[Research Paper]

초고층 건축물 피난안전구역의 비상방송음 음성명료도 예측 및 평가

정정호

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원 화재환경연구센터, 수석연구원

Prediction and Evaluation of Emergency Broadcasting Sound and Speech Intelligibility for Safety Zones in High-rise Buildings

Jeong-Ho Jeong

Principal Researcher, Fire Safety & Building Environment Research Center, Fire Insurers Laboratories of Korea

(Received September 3, 2020; Revised October 30, 2020; Accepted November 9, 2020)

요 약

초고층 건축물 건설이 증가함에 따라 화재 발생 시 거주자가 안전하게 피난할 수 있는 피난안전구역의 설치가 의무화되었다. 30층 이상 49층 이하 지하연계 복합건축물과 거주밀도가 1.5 명/m² 이상인 16층 이상 29층 이하인 지하연계 복합건축물에도 피난안전 구역을 설치하도록 하고 있다. 피난안전구역에는 자동화재탐지 설비와 무선통신보조설비 등을 설치하여야 하며, 일반적으로 비상방송설비도 설치되어 화재 상황 전파 및 안전한 피난 유도 등으로 활용되고 있다. 피난안전구역은 일반적으로 화재, 연기로부터 안전한 불연성 마감재로 구성되거나 화재 하중이 낮은 공간으로 구축된다. 불연성 마감재료는 일반적으로 소리를 흡수하지 않고 반사하는 특성을 갖게 되어 비상방송설비 소리가 피난안전구역에서 발생하면 소리가 울려 피난안전구역으로 이동한 재실자가 이해하기 어렵게 된다. 이에 본 연구에서는 초고층 건축물의 피난안전구역을 간단하게 3D 모델로 구성하여 실내음향 예측 기법을 적용하여 비상방송음의 음성명료도를 예측, 평가하였다. 피난안전구역의 음향 특성 예측 결과 소리 울림이 심하고 음성명료도가 낮아 비상방송음이 명료하게 전달되기 어려운 것으로 나타났다. 기계실 일부 공간에 피난안전구역을 설정하는 경우 배경소음이 60 dB(A) 이상 크기로 전달되는 경우도 비상 방송음이 명료하게 전달되기 어려운 것으로 확인되었다. 피난 안전구역에 무기질계 흡음재료를 사용하고 기계실 소음을 적절하게 차단하는 방안이 강구되면 명료한 비상방송음 전달이 가능하다. 또한 비상방송설비에 대한 음성 전달 지수(Speech transmission index, STI) 기준 수립이 필요하다.

ABSTRACT

As construction of high-rise buildings is increasing, the installation of a fire safety zone for the safe evacuation of residents has become mandatory. Even for building complexes with an underground connection between 30 and 49 stories, a fire safety zone must be installed when the residential density exceeds 1.5 people per square meter. In the fire safety zone, an automatic fire detection system and a system to assist radio communication must be installed. In addition, an emergency broadcasting system must be installed to announce the fire situation and to guide the safe evacuation of the residents. The fire safety zone was constructed with non-combustible material to minimize flames or smoke and was furnished to maintain a very low fire load. However, non-combustible materials have very low sound absorption characteristics; therefore, they usually reflect the sound energy into the spaces. In spaces consisting of sound reflective materials, the emergency broadcasting sounds reverberated, making it difficult to understand the meaning of the broadcasted sound. In this study, the room acoustics characteristics for fire safety zones in a high-rise building, represented as reverberation time and speech transmission index, were predicted using a certified room acoustics simulation method and evaluation of speech intelligibility. As a result of predicting the acoustic characteristics of the safety zone, it was found that the space had quite long reverberation and speech intelligibility was low, making it difficult to clearly transmit the emergency broadcast sound. When a safety zone was set up in a part of the machinery room, it was confirmed that it was difficult to clearly transmit the emergency broadcast sound, even when the background noise level was louder than 70 dB(A). To deliver a clear emergency broadcast sound in the safety zone, it is necessary to use inorganic sound-absorbing materials and to properly block noise in the machine room. In addition, it is necessary to establish guidelines for regulation of the speech transmission index for emergency broadcasting systems.

