

공동주택에서의 화재 경보음 전달특성에 관한 연구

An Study on the Sound Attenuation of Audible Fire Alarm Device in Apartment Buildings

이민주* · 김명준* · 윤명오*

Lee, Min-Joo, Kim, Myung-Jun, Yoon, Myong-O

Key Words : SPL(음압레벨), Fire Alarm Device(경보알람), Sound Attenuation(전달감쇠), Apartment(공동주택), Audible Sound(청감)

ABSTRACT

In many fire emergencies, the auditory fire alarm signals are very important to save the occupant's life. But as the sound insulation of building elements has been improved, it is more difficult for occupant to recognize the fire alarm signals when the audible fire alarm worked.

This is the first study to show the sound attenuation of audible fire alarm device in apartments. We measured and analyzed the sound attenuation level in seven units. The result showed that it was not sufficient to detect the sound from the fire alarm device in bedrooms. Whether the fire alarm device worked or not, the differences of sound level in bedrooms were below 1~10dBA. To give the minimum sound level 60dBA in bedrooms, the proper sound levels from alarm device installed in livingrooms were suggested using computer simulation.

1. 서론

건물 화재 시 재실자가 화재징후를 인지하는 것은 피난 행동이 시작되는 초기 단계로서 매우 중요한 의미를 갖는다. 국내 자료에 의하면 화재사실의 인지지연으로 인한 피난여유시간 부족이 전체 사망원인의 24%를 차지하는 것으로 보고되고 있다¹⁾. 화재의 징후는 시각, 후각, 청각 등의 감각기관으로부터 인지하게 되는데, 청각인지와 관련하여서는 일정 크기 이상의 소음을 발생하는 비상경보설비를 건축물에 갖추도록 규정하고 있다.

그러나 최근 삶의 질 향상과 더불어 쾌적한 주거환경에 대한 요구수준의 증가로 각종 건물 구조체의 차음성능이 꾸준히 향상되어 왔으며, 이로 인해 화재 시 경보음이 재실자가 인지할 수 있는 적절한 청취조건을 제공하고 있는지에 대한 문제가 제기되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 화재 시 인적피해를 줄이는 중요한 요소 중 하나인 화재 경보음의 적정 청취조건 확보를 위한 기초 연구로서, 재실자들이 밀집하여 생활하고 있는 공동주택(계단실형)을 대상으로 세대 내로 전달되는 화재 경보

음의 실태를 측정·분석하였다. 또한 화재 지각을 위해 필요로 하는 거주공간에서의 음향적 요구조건과 개선방향을 고찰하였다.

2. 화재 경보설비기준 및 경보음의 인지 조건

2.1 경보설비 관련 기준

(1) 국 내

비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201)에서는 “음향 장치의 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 90폰 이상이 되는 것으로 하여야 한다.”라고 음량에 대한 조건을 규정하고 있다.(행정자치부 고시 제 2004-18호)

(2) 미 국

미국연방방화협회(NFPA72, National Fire Protection Association 72)에서는 화재 경보설비와 관련하여 음량조건 뿐 아니라 압소음과의 차이 등에 대해서 다음과 같이 규정하고 있다.

- ① 음향장치는 압소음을 포함해 120dBA를 초과해서는 안된다.
- ② 수면장소(Sleeping Areas)의 음향장치는 평균 압소음 보다 최소한 15dBA 이상 또는 침대 머리방향에서 최소한 75dBA의 소음레벨을 유지해야 한다.

† 서울시립대학교 대학원 건축공학과 석사과정
E-mail : 1101612@hanmail.net
Tel : (02) 2210-5326

* 서울시립대학교 건축학부 교수

2.2 화재 경보음의 지각과 인지

화재 경보음의 인지와 관련한 기존의 연구 사례를 정리하면 표 1과 같으며, 재실자의 수면 상태, 연령조건 등에 따라 60-90dBa의 청취조건을 제시하고 있다.

사람의 청감 반응은 다양하기 때문에 경보음의 인지라는 가능한 관점에서 음압레벨을 크게 유지시키는 것이 바람직하나 경제성과 기능성을 고려하여 수면 중인 상황에서도 성인이 음을 인지할 수 있는 적절한 음압레벨을 세대 침실에 전달하는 것이 중요하다고 판단된다.

