노래방의 화재위험성 분석을 위한 실규모 화재 실험

Real Scale Fire Test for the Karaoke Fire Risk Analysis

유용호* · 최영화** · 권오상***

Yoo, Yong Ho · Choi, Young Hwa · Kweon, Oh Sang

Abstract

Karaoke is the structural feature that it is located underground or composed of no window layer secret room even over the ground so that it has quite high risk of airway obstruction due to smoke at the fire. In this study, a real scale fire test was performed for actual karaokes at the zone under reconstruction. The results showed that oxygen concentration of the room at which fire occurred decreased to 13.99% around 5 minutes later, and 0.58% of carbon monoxide was generated. Especially, 0.8% or more of carbon monoxide was measured in the room next to it around 8 minutes after fire occurrence. Thus, it was found that air way obstruction would probably occur due to toxic gas such as carbon monoxide by incomplete combustion of sound proofing material rather than flame spread by fire re-spread. Consequently, fatal toxic smoke reaches the surrounding space in around 3 minutes without quick early measures at the fire of sealed room so that many casualties result.

Key words : Multiple-user building, Karaoke, Real scale fire test, Smoke, Toxic gas

요 지

다중이용시설중 노래방의 경우 대부분이 지하에 위치하거나 혹은 지상에 있더라도 무창층의 밀실 구조를 가지는 구조적 특성 때문에 화재발생시 연기에 질식될 수 있는 위험성이 매우 크다. 본 연구에서는 노래방의 화재 위험성 분석을 위하여 재건축이 진행중인 지역의 실제 노래방을 대상으로 실규모 화재실험을 수행하였다. 실험결과 화재가 발생한 방의 경우 화재발생후 약 5분후에 산소농도는 13.99% 까지 감소하며, 일산화탄소는 0.58%가 발생하였다. 특히 화재가 발생한 옆 방의 경우 화재발생 약 8분후 일산화탄소가 1%이상으로 측정됨으로써 직접적인 화염의 확산보다 방음재의 불완전연소에 의한 일산화탄소등 유독가스 에 의한 질식이 더 위험할 수 있음을 확인하였다. 따라서 밀폐된 노래방 화재시 신속한 초동조치가 없을 경우 3분 정도에 인접 공간으로 치명적인 독성 가스가 도달되어 많은 인명피해를 발생시키게 된다.

핵심용어 : 다중이용업소, 노래방, 실규모 화재실험, 연기, 독성가스

1. 서 론

우리나라는 1987년 화재발생건수 1만건 돌파를 기점으로 급격한 증가추이를 보이고 있으며, 1994년 2만건, 1998년 연간화재 3만건 시대에 접어 들었다. 표 1에서 보는 바와 같이 최근 10년간의 화재 현황을 보면 평균 화재발생 건수 39,173건으로 매년 4.39%의 증가율을 보이고 있으며, 재산피해도 평균 2,170억원에 10.5%의 증가 추세를 보이고 있음을 알 수 있다(소방방재청 2011). 이는 성장위주의 경제산업 정책에 따른 소방대상물의 급격한 증가와 경제발전 우선에 의한 안전의식 소홀 및 에너지 사용증가등 다양한 화재유발

인자의 발생에 기인한 것으로 분석되고 있다.

특히, 많은 사람들이 이용하는 다중이용시설에서의 화재는 자칫 대형사고를 유발할 수 있는 위험성을 내포하고 있어 이에 대한 대비가 매우 중요하다. “다중이용업”이란 불특정 다수인이 이용하는 영업중 화재등 재난 발생시 생명, 신체, 재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 것으로서 대통령령이 정하는营业을 말한다(다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 2조 1항). 세부적으로는 일반음식점, 노래연습장, 단란주점등이 이에 해당한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 2011년 다중이용업소의 화재발생건수는 노래연습장업이 197건으로 전체의 28.6%를 차지하고 있으며, 사망은 노래연습장과 유사한

*교신저자. 정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구센터 수석연구원(Tel: +82-31-369-0516, Fax: +82-31-369-0540, E-mail: yhyoo@kict.re.kr)

Corresponding Author. Member. Senior Researcher, Fire Research Center, Korea Institute of Construction Technology