Keywords : Safety zone, High-rise buildings, Emergency broadcasting, Speech intelligibility, Room acoustic prediction

1. 서 론

초고층 건축물과 함께 지하연계복합건축물의 건설이 증가하고 있다. 2010년 부산 해운대의 초고층 건축물 화재 발생 이후 재실자 피난을 위한 관심이 증가하여 초고층 건축물 화재 안전성 확보를 위한 방안⁽¹⁾이 제시되었다.

초고층 건축물에서 재난이 발생하는 경우 재실자가 안전하게 피난하도록 하기 위해 피난안전구역의 설치⁽²⁾가 의무화되었다. 초고층 및 지하연계복합건축물 재난관리에 관한 특별법 제18조에서는 재난 발생 시 상시근무자, 거주자 및 이용자가 대피할 수 있는 피난안전구역을 설치하도록 하고 있으며, 피난안전구역의 기능과 성능에 지장을 초래하는 폐쇄, 차단 등의 행위를 하지 못하도록 하고 있다. 피난안전구역에는 관리사무소 또는 방재센터 등과 긴급연락이 가능한 경보 및 통신시설을 설치하도록 하고 있어, 비상방송설비 등이 설치되어 운영되고 있다. 피난안전구역의 내부마감재료는 불연재료로 설치하도록 규정되어 있다.

일반적으로 불연재료는 무기질 재료를 바탕으로 단단한 표면을 갖는 경향이 있어 표면에서 소리를 흡수하지 못하고 반사하는 특성을 갖는다. 피난안전구역을 불연재료로 마감한 상태에서 비상방송설비가 운영될 경우 소리가 울려 명료한 전달이 어려울 것으로 예상된다. 또한 피난안전구역에 재실자가 피난하는 경우 배경소음이 증가하여 충분한 음량으로 비상방송음이 전달되지 못할 수 있다.

이에 본 연구에서는 불연재료로 마감된 피난안전구역에서 비상방송음이 명료하게 전달되는지를 음향 예측 방법으로 평가하였다. 가상 피난안전구역을 규모별 형태별로 5가지 구성하고 불연재료로 내부마감재료로 입력하고 비상방송설비 기준에 따라 스피커가 설치된 조건에 대하여 음향예측을 수행하였다. 또한 배경소음 크기를 변화시킨 경우와 무기질 천장 흡음재를 적용한 경우에 대해서도 예측하여 비교하였다.

2. 피난안전구역

피난안전구역에 대한 설치, 운영기준과 규모는 고층건축물의 화재안전기준(NFSC 604)⁽³⁾ 제10조 피난안전구역의 소방시설에서 규정하고 있다. 이외에 구체적으로 규정되지 않은 사항은 개별 화재안전 기준에 따라 설치하도록 하고 있다. 피난안전구역의 면적은 식(1)에 따라 계산하도록 규정되어 있으며 건축물의 사용 형태별로 재실자 밀도를 각각 규정하고 있다.

$$\text{피난안전구역 면적} = (\text{피난안전구역 윗층의 재실자수} \times 0.5) \times 0.28 \text{ m}^2 \quad (1)$$

피난안전구역은 해당 건축물의 1개층을 대피공간으로 할 수도 있으며, 대피에 장애가 되지 않는 범위에서 기계실, 보일러실, 전기실 등과 같은 층에 설치할 수 있다.

피난안전구역에는 제연설비, 피난유도선, 비상조명등, 휴대용비상조명등, 인명구조기구 등을 설치하도록 하고 있다. 이와 함께 경보 및 통신시설을 설치하도록 하고 있다.

