1							
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									
		O	1				1	5	2		2	1	
			3		1	2	4	2	1	1			
			6	1	3	4	1	1	1				
			12	7	1	2	1						
		C	1	7	2	2							
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									
	E + M	O	1			2	1	4	2	2			
			3		2	4	3	1	1				
			6	2	4	3	1	1					
			12	6	4	1							
		C	1	10	1								
			3	11									
			6	11									
			12	11

Fig. 4. Test without wearing the ear protection in the 70 dB noise of the chiller's sound

Fig. 6. Test without wearing the ear protection in the 90 dB noise of the chiller's sound

Fig. 5. Test without wearing the ear protection in the 80 dB noise of the chiller's sound

의 개·폐(O: Open, C: Close)하에서 피험자에게 귀마개(E: Earplugs) 착용, 귀덮개(M: Earmuffs)착용, 귀마개(E)+귀덮개(M)착용 조건을 주고 실험을 하였다. 실험결과 70 dB, 80 dB, 90 dB의 기기음 및 경보장치에서 경보음 발생 하에서 문을 닫고 피험자가 귀마개+귀덮개 착용을 할 경우 경보음의 인지 정도가 Level 2이하(“경보음이 전혀 안들린다”)로 나왔다. 전체적으로 문을 닫은 상태에서 방음보호구를 착용할 경우 Level 4이하(“경보음이 거의 안들린다”)로 나왔다 이는 방음보호구 착용 환경에서는 경보음 인지가 되지 않은 것으로 판단된다.

로 판단된다.

Fig. 4, 5, 6은 방음보호구를 착용하지 않고 경보음 인지능력을 평가한 그림이다. 본 그림에서 Level 1은 경보음이 가장 들리지 않는 경우이고 Level 10은 경보음이 가장 잘 들리는 경우이다. 70dB 기기음에서는 문을 열었을 경우 대부분이 경보음을 인지하였으며 문을 닫았을 경우는 6 m에서 82%의 피험자가 Level 4이하이고 12 m거리에서 82%의 피험자가 Level 2이하로 경보음을 인지하였다.

80 dB에서 문을 닫았을 경우 3 m거리에서는 64%의 피험자가 Level 3이하로 나왔고 6 m 거리에서는 91%의 피험자가 Level 3이하로 나왔다. 그리고 12 m 거리에서는 100%의 피험자가 Level 2이하로 인지하였다. 90 dB에서 문을 닫았을 경우 거리와 상관없이 전체가 Level 3이하로 나왔고 6 m와 12 m에서는 100%의 피험자가 Level 2이하로 나왔다.

3.1.2 공기압축기실

Table 6과 같이 방음보호구를 착용한 상태에서 공기압축기실의 경보음 인지정도를 평가한 결과를 나타낸 것이다. 공기압축기실의 경우 냉동기실에 평균 기기음 크기(94 dB) 보다 낮은 평균 84 dB로 나왔다. 따라서 공기압축기실은 기기음의 크기를 70 dB과 80 dB 조건으로 측정하였다. 측정결과 70 dB에서는 문을 닫은 상태에서 귀마개, 귀덮개, 귀마개+귀덮개를 착용 했을 경우 출입문으로 부터 6 m 거리 이상에서

Table 6. Test using ear protection in the compressor's sound

Noise lev.	Protec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E	O	1					1	1	1	4	3	1
			3				1		1	7	1	1	
			6			1	1	1	4	3	1		
			12			2		3	4	2			
		C	1	3	2	6							
			3	7	2	2							
			6	8	3								
			12	11									

