

사업장 내 화재경보설비 음향통보장치의 개선에 관한 연구

이수경, 이진하

서울산업대학교 안전공학과, 한국화재보험협회

A Study on An Effective Improvement For The Alarm Systems In A Factory

이수경, 이진하

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 한국화재보험협회의 2001년도 특수건물 화재조사 분석¹⁾ 중 생산 공장의 화재통계를 살펴보면 2000년도 178건 이었으나, 2001년도에는 35건이 증가한 213건이 발생하였다. 2001년도 재산피해액(약 119억원) 중 공장화재로 인한 재산피해가 90.8%를 차지한다. 이는 2000년도(약 73억원)의 78.5%에 비해 약 12.3%가 증가한 것이다. 이는 화재초기에 경보설비의 활용도가 낮았거나 현장의 작업자가 화재를 늦게 인식(認識)하여 초기진화의 실패 등을 원인으로 본다.

본 연구에서는 생산 작업장 내(기계·금속업, 섬유업, 지공·인쇄업, 섬유업 등)에서 발생하는 기계음 및 마찰음으로 인하여 주위의 소음이 높고, 산업안전보건법에 의하면 일정소음 이상 시 보호장구(귀마개 등)를 착용하게 되어 있어 화재 발생 시 경보설비의 음향이 작동을 하여도 인식 할 수 없어 초기진화에 대한 대응 및 피난시간의 부족으로 재산상의 손실 및 인명 피해에 대한 위험성이 높아 이에 대한 효율적인 개선방법을 연구하였다.

현재 소방기술기준에 관한 규칙²⁾ 제87조 2항에서 정하는 “음향은 부착된 음향장치의 중심부로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB(A) 이상이 되는 것으로 할 것” 으로는 화재 시 생산 작업장 내에서의 초기진화 및 피난을 위한 경보음향을 들을 수 없을 것이다.

이에 대한 보완으로 산업안전보건법³⁾에서 지정하는 일정소음 이상을 발생하는 공장에서는 소방기술기준에 관한 규칙 제 87조 2항에서 정한 “90dB(A)이상”을 NFPA (National Fire Protection Association) code 72에서 정한 “평균 주위소음도의 15dB(A)이상이거나 적어도 60초 이상 지속되는 최대음향 이상의 5dB(A)를 더한 음향 중 큰 쪽으로 한다” 로 경종의 음향을 상향조정 또는 현재 소방기술기준에 관한 규칙 87조 1항의 “청각장애인용 시각경보장치”를 공장의 작업장에 적용시켜 작업자에게 신속하게 통보함을 본 논문의 연

구 목적으로 하였다.

실험방법으로는 음향측정장비(Sound Level Meter LA-215형)를 이용하여 생산 작업장을 공장 업종별로 구분(기계·금속업, 섬유업, 지공·인쇄업, 섬유업 등)하여 현장에서 발생하는 작업종별 기계 소음도를 측정하고 이에 대한 평균값을 제시하였고 현재 소방기술기준에 관한 규칙의 적용이 적합한지, 외국법령 등을 참조하여 작업장내에서 신속하게 통보하여 주는 방법을 연구하였다.

본 연구에서는 생산 작업장 내 초기화재감지와 인명피해를 예방을 위한 경보설비 설치의 적용에 새로운 기준을 제시하고자 한다.

2. 공장 화재 사례

최근 한국화재보험협회의 2001년도 특수건물 화재조사 분석에서 화재통계를 살펴보면 2000년도 178건이었으나, 2001년도에는 35건이 증가한 213건이 발생하였고, 2001년도 전체의 재산피해액 약119억원 중 공장화재로 인한 재산피해가 91.01%를 차지하였으며, 이는 2000년도 약 73억원의 78.5%에 비해 약 12.3%가 증가하였다.

공장에서의 화재발생 빈도는 5년간 평균 24.56%로 특수건물의 용도별 화재 발생을 평균 28.04%이하로 일정하게 발생하고 있다.