**삼성화재해상보험 방재연구소 수석연구원

Member. Senior Professional, Samsung Loss Control Center

***서울시립대학교 대학원 재난과학과 박사과정

Ph.D Candidate, University of Seoul Graduate School

Table 1. The status of fire damage per decade

구분	발생 (건)	재산피해 (백 만 원)
연평균	39,173	217,057
증감율	4.39%	10.5%
2011	43,875	256,548
2010	41,863	266,776
2009	47,318	251,852
2008	49,631	383,142
2007	47,882	248,417
2006	31,778	150,792
2005	32,340	171,374
2004	31,737	146,634
2003	31,372	151,590
2002	32,966	143,447

Fig. 1. Multi-use establishment number of fires (2011)

단란주점에서 2명이 발생하여 큰 사회적 이슈로 떠오르고 있다(소방방재청 2011).

본 연구에서는 이러한 다중이용시설에서의 화재 위험성 분석을 위하여 재건축이 진행중인 지역의 실제 노래방을 대상으로 실규모 화재실험을 수행하였다.

2. 화재사고 사례

다중이용업소중 우리 사회에 급속히 퍼져 있는 노래방은 화재 안전의 사각지대로 평가되고 있으며, 표 2와 같이 매년 반복되는 화재피해를 주고 있다.

특히 지난 5월에 발생한 부산 노래주점 화재사고는 총 9명

Table 2. The status of Karaoke fire and injury

일시	화재사고	인명피해
2012년 5월	부산 부전동	사망 9명, 부상 5명
2012년 3월	강원 춘천 운교동	일가족 3명 질식/부상
2011년 12월	전북 전주 중앙동	사망 2명, 부상 3명
2011년 7월	경기 이천 창천동	중상1명
2009년 1월	부산 남항동	사망 8명
2008년 9월	서울 북창동	사망 1명
2007년 12월	광주 금호동	사망 1명, 부상 1명
2006년 7월	전남 여수 여서동	사망 4명, 부상 8명

의 사상자를 발생시켜 다중이용업소의 화재 위험성을 다시 한번 부각시켜 주었다. 부산 노래방 화재사고를 분석한 결과 종업원의 초기대응 부실과 함께 미로 같은 비좁은 복도 및 이용자들의 피난활동이 이루어지기도 전에 연기가 전체 실내로 퍼지면서 질식의 피해가 컸던 것으로 분석되고 있다. 또한, 대부분의 노래방이 지하에 위치하거나 혹은 지상에 있더라도 무창층의 밀실 구조를 가지는 구조적 특성상 연기에 의한 질식사고의 위험성은 매우 크다고 하겠다. 또한 개정되는 소방법의 소급적용이 이루어지지 않아 스프링클러등의 화재 확대 방지 설비가 설치되지 않는 등 관련 법적 규제에서 비껴 나갈 수 있는 제도적 문제점도 내포하고 있어 대형 화재에 무방비로 노출될 수 있다.

3. 노래방 실물화재실험

3.1 실험개요

본 연구에서는 실제 노래방과 같이 격벽으로 구분되어 있는 단위 공간 형태에서 화재시 화염 확산 및 연기 확산을 검토하기 위하여 철거 예정중인 재건축 지역의 노래방을 실험 대상으로 선정하였다. 철근 콘크리트조 4층 건물중 2층에 위치한 6개의 룸을 가진 노래방으로 실험기간 및 장소를 요약하면 다음과 같으며, 내부 사진은 그림 2와 같다. 화재가 발생하는 것으로 가정한 화재실은 2.4m×2.5m의 비교적 작은 격식구조로 이루어져 있으며, 화재 발생후 양쪽 방과 중앙 로비로 화재가 확산되는 상황을 측정하였다.

- 일 시 : 2012. 7. 24~ 26
- 위 치 : OO노래연습장(인천 서구 가정동)

Fig. 2. Inside Karaoke

3.2 실험장치

화재 실험에 이용된 계측 장비의 설치도면은 그림 3에 도시하였다. 화재실의 온도 상승을 측정하기 위하여 화재실(Room 5) 및 양옆방(Room 4, Room6) 그리고 중앙 로비에 K-타입 열전대 트리(ThermoCouple Tree)를 설치하였으며, 각