Table 6. Continued

Noise lev.	Protec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	M	O	1					1	2	2	3	1	2
			3					3	2	2	2	1	1
			6				2	3	1	2	1	2	
			12		1	1	1	4	1	2	1		
		C	1	2	4	5							
			3	6	5								
			6	11									
			12	11									
	E + M	O	1					3	3	2	2	1	
			3			1	2	3	3	2			
			6	1		1	2	4	3				
			12	1	1	5	1	3					
		C	1	8	3								
			3	11									
			6	11									
			12	11									
80 (dB)	E	O	1					2	1	4	2	1	1
			3				2	4		4	1		
			6		1	1	2	3	2	1	1		
			12	1	1	4	2	2	1				
		C	1	5	3	3							
			3	9	2								
			6	11									
			12	11									
	M	O	1				1	1		5	2	2	
			3				1	2	2	3	2	1	
			6			1	2	1	3	2	1	1	
			12		1	2	2	2	2	1	1		
		C	1	5	5	1							
			3	10	1								
			6	10	1								
			12	11									
	E + M	O	1				2	3	1	2	3		
			3			3		4	2	2			
			6			3	4	2	2				
			12	1	5	4	1						
		C	1	10	1								
			3	11									
			6	11									
			12	11									

는 경보음이 전혀 인지되지 않는 것으로 나타났다. 문을 닫은 조건에서 기기음을 80 dB로 발생하에서 피험자가 귀마개, 귀덮개, 귀마개+귀덮개를 착용 할 경우의 경보음 인지정도는 출입문에서 3 m 거리 이후부터는 전혀 인지하지 못하는 것으로 나왔다. 따라서 방음보호구 착용환경에서 경보음 인지가 어려울 것으로 판단된다.

Figs. 7, 8은 공기압축기 기기음 발생 및 문의 개·폐조건

하에서 방음보호구를 착용하지 않고 경보음 인지능력을 평가한 결과그림이다. 70 dB 기기음 발생 하에서 문을 닫았을 경우는 6 m 거리에서 82%가 Level 3이하로 나왔고 12 m 거리에서 91%가 Level 2이하로 인지하였다. 80 dB 기기음의 경우 3 m 거리에서 Level 4이하로 나왔고 6 m 거리에서 82%가 Level 2이하로 그리고 12 m 거리에서는 100%의 피험자가 Level 1로 나왔다.

Fig. 7. Test without wearing the ear protection in the 70 dB noise of the compressor's room

Fig. 8. Test without wearing the ear protection in the 80 dB noise of the compressor's room

문을 열고 실험을 할 경우 70 dB의 기기음에서 1m-12m 전 구간에 걸쳐 경보음을 약하게나마 인지하는 것으로 나왔다. 하지만 80 dB의 기기음에서는 12m 거리에서 45%의 피

험자가 Level 3-Level 4로 나왔다. 따라서 기기음이 커질수록 경보음이 암소음에 묻히는 것을 알 수 있다.

3.1.3 보일러실

Table 7은 문 개·폐 조건 및 방음보호구를 착용한 상태에서 경보음 인지정도를 평가한 결과를 나타낸 것이다. 보일러실의 경우 모터펌프실 평균 기기음 크기(106 dB) 보다 낮은 평균 87 dB로 나왔다. 따라서 보일러실은 기기음의 크기를 70 dB과 80 dB 조건으로 평가하였다. 70 dB에서 문을 닫은 상태에서 귀마개와 귀덮개의 경우 12m 거리에서 82%의 피험자가 Level 1로 나왔다. 그리고 귀마개+귀덮개를 착용한 경우 3m, 6m, 12m 거리에서 100%의 피험자가 Level 2이하로 나왔다. 기기음 80 dB에서 문을 닫은 조건하에서는 피험자가 귀마개를 착용할 경우 6m 거리에서 Level 2에 1명이 나왔다. 그리고 나머지 6m와 12m 거리에서 귀덮개, 귀마개+귀덮개 착용 시 100%의 피험자가 Level 1로 나왔다. 또한 보일러는 공기압축기에 비해 상대적으로 저주파 음역대가 주로 형성되어 있어 고주파대역의 기기들보다 방음 보호구 착용 시 경보음이 조금 더 잘 들리는 것으로 판단된다.