Table 2-1 공장에서의 최근 5년간 화재발생빈도¹⁾
($\times 10^{-3}$ /년)

연 도	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	평균빈도
발생율	27.46	23.21	25.00	21.94	25.15	24.56
전 체	26.55	26.36	28.76	28.00	30.27	28.04

특수건물의 용도별 건물 대상 수 대비 화재 발생률은 각각 1000건당 25.15%로 학교(78.1%), 공동주택(50.7%), 11층 이상 건물(37.7%)로 대상 건물이 적은 용도에서는 몇 건의 화재만으로도 높은 화재 발생 빈도를 보여주고 있으며 특수건물 전체 건수 15,991건 중 8,468건이 공장용도로 특수건물대상 건수의 1/2을 차지하고 있어 화재의 발생률이 높아도 평균 화재 발생 빈도는 25%내외인 것이다.

Table 2-2. 공장의 지역별 화재발생 현황 및 빈도¹⁾

구 분	서울	대구	인천	경기	충남	전북	경북	경남	계	구성비(%)
전체대상건수	323	737	739	2039	626	275	1020	809	8468	52.95
화재발생현황	8	13	29	71	9	11	19	14	213	44.01
화재발생빈도	24.8	17.6	39.2	34.8	14.4	40.0	18.6	17.3	-	25.2

특수건물 중 공장의 화재 발생건수는 2001년도 전체 484건 중 213건으로 전체 발생 비율의 44.01%이고, 피해규모는 전체 약 119억원 중 약 108억원으로 재산피해액 대비 약 91.01%를 차지하고 있다.

단연 특수건물의 용도별 대상건물 중 단연 첫 번째를 차지하고 있으며 또한, 재산피해 3,000만원 이상의 대형화재에서도 총 36건 발생 중 27건으로 공장에서의 화재 발생 시 손해율이 아주 높은 것으로 나타난다.

2.1 공장 화재 분석¹⁾

공장에서의 화재 발생율은 타 업종에 비하여 화재 발생시 손해 피해액이 높은 것으로 보이며 지공·인쇄업종을 보면 12건의 화재로 피해액이 가장 높으며 화재 발생 건당 피해액도 높다. 기계·금속업도 화재의 발생건수는 많으나 용도별 대상 건수가 많아 상대적으로 화재 발생을 및 화재 1건당 피해액은 낮은 것으로 보인다. 특수건물 화재 발생 중 공장에서의 화재 발생율이 높고 손해율이 높은 것은 전국의 특수건물 대비 공장의 건물수가 많고 공장 내 설치된 생산기계의 장비 가액이 높아 화재 발생 시 이로 인한 손해가액이 높은 것으로 평가되고 있으며 공장에서의 화재발생 장소로는 전체 화재발생 213건 중 생산 작업장내에서의 화재가 138건으로 분석 결과 나타났다.

3. 공장에서의 소음도 측정 방법

우선 생산현장의 입구에서 소음측정장비를 동작시켰으며 정확한 자료를 얻기 위해 첫 번째, 작업장 내 중앙에서 실내의 소음도를 측정, 두 번째로는, 경보설비의 발신기는 동작시켜 지구경종으로부터 1m 떨어진 장소에서 경종의 음향이 소방기술기준에 관한 규칙의 제87조 2항의 90dB(A)에 충족한지 측정, 세 번째로 공장 내의 각각의 기기로부터 소음도를 측정, 네 번째 생산 작업기기 가동 중 발신기의 지구경종을 동작시켜 주위의 소음과 지구경종에서 발하는 음향을 측정, 현장의 소음도 측정 값 및 경종의 음향 값을 참조하여 작업종별로 구분 DATA값 만들었다.

3.1 업종별 소음도

작업장을 업종별로 구분하여 소음측정계를 이용하여 측정하였으며 청각보정회로는 “A” 특성으로 하였고 지시침은 “Slow”로 하였다. 측정 지점은 측정대상이 되는 “작업자의 귀 높이”에서 실시하였으며 작업장에서의 소음은 연속소음으로 “5초 간격으로 20회”에 걸쳐 측정하여 이에 대한 평균값을 사업장별로 만들었다.