표 1. 화재 경보음 크기에 대한 권장치

연구자	내 용
Dorothy Bruck ²⁾ (2001)	· 수면 중 청감에 반응하는 요소 연구, 화재 상황과 회생 특성 조사를 통한 결과. · 경보장치를 침실에 설치하고 90dBa의 소음레벨을 유지하는 것을 권장함.
LT. Wong ³⁾ LK Leung ³⁾ (2005)	· 노인 보호 시설에서 소음의 변화에 따른 재실자 실험 결과. (대상 : 230명) · 침대 머리방향에서 75dBa의 소음레벨을 유지하는 것을 권장함.
Dorothy Bruck ⁴⁾ (1999)	· 침실에서 경보음을 60dBa 이상 유지. 어린이(나이:6-17)와 성인(나이:30-59)을 대상으로 실험. · 탐지기와 경보장치를 세대 내 상호 연결하여 설치하여 위급상황에 성인이 인지할 수 있는 시스템을 권장함.

3. 화재 경보음 전달 실태 측정개요

3.1 대상 공동 주택

최근 공급되고 있는 계단실형 공동주택 평형 중에서 소·중·대 3개 평형 7세대를 선정하였으며, 준공 공사 완료 후 입주 직전의 상태에서 측정을 실시하였다. 측정 세대의 개요는 표 2 및 그림 1과 같다.(대상 공동주택은 계단실을 중심으로 대칭되어 있어 각 1개 세대를 중심으로 그림 1과 같이 나타내었다.)

3.2 측정방법

계단실에 설치되어 있는 화재경보장치(경종, 소방검정공사)를 작동시킨 후 각 실의 출입문을 닫은 상태와 열어 놓은 상태 2가지 조건(세대출입문은 항상 닫힘)에 대해 세대 내 각 실에서 음압레벨을 측정하였다. C와 D 아파트는 계단실 내 옥내소화전에 매입 설치되어 있는 화재경보장치를 작동 시켰으며, A와 B 아파트는 화재경보장치와 동일하게 자체 제작한 장치를 사용하였다. 자체 제작한 경보장치는 일반적으로 아파트에서 계단실 옥내소화전에 매입되어있는 화재경보장치를 분리하여 자체 전원을 주는 방식으로 제작한 것이다.

화재경보장치는 전자석을 사용하여 공이 빠르게 반복하여 종을 타격하는 원리로 화재의 발생을 음향으로 경보하여 주는 장치이며 사진 1과 같다.

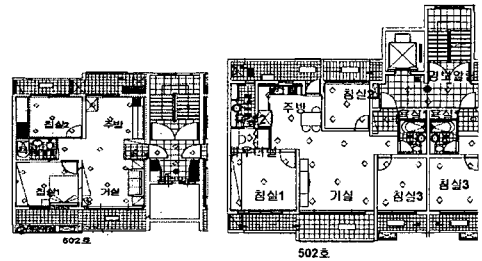
측정점은 화재경보장치가 설치된 대상 아파트의 계

단실을 포함하여 A 아파트 46 지점, B 아파트 77 지점, C 아파트 34 지점, D 아파트 39 지점에서 측정하였고(측정점 위치는 그림 1 참조) 측정 장비는 A와 B 아파트는 다채널 신호 분석기(01dB, Harmonie), C와 D 아파트는 정밀적분소음계(Rion, NA-29E)를 사용하였다.

표 2. 측정 공동주택 개요

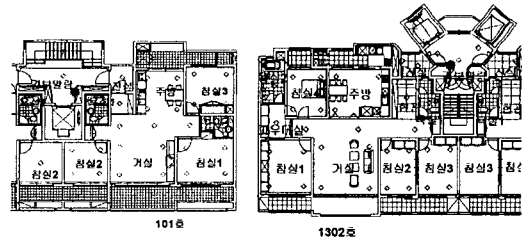
구 분	위 치	평 형	평면특징	측정세대
A 아파트	인천삼산	21평형	2-bay	501호,502호(2세대)
B 아파트	경기파주	33평형	3-bay	501호,502호(2세대)
C 아파트	경기화성	33평형	3-bay	101호,102호(2세대)
D 아파트	경기용인	59평형	4-bay	1302호(1세대)