Figs. 9, 10은 기기실 문의 개·폐조건하에서 보일러 기기음 발생 및 방음보호구를 착용하지 않고 경보음 인지능력을 평가한 그림이다. 문을 열고 70 dB의 경우 1m-12m 거리에서 Level 6-Level 10으로 대부분 경보음을 인지하였으며 문을 닫고 70 dB 기기음 발생의 경우 6m 거리에서 Level 5 이하로 나오고 12m에서 82%의 피험자가 Level 4이하로 나왔다. 문을 열고 기기음 80 dB의 경우 1m 거리에서 Level 10이 나왔으나 12m 거리에서는 Level 8이하로 나왔다. 문을 닫고 80 dB 기기음 발생의 경우 3m와 6m 거리에서 Level 5이하로 나오고 12m에서 91%의 피험자가 Level 2이하로 나왔다.

Table 7. Test using ear protection in the boiler's sound

Noise lev.	Protec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E	O	1							4	2	4	1
			3						3	3	4	1	
			6					3	2	3	2	1	
			12			1	2	2	3	2	1		
		C	1	2	1	4	3	1					
			3	5	3	1	1	1					
			6	7	2	1	1						
			12	9	2								
	M	O	1					1	2		3	5	
			3				1		2	3	2	3	
			6			1		2	2	3	3		
			12		1		1	3	2	4			
		C	1	2	2	3	1	3					
			3	3	3	3	1	1					
			6	6	3	1	1						
			12	9	2								

Table 7. Continued

Noise lev.	Protec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E + M	O	1				1	2	2	2	3	1	
			3			1		4	3	3			
			6		1		4	3	2	1			
			12	1	2	3	3	2					
		C	1	7	2	2							
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									
80 (dB)	E	O	1						2	3	3	3	
			3					2	4	3	2		
			6				2	2	3	4			
			12			2	2	5	2				
		C	1	3	3	3	2						
			3	6	4	1							
			6	10	1								
			12	11									
		O	1					1	1	2	5	2	
			3					2	1	5	3		
			6				2	1	4	4			
			12			2	2	4	3				
	M	C	1	1	3	6	1						
			3	7	3	1							
			6	11									
			12	11									
	E + M	O	1					3	1	4	3		
			3				4	1	4	2			
			6			3	1	5	2				
			12		1	6	4						
		C	1	8	3								
			3	11									
			6	11									
			12	11

Fig. 9. Test without wearing the ear protection in the 70 dB noise of the boiler's room

Fig. 10. Test without wearing the ear protection in the 80dB noise of the boiler's room

3.1.4 모터펌프실

문 개 · 폐조건 및 방음보호구를 착용한 상태 하에서 경보음 인지정도를 평가한 결과를 Table 8에 나타내었다. 모터펌프실의 경우 평균 기기음 크기(106 dB)로 나왔다. 따라서 모터펌프실은 기기음의 크기를 70 dB, 80 dB, 90 dB 조건으로 측정하였다.

70 dB에서 문을 닫은 상태에서 귀마개와 귀덮개의 경우 12 m 거리에서 91%의 피험자가 Level 1이 나오고 9%의 피험자가 Level 2로 가게 나왔다. 그리고 귀마개+귀덮개를 착용의 경우 1 m-12 m 거리에서 100%의 피험자가 Level 2이하로 나왔다. 기기음 80 dB에서 문을 닫은 조건하에서 피험자가 귀마개와 귀덮개를 착용을 하고 12 m 거리에서 100%