3.1.1 인쇄업

Table 3-1. 인쇄업종의 소음 측정 분포도

회사명	소음도 (dB)	작업자 인지도
D사	95	×
S사	92	×
Y사	87	○
(주) Y사	92	×
J사	95	×

인쇄업종의 평균소음도는 92.2dB로 작업현장에서는 Y사를 제외한 전체의 생산 현장이 소방기술기준 관한 규칙에서 정한 90dB(A)을 초과하고 있다. 공장 내의 작업자는 특히 종이 걸림, 인쇄불량 등을 감시하기 위해 귀를 항상 소음원 방향으로 향하고 있고 그 소음으로 인하여 실제의 화재발생 시 지구경종의 경보음이 인지되기까지는 상당한 시간이 걸린다.

작업자의 인지도를 보아도 5개 사업장 중 4개 사업장에서 지구경종의 음향을 들을 수 없는 것으로 확인이 되었으나 87dB(A)가 나온 Y사에서도 보호장구의 착용으로 실제로는 경종의 소음을 인식하는데는 상당한 시간차가 있었다.

3.1.2 방직업

Table 3-2. 방직업 종의 소음 측정 분포도

회사명	소음도 (dB)	작업자 인지도
(주)K사	100	×
(주)B사	96	×
M사	95	×
S사	95	×
K사	95	×

방직업종은 건물의 규모가 대형화이고 방직 및 방직기기의 마찰에 의한 소음이 높아 이번 연구에서는 두 번째로 높은 소음도를 가지고 있다. 실제로 현장에는 섬유에서 발생하는 분진으로 인하여 항시 집진기가 가동하고 있고 제품의 뒤틀림 및 보호를 위하여 온·습도의 조절을하고 있으며 일부 기기별로 별도 비닐칸막이를 설치하여 화재경보음의 Marking현상을 볼 수 있다.

또한, 현장의 작업자는 환경 안전보건법에 의하여 보호장구(귀마개 등)를 항시 착용하고 있으며 생산현장에서의 대화는 거의 불가능할 정도의 소음도가 심한 실정이다. 본 연구에서의 방직업종의 소음도의 평균은 96.2dB(A)이다.

방직업종의 작업자는 지구경종의 소리를 전혀 인식할 수 없었으며 주위의 소음으로 인하여 초기화재 발생시 화재음향을 인지할 수 없어 초기진화가 어려워 이로 인한 피해의 규모가 큰것이 특징이다.

3.1.3 요업

Table 3-3. 요업종의 소음 측정 분포도

회사명	소음도(dB)	작업자 인지도
E사	100	×
S사	98	×

이번 요업공정은 주로 돌이나 흙을 파쇄·분쇄하여 이를 응용 기타 제품(화장품, 씨멘트 등)을 생산하는 작업으로 분쇄기가 큰 것이 특징이다.

작업장에서의 평균 소음은 99dB이상으로 현장의 작업자가 주위의 기타 음향을 전혀 인지할 수가 없는 실정이고 공정상 작업장내 설치된 감시실에서 거의 모든 공정을 실시하고 있다.

3.1.4 제지업

Table 3-4. 제지업종의 소음 측정 분포도

회사명	소음도(dB)	작업자 인지도
Y사	90	○
J사	93	×
D사	88	○
D사	90	○

제지업종은 원료인 펄프 및 폐품을 이용하여 종이 및 박스를 생산하는 공정으로 본 연구의 비교대상인 5개 업종 중 소음도가 가장 적으며 평균 소음도는 90.9dB(A)로 현행의 소방기술기준에 관한 규칙에서 정한 경종의 통보음향과 거의 같은 실정이다. 생산 기기에서 발생하는 주위의 소음이 거의 90dB(A)이상으로 현장의 근로자가 화재경보 통보음향을 인지하기는 힘들다. 작업자의 인지도에서는 근로자가 보호장구를 제거하고 확인하여 대체로 양호한 것으로 나왔으나 화재경보 통보음향에 주위를 기울이지 않고는 듣기 어려운 상태이다.