피난안전구역은 단단한 불연재료로 마감되어, 소리가 길게 울리게 된다. 소리가 울리면 피난안전구역으로 피난한 거주자 사이의 대화는 물론 비상방송설비를 통해서 전달되는 소리를 명료하게 듣기 어렵게 된다. 피난안전구역으로 피난하는 재실자가 많아지면, 롬바르드 효과⁽⁴⁾로 인해 재실자의 행위나 대화음으로 인한 배경소음이 증가하여 재실자 사이의 의사소통과 비상방송음 전달은 더욱 어려워지게 된다. 피난안전구역을 기계실 등의 공간에 설정하는 경우에는 기계실에서 발생 되는 소음으로 인해 명료한 음성전달이 어렵진다. 피난안전구역에서의 원활하고 명료한 의사소통과 비상방송음 전달이 어려워지면, 화재 및 재난 상황을 효과적으로 전파하고 대응하는 것이 어려워지므로, 피난안전구역에서는 항상 명료한 음성 및 비상방송음이 전달되도록 하여야 한다.

실내외 공간에서의 명료한 음성과 방송음 전달을 평가하기 위해 ISO 3382-3⁽⁵⁾과 IEC 60268-16⁽⁶⁾에서는 음성전달지수(Speech transmission index, STI)를 활용하고 있다. 음성전달지수는 발생시킨 음향 신호가 공간 또는 방송시스템에서 왜곡되는 정도를 평가하여 지표화한 것이다. 음성전달지수는 값이 클수록 음성이나 음향 신호가 원래 신호와 유사하고 명확하게 전달되는 것을 의미한다.

음성전달지수는 Table 1과 같이 평가값을 5개의 등급으로 구분하여 제시⁽⁷⁾하고 있다. 또한, 경보나 경고 상황에서 음성전달지수 성능은 “Poor”가 적절하고, 방송시스템에서는 “Poor-Fair” 정도의 성능을 확보하는 것을 권장하고 있다. 따라서, 피난안전구역의 음성전달지수 성능은 비상방송설비와 고령자 청력저하, 외국인이 있는 경우 등을 종합적으로 고려하면, “Fair” 정도의 성능이 확보되어야 할 것으로 판단된다. Figure 1은 ISO 9921 부속서 F에 제시된 음

Table 1. Speech Intelligibility Rating

Intelligibility rating	STI	Meaningful PB-word score %
Excellent	> 0.75	> 98
Good	0.60~0.75	93~98
Fair	0.45~0.60	80~93
Poor	0.30~0.45	60~80
Bad	< 0.30	< 60

1) 사람들은 심한 환경에서 말을 할 때, 자신의 목소리가 좀 더 잘 들릴 수 있도록 하기 위해서, 자신도 모르게 말하는 방식에 변화를 주는 경향이 있으며, 이러한 경향을 롬바르드 효과라고 함.

Figure 1. Relationship between qualification of intelligibility ratings⁽⁷⁾.

성전달지수와 단어, 단문장 등을 활용한 음성전달 특성 평가 방법과의 상관관계를 나타낸 것이다.

3. 피난안전구역 음향 예측

피난안전구역에서 전달되는 비상방송음이 명료하게 전달되는 정도를 예측, 비교하기 위하여 실내음향예측 프로그램(Odeon 12)을 사용하였다. 해당 예측 프로그램은 EN 12354-6⁽⁸⁾에 표준화된 음선 음향학(Ray-acoustics) 프로토콜을 기반으로 하고 있으며, 다양한 실내 공간의 음향 특성에 활용되어 정확성을 인정받고 있다. 예측 대상 피난안전구역은 Table 2에서와 같이 수용인원 규모와 피난안전구역의 형태에 따라 5가지 가상 공간으로 설정하였다. 피난안전구역의 면적은 재실수의 50%에 해당하는 인원 1인당 0.28 m²로 하도록 규정되어 있다. 본 연구에서는 가상의 피난안전구역으로 피난하는 인원 100인을 수용하는 규모는 28 m²,