Table 8. Test using ear protection in the motor pump's sound

Noise lev.	Prottec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70 (dB)	E	O	1					1		1	5	1	3
			3				1		2	3	3	1	1
			6				1		3	4	1	2	
			12			1		3	4	1	2		
		C	1	2	1	4	4						
			3	3	5	2	1						
			6	7	3	1							
			12	10	1								
	M	O	1					1	2	1	2	1	4
			3				1	2		1	3	2	2
			6				1	2	1		4	2	1
			12			1	2		2	3	1	2	
		C	1	1		8	2						
			3	2	7	1	1						
			6	8	2		1						
			12	10	1								
	E + M	O	1					1	2	2	4	1	1
			3				1	3	3	3		1	
			6				4	3	3		1		
			12			4	4	2			1		
		C	1	6	5								
			3	9	2								
			6	11									
			12	11									
80 (dB)	E	O	1					1	1	3	1	4	1
			3				1	1	5		3	1	
			6				2	3	2	2	2		
			12		1	2	2	5	1				
		C	1	3	5	3							
			3	8	3								
			6	10	1								
			12	11									
	M	O	1					2	1	2	2	4	
			3				1	2	1	3	1	3	
			6				2	2	3		3	1	
			12		1	3		3	2	1	1		
		C	1	2	5	4							
			3	8	1	2							
			6	8	2	1							
			12	11									
	E + M	O	1					3	2	3	2		1
			3				2	4	2	1	2		
			6			2	1	4	3	1			
			12		3	3	4	1					
		C	1	7	4								
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									

Table 8. Test using ear protection in the motor pump's sound

Noise lev.	Prottec	Door cond.	Dist (m)	No hearing		Hearing a little		Moderate		Good hearing		Very good hearing	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90 (dB)	E	O	1					3	1	1	2	4	
			3				4	1	2	3	1		
			6		1	3	2	1	3	1			
			12	1	3	4	3						
		C	1	9	1	1							
			3	10	1								
			6	11									
			12	11									
	M	O	1					3	2	2	1	3	
			3				3	4		1	3		
			6			2	3	3	1	1	1		
			12	2	2	3	4						
		C	1	6	4	1							
			3	11									
			6	11									
			12	11									
	E + M	O	1				1	4		4	2		
			3			1	3	2	3	2			
			6		2	5	1	1	2				
			12	2	6	2	1						
		C	1	10	1								
			3	11									
			6	11									
			12	11

Fig. 11. Test without wearing the ear protection in the 70 dB noise of the Motor pump's room

Fig. 12. Test without wearing the ear protection in the 80 dB noise of the Motor pump's room

의 피험자가 Level 1이 나왔다. 그리고 나머지 6m와 12m 거리에서 귀마개+귀덮개 착용 시 Level 1로 나왔다. 기기음 90 dB에서 문을 닫고 측정한 경우 3m 거리에서 귀마개 착용 시 Level 2에 1명을 제외하고 나머지 3m-12m 거리에서 귀덮개, 귀마개+귀덮개 착용할 경우 100%의 피험자가 Level 1로 나왔다.

Fig. 11, 12, 13은 기기실 문 개·폐조건하에서 방음보호구를 착용하지 않고 정보음 인지능력을 평가한 그림이다.

70 dB 기기음에서는 문을 열었을 경우 1m-12m 거리에서 Level 6-Level 10이 나왔고 문을 닫았을 경우는 피험자가 1m-12m 거리에서 Level 1-Level 9가 나왔다. 기기음 80 dB에서 문을 열었을 경우 1m-12m 거리에서 Level 4-Level 9가 나왔고 문을 닫았을 경우는 피험자가 1m-12m 거리에서 Level 1-Level 6이 나왔다. 특히 6m 거리에서 73%의 피험자가 Level 2 이하가 나오고 12m 거리에서 100%가 Level 2이하로 나왔다. 90 dB에서 문을 열었을 경

Fig. 13. Test without wearing the ear protection in the 90dB noise of the Motor pump's room