Fig. 3. Karaoke floor plan and location of measuring instruments

Fig. 4. Gas analyzer and gathering system

각 하부에서부터 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, 천정 높이에 열전대를 설치하여 계측 하였다. 화재시 발생되는 연소가스 분석을 위하여 화재실 및 옆방에 연소가스 포집 프루브를 설치하였으며, 연소 분석에는 가스 분석기(servomax)를 이용하였다. 포집된 연소가스는 그림 4에 보이는 냉각기 및 필터링 시스템을 거쳐 가스 분석기로 인입되어 산소 농도 저감율, 일산화탄소 및 이산화탄소 농도등을 측정한다(유용호 외, 2008). 화재시 화염 확대 및 연기 하강등 영상 분석을 위하여 화재실 및 로비등 주요 지점 4개소에 폐쇄회로 TV를 설치하여 분석하였다.

3.3 실험 조건 및 발화원

일반적인 노래방과 유사한 조건에서 실험을 진행하기 위하여 가연물은 모니터, 소파, 테이블등 3종의 가연물로 구성하였다. 내부 마감은 격벽으로 사용된 석고보드 사이에 스티로

노래방의 화재위험성 분석을 위한 실규모 화재 실험

Fig. 5. Origin of fire

폼이 삽입되어 있는 복합 패널 형식으로 구성되어 있다. 개구부 조건은 모든 창문이 닫혀 있고 노래방의 메인 현관문만이 열려있는 조건으로 실험하였다.

또한, 2007년 국가화재분류체계 개편에 의한 발화요인 분류에 의하면 방화와 원인 미상인 경우를 제외한 실화의 원인은 전기적 요인, 기계적원인, 가스 누출등으로 구분하고 있다. 이중 주요 전기적 요인이 24.3%(2011년)로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 나타나고 있다. 특히 노래방의 경우 노래방 기기의 모니터 뒷면에 축적된 먼지에 의한 전기적 결함에 의한 발화가 가장 많은 착화원으로 판정되고 있다(김수영 외 2011). 따라서 본 실험의 발화원은 노래방 기기 뒤쪽의 전기 콘센트 트래킹 화재로 모사하였으며, 그림 5는 발화 장면을 보여주고 있다. 이후 화재는 모니터에 전이되고 이후 출입문을 통하여 복도쪽으로 화염이 분출되어 전체공간으로 화재가 전파된다.

4. 실험결과

4.1 온도 측정 결과

화재실의 온도 측정 결과는 그림 6에 나타내었다. 화재 발생후 약 2분 30초가 지난후 화재는 급격한 성장상태를 보이며, 3분후 천장부분의 온도가 700°C를 넘어 실내 최고 온도 827°C까지 상승하게 된다. 이후 지속적으로 성장한 화염은

Fig. 6. Fire room (Room 5) result of temperature measurement

Table 3. The time to reach the temperature over 143°C by height of the fire room

높이	온도
천장	163초
2.0 m	188초
1.5 m	222초
1.0 m	236초

출입구를 통하여 중앙로비로 출화 단계에 이르게 된다. 또한 표 3은 생존한계시간 5분 이하인 공기 온도 143°C 이상에 이르는 시간(황준호외, 2006)을 화재실의 높이별로 비교 하였다. 비교적 좁은 공간인 노래방의 특성상 천장부분의 뜨거운

연층이 하강하는 데에는 불과 163초가 걸렸으며, 특히 호흡선으로 볼 수 있는 1.5 m 지점까지 하강하는 데에는 화재 발생후 약 4분이 소요되지 않아 급격한 화염확산 속도를 보여 주었다. 표 4는 화재 발생후 시간대별 노래방 내부의 CCTV 영상을 보여주고 있다.

그림 7과 그림 8은 화재가 발생한 옆방(Room 6)과 출구 앞쪽의 중앙 로비의 온도 측정 결과이다. 화재실 옆방의 경우 화재 발생후 약 4분이 지나면서부터 온도가 상승하기 시작하여 약 9분이 경과한 후에야 97°C를 나타내었다.

이는 내부 격벽 및 천장부분이 모두 석고보드로 구성되어 있어 직접적인 화염 확산을 방지 할 수 있었기 때문인 것으로 분석된다.