bay : 전면 발코니에 거실과 방이 접하는 개수



(a) A 아파트

(b) B 아파트



(c) C 아파트

(d) D 아파트

그림 1. 공동주택 평면도

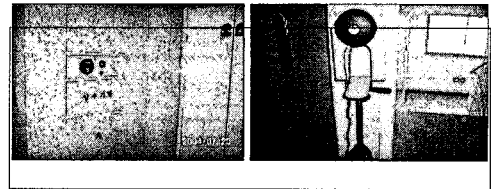


사진 1. 화재경보알람장치

4. 측정결과 및 분석

4.1 계단실에서의 경보음 특성

화재경보장치를 작동 시킨 후 경보장치로부터 1m 이격된 지점에서 측정된 결과는 그림 2와 같다.

경보음의 주파수 특성은 2000Hz이상의 고주파 대역에서 높은 레벨을 보여주고 있다. 각 세대 별 경보음의 소음레

표 3. 세대 별 출입문 개폐 조건에 따른 소음레벨

구분	계단실 경보음	암소음	전실	현관	거실	주방/식당	단위 dBA						
							침실 1	침실 2	침실 3	침실 4	욕실 1	욕실 2	파우더실
A 아파트	98.6	29.4	·	65.7	57.4	55.0	34.1	35.2	·	·	42.1	·	·
							(48.0)	(50.5)			(47.8)		
B 아파트	89.6	33.9	57.2	63.1	51.7	46.6	34.7	35.4	35.3	·	36.8	29.1	26.1
							(35.4)	(40.3)	(46.4)		(47.4)	(32.1)	(35.7)
C 아파트	86.7	24.1	57.2	46.9	41.5	40.6	33.9	40.1	34.1	·	39.7	28.1	·
				(56.2)	(45.8)	(42.7)	(39.2)	(42.3)	(38.2)		(44.3)	(34.9)	
D 아파트	89.0	22.0	64.6	47.4	41.5	29.2	24.3	28.5	28.6	25.5	39.5	25.7	21.3
				(63.6)	(52.5)	(44.9)	(38.9)	(50.7)	(51.3)	(39.7)	(54.2)	(33.9)	(36.6)

() 각 실의 출입문을 열어둔 상태에서의 소음레벨임

벨은 경보장치 앞 1m 지점에서 A, B, C, D 아파트 각각 98.6dBA, 89.6dBA, 86.7dBA, 89.0dBA로 측정되었으며, 시간에 따른 경보음의 변동성은 크지 않은 것으로 파악 되었다.

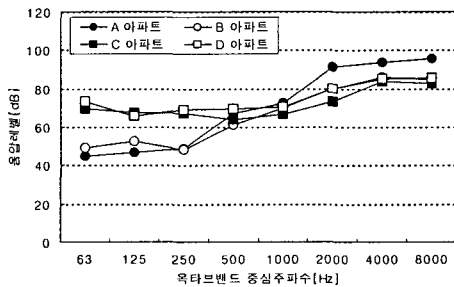


그림 2. 경보음의 주파수 특성(경보 장치 앞 1m 지점)

4.2 세대 내 경보음 특성

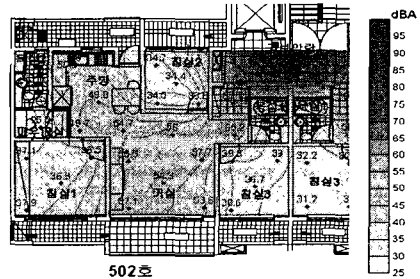
화재경보장치 작동 시 경보음은 계단실→(전실)→현관→거실→침실 등의 경로로 전달된다. 표 3은 4개 아파트에서 경보알람이 설치되어 있는 계단실을 포함하여 세대 내 각 실에서 측정된 소음레벨을 종합하여 나타낸 것이다.

각 세대 출입문을 닫은 상태에서 경보장치가 있는 계단실로부터 전실(또는 현관)까지의 소음 감쇠량은 약 22-33dBA, 계단실에서 침실 1까지의 소음 감쇠량은 약 53-65dBA인 것으로 측정 되었으며, 소음의 감쇠는 특히 2000Hz 이상의 고주파 대역에서 현저한 것으로 나타났다. 경보장치 작동 시 4개 아파트 7개 세대 침실에서의 평균 소음레벨은 34.0dBA로 나타났으며, 특히 계단실과 멀리 떨어져 있는 대형 평형인 D 아파트의 침실에서는 24.3-28.6dBA로 거의 경보음이 도달되지 않는 것으로 파악되었다.