1,000인을 수용하는 공간은 280 m²의 바닥면적으로 설정하였다. 피난안전구역의 규모는 100인, 250인, 500인 및 1,000인을 수용할 수 있는 규모로 설정하였다. 1,000인 수용 피난안전구역은 직사각형 형태의 평면(Case 4)과 정사각형(Case 5)에 가까운 평면의 두 가지로 구성하였다. Case 4의 직사각형 평면의 경우 긴 변의 길이가 40 m로 25 m 간격으로 2개의 비상방송용 스피커가 설치되어야 하며, Case 5의 평면은 한 개의 스피커만 설치하면 되는 조건이다. 일반적인 사무소 건물의 층고는 4 m를 기준으로 마감용 천장 텍스나 흡음 천장재가 내부에 추가로 설치되지만, 기계실의 일부 구역을 피난안전구역으로 설정하는 등의 경우를 고려하여 시뮬레이션을 수행한 피난안전구역 모델의 높이는 천장 텍스나 흡음 천장재가 설치되지 않은 조건으로 하여 4 m로 설정하였다.

5가지 모델의 내부 마감 재료로는 시멘트 마감 위에 페인트 도장으로 마감하는 것으로 입력하였다. 천장 재료는 석고보드를 기본 조건으로 입력하였으며, 피난안전구역의 소리 울림이 짧은 경우와 비교하기 위하여 유리섬유 기반 천장 마감재의 흡음특성을 입력하였다. 비상방송 스피커에서의 소리는 93 dB(A) 크기로 발생 되는 것으로 설정하였다. 이때 음원의 주파수 대역별 특성은 평탄한 것으로, 각 주파수 대역별로 86 dB가 되도록 하였다.⁽²⁾

피난안전구역의 음향 특성 비교를 위해 소리의 울림 정도를 평가하는 RT20 (Reverberation time)⁽⁵⁾, 비상 방송음의 소리 크기를 의미하는 A-가중 음압레벨(A-weighted sound pressure level)과 음성전달지수를 평가지표로 활용하였다. 음성전달지수는 발생시킨 음향 신호의 왜곡 정도를 평가하는 지표로 배경소음 크기에 영향을 받는 것으로 알려져⁽⁹⁾ 배경소음 크기를 변화시켜 음향 예측을 수행하였다. 배경소음 크기 변화는 피난안전구역 자체의 음향 특성을 알기 위하여 배경

Table 2. Acoustic Simulation Setup for the Comparison of Speech Intelligibility of Safety Zone

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Capacity [person]	100	250	500	1,000	1,000
Size	4 m × 7 m	10 m × 7 m	20 m × 7 m	40 m × 7 m	20 m × 14 m
Number of speakers	1 EA	1 EA	1 EA	2 EA	1 EA
Layout					

2) 비상방송설비에 대한 국가화재안전기준(NFSC 202)에는 비상방송용 스피커의 출력(W)으로 규정되어 있다. 스피커의 출력은 기준 출력(10⁻¹² W)를 기준으로 대수합수비를 계산하여 음향 파워 레벨(Sound power level, dB)로 표시한다. 음향 파워 레벨은 음원에서 방사되는 에너지로 음원으로부터 일정 거리가 떨어진 지점에서 듣게되는 소리는 음압레벨(Sound pressure level, dB)로 평가한다. 음향 파워 레벨과 음압레벨의 관계는 다음 식과 같다.

$$L_p = L_w - 10 \log S$$

여기서, L_p : 음압레벨(dB, 기준음압 2×10^{-5} Pa)

L_w : 음향파워레벨(dB, 기준 음향파워 10⁻¹² W)

S : 측정 면적 (m²)

K : 측정 면적 (m²)