3.1.5 금속·가공업

Table 3-5. 금속·가공업 종의 소음 측정 분포도

회사명	소음도(dB)	작업자 인지도
D사	96	×
D사	94	×
P사	93	×
H사	92	×
D사	95	×
D사	92	×
D사	96	×
C사	98	×
D사	95	×
D사	94	×
B사	92	×
B사	93	×

기계·금속 가공업에서는 주로 프레스 공정 및 철을 이용한 가공공업이 주를 이루고 있어 절단 및 연마로 인한 소음이 많다. 비교분석중인 5개 사업장 중 화재 발생률 및 피해액이 가장 높은 업종이고 화재로 인한 기업휴지 등 손실도 많은 업종이다.

또한 프레스 공정으로 인하여 순간 소음도가 100dB를 넘는 경우도 많으며 이로 인하여 작업자의 화재인지도 어려운 상태이다.

4. 업종별 소음도 영향

Table 4-1의 업종별 평균 소음값을 보면 요업의 분쇄기에서 발생하는 소음이 가장 크고 인쇄업의 인쇄기에서 가장 낮다. 또한, 평균소음이 90dB(A)를 초과하는 사업장에서는 음향통보장치가 동작을 하여도 작업자가 인지할 수 없는 것으로 나타났다. 이는 작업자 주위의 소음으로 인하여 Marking(음폐)현상이 발생하고 있으며 현장의 작업자는 산업안전보건법에 의하여 보호장구(귀마개)를 착용하고 근무하게 되어있어 경보음향을 인지할 수 없는 실정이다.

Table 4-1. 업종별 평균 소음값

업종	인쇄업	방직업	요업	제지업	금속·가공업	전체
평균 소음도	92.2dB	96.2dB	99.0dB	90.3dB	93.2dB	94.2dB

5. 소음도 평가

이로써 작업장에서의 각 소음도를 측정하였고 이에 따른 DATA값을 만들었고 작업장의 인식을 알아보았다.

전체적으로 작업장에서의 소음도가 평균 94.2dB(A)로 소방기술기준에 관한 규칙 제87조 2항에서 정하는 “음향은 부착된 음향장치의 중심부로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB(A)이상”을 상향하고 있는 실정으로 이 규칙을 모든 건물에 일률적으로 적용 시 생산 작업장과 같은 소음이 심한 장소에서의 작업자는 경보설비의 음향을 인식하지 못해 초기대응 및 피난이 불가능한 것으로 예측된다.

또한, 산업안전보건법에 의하여 일정 소음발생시 착용하는 보호장구(귀마개 등)에 의하여 더욱더 화재경보음향을 인식할 수 없는 실정이다.

따라서, 현행 규칙을 모든 건물에 일괄 적용함은 타당하지 않으며 각 사업장에서 작업종별로 소음도를 측정하고 주위의 소음보다 상향하여 설치하거나 시각경보장치를 함께 사용함이 바람직한 것으로 판단된다.

6. 결과 및 고찰

본 연구에서는 40여 개의 사업장을 방문하여 각 사업장의 소음도를 소음 측정계의 A특성으로 측정하였고 이 소음은 연속소음으로 “5초 간격으로 20회”에 걸쳐 측정 이에 대한 평균값을 사업장별로 구분하였다.

또한 사업장 내 작업자에게 화재경보설비의 통보음향을 인식하였는지 설문한 결과 거의 모든 사업장에서 음의 음폐(Marking)효과 및 산업안전보건법의 일정 소음이상 발생 시

보호장구를 착용하게 되어 있어 작업자가 화재 경보음을 의식하여 듣지 않을 때는 인식할 수 없는 것으로 나타난다.

사업장의 재산상 및 인명 피해를 최소화하기 위해서는 화재 초기에 화재를 작업자가 신속하게 인지하여 초기 대응이 가능하도록 화재경보설비의 음향통보장치의 개선 또는 대처 방안이 필요하다.

아래의 6.1은 음향통보장치의 개선에 대한 방법이고 6.2는 시각경보장치 설치기준으로 현재 국내법에는 설치방법 등이 없어 NFPA 및 ADA의 법령을 비교 국내 사업장에 적용하여 보았다.