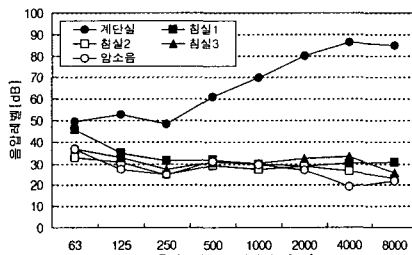
측정 시 암소음(주침실 기준)레벨은 측정 아파트에 따라 최저 22.0dBA에서 최고 33.9dBA로 나타났고, 침실 1(주침실)에서의 경보소음 레벨과 암소음 레벨과의 차이는 A, B, C, D 아파트 각각 4.7dBA, 0.8dBA, 9.8dBA, 2.3dBA로 나타나 경보음을 인지하기 위한 여건이 매우 나쁜 것으로 평가되었다.

화재경보장치 작동 시 세대 내 수면지역에서 75dBA

의 소음레벨 또는 암소음 레벨과의 차이가 15dBA 이상 유지하도록 규정 하고 있는 미국연방방화협회 기준(NFPA72)과 비교하면 측정 세대 내 침실에서는 이러한 규정에 크게 만족하지 못하는 것으로 평가되었다. 세대 내 각 침실의 출입문을 열어놓은 상태에서 같은 조건으로 측정된 결과, 세대 침실에서의 평균 소음레벨은 43.4dBA로 출입문을 닫았을 때의 소음레벨에 비해 약 9dBA 높으나 미국연방방화협회 기준과 비교하면 마찬가지로 경보음이 충분한 음량으로 전달 되지 못하는 것으로 판단된다. 그림 3은 각 실에서 측정된 경보음과 주파수 특성을 비교하여 나타낸 것으로 B 아파트(33평형)의 예를 대표적으로 나타낸 것이다.



(a) 소음레벨



(b) 실험 경보음 주파수 특성

그림 3. 세대 내 경보음 측정결과 예(B 아파트 502호)

5. 경보음 청취조건 개선방안 고찰

5.1 설계목표치 및 개선방안의 검토방향

화재 경보음을 청취하여 피난행동을 시작할 수 있기 위해서는 무엇보다 재실자가 생활하는 공간에 충분한 청취음량이 제공되어야 하며 아울러 암소음 레벨과 일정 이상의 레벨차이를 유지하여야 한다.

본 연구에서는 D. Bruck의 연구와 미국연방방화협회에서 제시하고 있는 청취조건을 고려하여, 침실에서 60dBA 이상의 소음레벨(실험대상자의 95%가 32초 안에 음을 인지) 및 암소음레벨과는 15dBA 이상 유지할 수 있는 조건을 제공하는 것을 1차적인 목표로 설정하여 개선방안을 모색하였다.

개선방안은 침실로 전달되는 경보음레벨을 증가시키기 위해 경보소음레벨을 높이는 방법과 경보장치의 설치위치를 변경하는 것을 검토하였으며, 소음해석용 범용프로그램인 Raynoise(Ver 3.1)를 이용하였다.

5.2 개선방안 고찰

(1) 경보음레벨 증가

경보장치의 설치위치는 현행과 같이 공동주택 계단실로 한정하고, 경보음레벨을 미국연방방화협회에서 제시하고 있는 최대 소음레벨 120dBA로 적용하였다. 적용은 측정대상 아파트 중 가장 작은 평형으로 경보음 전달조건이 상대적으로 유리하다고 판단되는 A 아파트를 대상으로 하였다. 시뮬레이션 평가의 신뢰도를 확인하기 위하여 기 측정조건을 대상으로 실측치와 예측치를 비교한 결과 평균 2.4dBA의 오차를 가지는 것으로 나타났다. 경보음의 소음레벨을 120dBA로 설정하여 시뮬레이션을 수행한 결과 2개 침실에서의 소음레벨 예측치의 평균값은 48.1dBA로 나타났다. 이는 본 연구에서 설정한 설계목표치에 약 12dBA 미달하는 것으로 계단실에서의 경보음레벨 증가방안은 적절하지 않은 것으로 판단된다.