Table 3. Predicted Room Acoustic Parameters of Safety Zone

Acoustic parameter		Case 1		Case 2		Case 3		Case 4		Case 5	
		Without absorpti on material	With absorpti on materia	Without absorpti on material	With absorpti on materia	Without absorpti on material	With absorpti on materia	Without absorpti on material	With absorpti on materia	Without absorpti on material	With absorpti on materia
RT20 at 500 Hz		5.00 s	1.42 s	5.02 s	1.44 s	4.95 s	1.44 s	5.30s	1.83 s	4.99 s	1.79 s
SPL(A)		91.0 dB	84.9 dB	87.8 dB	81.1 dB	85.3 dB	78.3 dB	85.2 dB	78.5 dB	82.8 dB	75.6 dB
STI	No BGN	0.57	0.57	0.32	0.55	0.32	0.56	0.35	0.54	0.31	0.54
	BGN 50 dB	0.34	0.57	0.32	0.55	0.32	0.56	0.35	0.54	0.31	0.54
	BGN 60 dB	0.34	0.57	0.32	0.54	0.32	0.55	0.35	0.53	0.31	0.52
	BGN 70 dB	0.34	0.55	0.31	0.51	0.31	0.50	0.34	0.48	0.29	0.45
	BGN 80 dB	0.32	0.46	0.28	0.38	0.25	0.32	0.27	0.32	0.21	0.25
	BGN 90 dB	0.21	0.24	0.14	0.12	0.09	0.06	0.09	0.06	0.04	0.01

※ Color information on the cells of STI results shows the STI rating in Table 1.

소음(BackGround Noise, BGN)이 없는 조건과 배경소음이 있는 경우는 일반적인 사무공간의 배경소음 수준인 50 dB(A) 부터 피난안전구역에 인원 증가 등의 원인으로 배경소음이 90 dB(A)까지 10 dB간격으로 증가시켜 비교하였다. 음향 예측은 바닥으로부터 1.2 m높이로 설정하여 수행하였다.

피난안전구역의 음향 예측 결과의 평균값은 Table 3에 정리하였다. 잔향시간과 비상방송음의 A-가중 음압레벨은 배경소음의 영향을 받지 않는 지표이므로 천장 흡음 성능 변화에 관한 결과만 비교하였다. 피난안전구역의 천장에 흡음 성능을 적용하지 않은 5가지 규모의 피난안전구역에서 모두 잔향시간이 5 s 수준으로 나타났다. 흡음성능이 우수한 유리섬유 기반 천장재를 적용한 경우 잔향시간은 1.42 s~1.79 s 정도로 짧아졌다. 피난안전구역의 규모가 커짐에 따라 잔향시간도 다소 길어지는 것으로 나타났다.

피난안전구역 안으로 전달되는 비상방송음의 평균 크기는 공간 규모가 증가함에 따라 낮아지 졌는데, 이는 비상방송스피커의 개수와 출력이 같았기 때문으로 판단된다. 그러나 Case 4의 경우와 같이 비상방송 스피커가 2개 설치된 경우 음압 레벨 평균은 동일한 규모이지만 비상방송 스피커가 1개 설치된 Case 5의 경우보다 2.4 dB 크게 나타났다. 피난안전구역의 흡음성능이 증가된 경우 비상방송음의 A-가중 음압레벨 평균은 6.1 dB~7.2 dB 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 흡음성능 증가에 따라 공간 안의 소리 울림이 감소하여 소리가 빨리 줄어들어 소멸하기 때문이다.

음성전달지수는 배경소음이 없는 경우와 배경소음이 50 dB~90 dB 범위에서 10 dB씩 증가시킨 경우에 대하여 공간 평균값을 비교하여 Table 3에 나타내었다. ISO 9921에서는 정보나 주의가 필요한 상황에서 위험 상황이나 패닉을 최소화하고 안전한 피난을 위해서는 명료하게 말해진 단음절 메시지가 필요하며, 배경소음 이나 주변에서 소리 지르는 등의 환경에서도 명확하게 들리도록 해야 한다고 제시하였

다. 이를 위해 위급 상황 안내 등의 경우는 “Poor” 이상, 방송설비의 경우 “Poor-Fair” 성능의 음성전달지수 확보하는 것으로 요구하고 있다. 위급 상황과 비상 방송을 모두 고려하면 음성전달지수 0.45 이상을 확보하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