6.1 음향장치의 법적 기준 개정

각 사업장의 소음도를 측정한 결과 평균 소음도 94.2dB(A)로 화재경보설비 대상 건물에 일괄로 적용하는 것은 옳지 않다고 판단된다.

이에 대한 대안으로 산업안전보건법에서 지정하는 일정소음 이상을 발생하는 공장의 생산 작업장 내에서는 소방기술기준에 관한 규칙 87조 2항에서 정한 “음향의 중심부로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB(A) 이상”을 NFPA (National Fire Protection Association) Code 72¹³⁾ 참조하여 “주위소음도의 평균 15dB(A)이상이거나 적어도 60초 이상 지속되는 발생하는 최대 음향의 5dB(A) 이상 중 큰 음향으로 한다”로 음향장치의 소리를 상향 조정할 필요가 있다.

7. 결론

본 논문에서는 생산시설을 용도별(기계·금속업, 섬유업, 지공·인쇄업, 섬유업 등)로 구분하였고 각 사업장에서 발생하는 기계음 및 마찰음에서 발생하는 소음도를 측정하였다.

측정 결과 대부분의 작업장에서 발생하는 소음은 평균 94.2dB(A)로 소방규칙에서 정한 90dB(A)이상으로 음의 음폐(Marking)효과가 발생하여 경보음향을 인식할 수 없으며, 산업안전보건법 및 소음·진동 규제법에 의하면 일정 소음이상 발생 시 보호장구(귀마개 등)를 착용하게 되어 있다.

경보설비의 설치 목적은 초기에 화재를 감지하여 건물 내 관계자에게 신속 정확하게 통보함을 목적으로 하고 있으나 생산시설의 작업장내에서는 주위의 소음이 소방기술기준에 관한 규칙 제87조 2항에서 정하는 “음향은 부착된 음향장치의 중심부로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB(A) 이상이 되는 것으로 할 것”보다 높아 경보설비의 통보음향을 인식(認識)할 수 없으며 이로 인한 초기진화 및 피난시간의 지연으로 화재의 대형화 및 인명 피해의 위험성이 높은 것으로 판단된다.

이에 산업안전보건법 및 소음·진동 규제법에서 지정하는 일정소음 이상을 발생하는 공장에서는 소방기술기준에 관한 규칙 제 87조 2항에서 정한 “90dB(A) 이상”을 NFPA (National Fire Protection Association) 72의 통보음향에서 정한 “평균 주위소음도의 15dB(A) 이상이거나 적어도 60초 이상 지속되는 최대 음향의 5dB(A)이상 중의 큰 음향으로 한다.”

로 화재경보설비의 통보음향을 상향조정 하거나 화재인명 안전코드에서 정한 주위 소음이 발생하는 공장에서는 청각장애인용 시각 경보장치를 겸용으로 설치 사용하는 것이 바람직하며 현행 법규에는 없는 시각경보장치의 설치방법을 법제화시키는 등 공장에서의 경보설비의 효용가치를 높이는 것이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 한국화재보험협회, “특수 건물 화재 조사 및 분석”, 2001.3.
2. 한국소방안전협회, “소방기술기준에관한규칙”, 2002.4.
3. 산업안전과교수협의회, “산업안전보건법규”, 동화기술, 2001.8.
4. 박상규, 이도원, 류봉조, 장태사 공역, “소음진동학”, 동화기술, 2001.3.
5. Fire Safety Journal, Vol. 36 p.623-639, 2001.
6. NFPA 80. "National Electrical Code", 1993.
7. NFPA 1221. Standard on the Installation, Maintenance and Use of Public Fire Service Communication System", 1997.
8. 법제처, “노동부 고시 제 1994-46호(작업환경측정실시규정)”, 1994.
9. ISO 7029 Acoustics-Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for ontologically normal person, 1st Edition, 1976.
10. 신동호, “최신 소방관계법규”, 기다사, 2002.9.
11. NFPA 72. "National Fire Alarm Code", 1997.
12. “보통소음계 LA-215형 User Manual”, (株) 小野測器, 1994.
13. ADA, "Americans with Disabilities Act", 2000.