(2) 경보장치의 설치위치 조정

경보장치를 주거공간의 중심이며 향후 방송설비와의 연계방안을 감안하여 거실에 설치하는 것으로 설정하여 설계목표치를 만족하기 위한 경보음의 음량조건을 검토하였다. 소·중·대형 아파트인 A, B, D 3개 아파트를 대상으로 하였으며, 음원은 방송용 스피커가 설치되어 있는 위치로 설정하고 백색잡음을 적용하였다. 표 4는 각 대상아파트 침실(출입문 닫은 상태)에서 설계목표치 60dBA 이상을 제공하기 위한 최소한의 경보음레벨조건을 시뮬레이션을 통해 산정한 결과이다.

표 4. 시뮬레이션에 의한 최소 경보소음레벨 산정결과 단위 dBA

구분	최소 경보소음레벨	침실에서의 소음레벨			
		침실 1	침실 2	침실 3	침실 4
A 아파트(21평형)	85	60.9	61.6	-	-
B 아파트(33평형)	89	60.5	63.8	61.9	-
D 아파트(59평형)	92	62.9	63.5	60.8	64.3

침실에서 1차 설계목표치로 선정된 60dBA 이상 소음레벨을 확보하기 위해 경보장치를 설치한 거실에서

경보장치로부터 1m 이격된 지점에서의 경보소음레벨은 소형인 A 아파트의 경우 약 85dBA, 대형 아파트인 D 아파트의 경우 92dBA 이상을 확보하여야 하는 것으로 평가되었다. 그림 4는 시뮬레이션 운용한 결과 예를 대표적으로 나타낸 것이다.

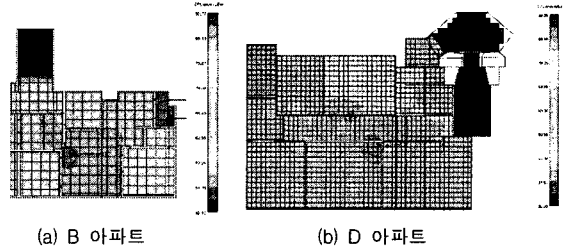


그림 4. 세대 내 시뮬레이션 운용결과 예(B, D 아파트)

6. 결 론

1. 계단실에서 측정된 타격식 경보장치의 발생 소음레벨은 86.7-98.6dBA의 분포를 나타내고 있으며, 2000Hz 이상의 고주파수 대역에서 높은 레벨을 보이고 있다.

또한 시간에 따른 소음의 변동성은 크지 않은 것으로 분석되었다.

2. 침실에서의 평균 소음레벨은 출입문을 닫았을 때 34.0dBA, 출입문을 열었을 때 43.2dBA로 측정되었다. 침실의 소음레벨은 암소음 레벨과 출입문을 닫았을 경우 약 1-10dBA의 차이를 나타내고 있기 때문에 화재 시 침실에 거주하는 재실자가 경보음을 적절히 인지하기 어려운 조건인 것으로 평가되었다.

3. 경보음 인지를 위한 설계 목표치를 침실(출입문 닫은 상태)에서 60dBA 이상으로 설정 후, 3개 아파트를 대상으로 경보장치 발생소음 조건을 시뮬레이션으로 검토한 결과, 평형에 따라 음원(거실설치) 앞 1m 지점에서 최소 85-92dBA를 확보하여야 하는 것으로 분석되었다.

향후 (중)·복도형 등 다양한 평면 형태에서의 경보음 전달특성에 대한 분석과 함께, 적절한 경보음을 인지할 수 있는 경보장치의 설치 위치 및 발생음 조건 등에 대한 세부적인 검토가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- (1) 행정자치부, 2000 화재통계연보(2001년), 2001 화재통계연보(2002년), 2002 화재통계연보(2003년).
- (2) Dorothy Bruck, The who, what, where and why of waking to fire alarms. Fire Safety Journal 36(2001),623-639
- (3) L.T. Wong, L.K. Leung, Minimum fire alarm sound pressure level for elder care centres, Building and Environment 40(2005),125-133
- (4) Dorothy Bruck, Non-awakening in children in response to a smoke detector alarm, Fire Safety Journal 32(1999),369-376