배경소음이 없으며 천장에 흡음성능이 높은 재료를 적용하지 않은 경우, 가장 규모가 작은 Case 1을 제외하고는 나머지 4가지 규모에서 음성전달지수 평균값이 0.45 이하로 나타나 “Poor” 등급에 해당하였다. 그러나 배경소음을 고려하면 모든 경우에서 음성전달지수 평균이 0.3 수준으로 나타났다. 배경소음을 증가시킨 경우 피난안전구역의 크기가 커짐에 따라 동일한 배경소음 레벨에서 음성전달지수 평균값은 작아지는 경향을 나타냈다.

음성전달지수 개선을 위해 천장의 흡음 성능을 증가시키면 배경소음이 없거나 60 dB 이하인 조건에서 음성전달지수가 0.5이상으로 “Fair” 수준으로 나타났다. 그러나 배경소음이 70 dB 이상이 되면 음성전달지수 평균은 0.3 이하 수준으로 낮아져 “Poor”에 해당하였다. 배경소음이 90 dB 이상으로 매우 높은 경우는 천장의 흡음 성능 증가와 상관없이 음성전달지수는 0.3 미만의 “Bad” 등급으로 평가되었다.

Table 4는 피난안전구역으로 전달되는 비상방송음의 A-가중 음압레벨 분포를 흡음재 적용 여부에 따라 비교한 것이다. 흡음재를 적용하지 않았을 때 공간 안의 음압레벨 분포는 반사음으로 인해 고르게 분포하였다. 흡음재를 천장에 적용한 경우 음압레벨이 공간 전체에서 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며, Case 3, 4, 5의 경우 비상방송 스피커가 설치된 바로 아래 공간의 음압레벨이 반사음 대비 직접음의 영향이 커서 다른 부분에 비해 높게 나타났다. 피난안전구역을 기계실 또는 전기실 일부 공간으로 구획하는 경우 소음의 영향을 직접 받게 된다. 기계실 소음 특성을 측정한 기존 연구^(10,11)에서는 기계장치의 소음은 65 dB(A) ~105

Table 4. Distribution of A-weighted Sound Pressure Level in Safety Zones

A-weighted SPL	Without absorption material	With absorption material
Case 1
Case 2
Case 3
Case 4
Case 5

※ Range of legend : 40 dB(A)~100 dB(A)

dB(A) 범위에서 분포하고 75 dB(A) 이상의 레벨을 갖는 경우가 많은 것으로 제시하였다. 이처럼 기계실 또는 전기실의 일부 공간을 피난안전구역으로 설정하기 위해서는 피난안전구역 공간으로 전달되는 기계실 소음을 차단하는 방안이 필요하다.

Table 5는 피난안전구역의 소리 울림을 나타내는 지표인 잔향시간(RT)의 공간분포 예측 결과를 비교한 것이다. 천장에 흡음재를 적용하지 않은 경우 피난안전구역 내 잔향시간 분포는 반사음이 길게 지속하여 고르게 나타났지만, 울림 정도는 매우 긴 것으로 나타났다. 흡음재를 천장에 적용하면 반사음이 흡음재에 의해 흡수되어 소리 울림이 크게 줄어드는 것으로 나타났다. 천장 흡음재를 적용하는 경우, 배경소음을 50 dB로 설정한 경우 음성전달지수가 0.2 이상 개선되었다. 배경소음을 70 dB에서 50 dB로 낮게 하면 음성전달지수가 평균 0.03 정도 증가하였으며, 배경소음

Table 5. Distribution of Reverberation Time (RT20) at 500 Hz in Safety Zones

RT20 at 500 Hz	Without absorption material	With absorption material
Case 1
Case 2
Case 3
Case 4
Case 5

※ Range of legend : 0 s-6 s

을 80 dB에서 60 dB로 낮게 하면 평균 0.14 정도의 음성전달지수가 개선되는 것으로 나타났다. 피난안전구역의 음성전달지수 개선을 위해서는 공간안의 흡음능력 증가가 효과적이지만, 배경소음이 아주 높은 경우(80 dB 이상)에는 배경소음을 낮추는 것을 우선 고려하여야 할 것이다.