우 1 m-3 m 거리에서 Level 3-Level 10이 나왔다. 문을 닫았을 경우 1 m-3 m 거리에서 Level 1-Level 5가 나오고 12 m 거리에서는 100%의 피험자가 Level 2이하로 나왔다. 따라서 12 m 거리에서는 거의 대부분의 피험자가 경보음을 인지하지 못하는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 냉동기와 모터펌프실에서 기기실문을 닫고 방음보호구를 착용조건에서 70 dB 기기음의 경우 귀마개와 귀덮개는 “거의 안 들린다(Level 4이하)”가 나왔고 80 dB, 90 dB의 경우 귀마개와 귀덮개는 (Level 3이하)로 나왔다. 그리고 귀마개+귀덮개를 착용할 경우 70 dB, 80 dB, 90 dB의 기기음에서 “전혀 안 들린다(Level 2이하)”가 나왔다. 문을 닫고 방음보호구를 착용하지 않은 조건에서 80 dB, 90 dB의 경우 기기실문에서 12 m떨어진 거리에서 “전혀 안 들린다(Level 2이하)”가 나왔다.
- 2) 공기압축기실 문을 닫고 방음보호구를 착용조건에서 70 dB, 80 dB에서 귀마개와 귀덮개는 “거의 안 들린다(Level 3이하)”가 나왔고 귀마개+귀덮개는 “전혀 안 들린다(Level 2이하)”가 나왔다. 문을 닫고 방음보호구를 착용하지 않은 조건에서 70 dB, 80 dB의 경우 출입문에서 12 m 지점에서는 “거의 안 들린다(Level 3이하)”가 나왔다.

- 3) 보일러실 문을 닫고 방음보호구 착용조건하에서 70 dB의 경우 귀마개와 귀덮개는 “보통이다(Level 5이하)”가 나왔고 80dB에서 귀마개와 귀덮개는 “거의 안 들린다(Level 4이하)”가 나왔다. 그리고 귀마개+귀덮개는 70 dB에서 “거의 안 들린다(Level 3이하)”가 나왔고 80 dB에서 “전혀 안 들린다(Level 2이하)”가 나왔다. 문을 닫고 방음보호구를 착용하지 않은 조건에서 70 dB, 80 dB의 경우 출입문에서 12 m 지점에서는 “거의 안 들린다(Level 4이하)”가 나왔다.

NFPA에 의하면 암소음(기기음)이 85 dB이거나 초과될 경우 화재경보음이 재실자에게 전달이 되지 않으므로 다른 방법을 강구하도록 하고 있다.

따라서 기기음(암소음)과 장소의 특성을 고려하지 않은 현재의 일률적인 화재경보음 설계는 경보음 전달의 문제를 야기할 수 있으므로 소음진동규제법의 공장소음·진동배출허용기준(배출시설의 마력용량에 따른 소음발생규제) 및 한국생산기술연구원의 제품 소음발생기준을 고려한 화재경보음 설계를 할 수 있는 제도적인 개선책이 필요하다고 사료된다.

References

- Baek, E.-S., Baek, G.-J., Shin, H., Jang, G.-S. (2009) An Experimental Study on the Acoustic Characteristics of Fire Alarm Sound due to Voltage Variation, *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems Journal*, Vol. 3, No. 1, pp. 10-15.
- Fire Protection Handbook (2008) Chapter3, No-tification appliances. Korea Occupational Safety Health Act, Part of health measure.
- Lee, M.-J., Shim, H.-B., Hwang, I.-S., Kim, M.-J. (2008) Experimental Study on the Sound Attenuation by the Characteristics of Fire Alarm Signal in the Residential Space, *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems Journal Fall Conference*, (2008-10), pp. 225-231.
- Lee, Y.-S., Rie, D.-H. (2012) An Study on Sound Level of the Fire Alarm System in the Factory, *Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 12, No. 6, pp. 179-184.
- National Fire Data System, Section of fire statistics information (2011).
- NEMA Notice No.2005-92 (2005) Formats approval and inspection technology standard of Alarm bell (KOFEIS 0305).

© Received January 29, 2013

© Revised January 30, 2013

© Accepted February 25, 2013