Table 6은 음성전달지수의 공간 분포를 나타낸 것이다. 피난안전구역의 천장에 흡음재를 적용하지 않은 경우의 음성전달지수 분포는 배경소음이 없는 경우부터 배경소음을 70 dB로 설정한 경우까지 유사한 것을 확인할 수 있다. 배경소음 레벨을 80 dB 이상으로 설정한 경우 음성전달지수가 전체적으로 낮아졌다.

피난안전구역의 천장에 흡음재를 적용하면, 배경소음이 없는 경우부터 배경소음이 증가함에 따라 음성전달지수 분포가 변화되는 확인할 수 있다. Case 2부터 Case 5의 경우 비상방송 스피커가 설치된 바로 아래 공간에서는 음성전달

Table 6. Distribution of Speech Transmission Index in Safety Zones

STI (Speech Transmission Index)		Without BGN	50 dB BGN	60 dB BGN	70 dB BGN	80 dB BGN	90 dB BGN
Case 1	without absorption material						
	with absorption material						
Case 2	without absorption material						
	with absorption material						
Case 3	without absorption material						
	with absorption material						
Case 4	without absorption material						
	with absorption material						
Case 5	without absorption material						
	with absorption material						

※ Range of legend : 0.00 ~ 1.00

(see the color legend in table 1)

지수가 0.6 이상(초록색 영역)으로 “Good” 등급에 해당하였다. 그러나 비상방송 스피커에서 거리가 멀어짐에 따라 음성전달지수는 낮아지는 것으로 나타났다. 피난안전구역의 특성상 피난안전구역 안의 모든 공간에서 명료하게 비상방송음을 청취할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 흡음재를 적용한 경우 배경소음이 90 dB인 일부 경우를 제외하고는 음성전달지수가 약 25.5%~46.3% 정도 개선되는 것으로 나타났다.

배경소음이 증가함에 따라 음성전달지수가 “Good”으로

나타난 영역이 줄어들었다. 이는 피난안전구역의 음성전달 성능 향상은 흡음재 적용, 배경소음 낮춤 뿐만 아니라 비상방송용 스피커 배치 개선을 통해서도 가능함을 의미한다. 피난안전구역에 흡음재료를 적용하고 비상방송용 스피커의 배치를 개선하면 음성전달지수 공간 평균값이 높아져 “Good” 등급까지도 개선이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 피난안전구역의 모든 공간에서 비상방송음을 명료하게 청취할 수 있도록 하는 방안이 필요하다.

4. 결 론

초고층 건축물 거주자의 안전한 피난을 위해 피난안전구역 설치의 의무화되었으며, 피난안전구역에는 관리사무소와 방재센터 등과 긴급연락이 가능한 정보 및 통신 시설을 설치하여야 하며, 비상방송설비도 설치, 운영되고 있다. 피난안전구역은 일반적으로 불연성 마감재로 구성되거나 기계실 일부 구역에 설정되어 소리의 울림이 심하거나 각종 기계장치에서 발생하는 소음으로 인해 원활한 음성 대화와 명료한 비상방송이 어려울 수 있다. 이에 본 연구에서는 피난안전구역의 음향 특성을 건축음향 시뮬레이션 방법을 적용하여 예측하였다.

건축음향 특성 및 비상방송음의 음성 명료도(음성전달지수, STI) 예측 결과, 내부 마감재로 불연성 재료를 사용하여 소리 울림(잔향시간)이 심한 것으로 확인되었다. 소리 울림에 의해 비상방송 스피커에서 발생하는 방송음은 충분한 크기로 전달되었지만, 비상 방송음의 음성명료도 평가 결과 음성전달지수가 “Poor~Bad” 수준으로 평가되어 실제 방송 문장을 정확하게 알아듣기는 어려운 수준으로 예측되었다. 또한 배경소음레벨이 높이면 음성 전달 지수 분포는 낮아졌으며, 70 dB(A) 이상 크기로 소음이 전달되면 음성전달지수 분포는 0.3 이하의 “Poor~Bad” 수준으로 평가되었다.

피난안전구역에서 명료하게 비상 방송음을 전달하기 위해서는 소리 울림(잔향시간)을 줄이는 것이 필요하며 이를 위해서는 불연 마감재를 무기질 기반 흡음재로 대체하는 것이 필요하다. 본 연구에서 수행한 시뮬레이션 결과 무기질 흡음재를 적용하면 평균적으로 잔향시간이 약 70% 정도 짧아지는 것으로 나타났다. 잔향시간의 감소 또는 변화는 적용하는 흡음재료와 흡음구조의 특성에 따라 변화할 수 있다. 적절한 무기질 흡음재료 사용을 위한 단위 면적당 또는 수용 인원당 흡음면적 등의 지표 설정을 위한 연구가 필요하다. 명료한 비상방송음 전달을 위해서는 잔향시간과 함께 비상방송설비 개선도 필요한 것으로 확인되었다. 항상 배경소음보다 적절한 레벨 이상으로 비상방송음이 전달되게 하는 시스템 또는 비상 방송 스피커 배치를 개선하는 방안이 필요하다. 비상 방송 설비 개선을 위해서는 비상 방송 설비가 설치되는 공간의 모든 위치에서 음성전달지수(STI)가 일정 수준 이상이 되도록 하는 방안이 필요하다. 비상 방송 설비의 음성전달지수 기준 수립을 통해 여러 시설의 설계 단계부터 공간의 형상, 마감 재료를 선정할 수 있으며, 비상 방송 설비와 종합적으로 고려하여 적절한 비상 방송 설비를 설계, 시공할 수 있다.

본 연구에서는 천장 흡음 특성 개선과 배경소음 레벨을 변수로 설정하여 비교하였다. 실제 피난안전구역에 피난인

원이 증가함에 따라 배경소음 증가하는 현상(Lombard effect)에 대한 연구와 개선 방안도 수립되어야 한다.

후 기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 연구비지원(NRF-2019R1F1A1061425)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Y. J. Kim, S. H. Ji, I. H. Lee, H. J. Park and H. S. Shin, “A Fire Safety Secure Plan of High-rise Buildings”, SDI 2010-PR-01, Seoul Development Institute (2010).
2. Korea Ministry of Government Legislation, “Special Act on Disaster Management of High-rise and Underground-Linked Buildings, Fire Safety Code on Highrise Buildings” (2019).
3. National Fire Safety Code 604, “Fire Safety Code on Highrise Buildings”, Korea Ministry of Government Legislation (2017).
4. H. Brumm and S. A. Zollinger, “The Evolution of the Lombard Effect: 100 years of Psychoacoustic Research”, Behavior, Vol. 148, pp. 1173-1198 (2011).
5. ISO 3382-3, “Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 3: Open Plan Offices”, International Standard Organization (2012).
6. IEC 60286-16, “Sound System Equipment – Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index”, International Electrotechnical Commission (2011).
7. ISO 9921, “Ergonomics – Assessment of Speech Communication” (2003).
8. EN 12354-6, “Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Elements – Part 6: Sound Absorption in Enclosed Spaces”, Comite European de Normalisation (2003).
9. J. H. Jeong, “Alarm Sound Propagation Characteristics of Gas Extinguishing System Installed in Computer Server Room”, J. Korean Soc. Hazard Mitig., Vol. 20, No. 4, pp. 145-152 (2020).
10. J. H. Kook, “A Study on the Evaluation and Characteristics of Architectural Facility Noise in Building”, Master Thesis, Wonkwang University (2007).
11. P. S. Kim, “A Study on the Characteristics of Noise from Machinery in the Machine Room of Dormitories of University”, Master Thesis, Wonkwang University (2004).