Table 4. CCTV inside the Karaoke according to the time line

시간	화재실(Room 5)	화재실 옆방(Room 6)	복도	중앙로비
실험전
2분
3분
3분 30초

Fig. 7. Result of temperature in the next Room(Rm 6)

Fig. 8. Result of temperature in the main Lobby

그러나 로비의 경우 화재실의 출입문을 통한 직접적인 화염 출화가 이루어졌기 때문에 화재실의 성장과 유사한 3분여가 지나면서 온도가 상승하기 시작하며 4분 30초 즈음에 천장부에서 500°C 이상 측정되었으며 이후 화재실의 출화에 의한 지속적인 화재성장을 계속하여 최고 온도 1,075°C까지 화재가 성장하는 현상을 보였다.

4.2 연기 측정 결과

그림 9과 그림 10은 화재가 발생한 방 내부의 산소농도와 일산화탄소 농도를 나타내고 있다. 온도 측정결과와 유사한 형태로 화재 발생후 약 4분후 산소농도는 최소값인 13.99%로 측정되었으며 일산화탄소는 최대값인 0.58%(5,800 ppm) 측정 되었다.

또한 그림 11과 그림 12에 도시된 화재실 옆방의 경우 산소농도 11.49%, 일산화탄소 1.03%(10,300 ppm)으로 측정되었다. 이는 표 5와 표 6에 나타난 산소 및 일산화탄소 농도에 따른 인간의 반응(Richard 외, 1997)과 비교하여 볼 때 산소 결핍에 의한 구토증상이 발생할 수 있으며, 일산화탄소 중독에 의해서는 불과 1~2분 만에 의식불명에 이를 수 있는 매우 맹독성을 보이는 수치이다. 또한 화재실과 옆방의 일산화탄소 농도 최대치에 도달하는 시간은 약 180초의 시간차를

보이며, 화재실 옆방의 일산화탄소 상승 시간도 185초를 나타내고 있다. 화재실의 유독성 연기가 옆방으로 확산할 경우, 방음벽등 내부 마감재료의 불완전 연소에 의해 발생된 일산화탄소

Table 5. Human reaction according to the O₂ concentration

산소농도 (%)	허용시간	영향
21~17	-	호흡량감소, 생각하기 어려움
17~14	2시간	빠른 심장박동, 어지러움증
14~11	30분	매시꺼움, 구토, 마비
9	5분	의식불명
6	1~2분	사망

Table 6. Human reaction according to the concentration of CO

일산화탄소농도 (ppm)	허용시간 (분)	영향
200	120~180	약간의 두통
800	45	약간의 두통
3,200	10~15	어지러움증
3,200	30	사망가능성
6,900	1~2	어지러움증
12,800	0.1(2~3회 호흡)	의식불명
12,800	1~3	사망

Fig. 9. Results of Oxygen concentration in fire room

Fig. 10. Results of Carbon Monoxide concentration in fire room

Fig. 11. Result of the Oxygen concentration in the next room(Room 6)

Fig. 12. Result of the Carbon Monoxide concentration in the next room(Room 6)

Table 7. Result of Karaoke noise level measurement

구 분	최대 소음치(dB)
측정 1	108.8
측정 2	112.8
측정 3	102.8
측정 4	101.5

주) 테이블높이(0.8 m)에서 측정한 소음도이며, 높이가 올라갈수록 소음도가 증가

화탄소에 의한 질식사는 약 3분 이내에 발생할 수 있음을 보여준다.

4.3 소음 및 화재경보

화재실험결과 급격한 온도상승과 유독가스를 포함한 연기는 화재발생 후 5분 이내에 재실자에게 위험을 초래할 수 있다. 이는 노래방 화재시 신속한 초기대응이 필요하며, 이를 위한 화재경보장치가 매우 중요함을 보여준다. 이를 위하여 노래방에서 화재시 경보음의 인식정도를 파악하기 위하여 소음도를 측정하였으며 그 결과를 표 7에 나타내었다. 소음측정기를 노래방 중앙 테이블에 올려놓은 상태로 4종류의 노래를 불러 측정한 소음도는 101.5~112.7 dB로 측정되었다. 일반적으로 단독형 감지기는 약 80~90 dB의 음량을 가지므로 알려져 있으므로, 위 결과를 고찰하여 불 때 경보음을 인지하는데에는 한계를 가질 것으로 예상된다. 또한 기존 업소의 경우 단독형 감지기 등을 각각의 방에 설치하여 화재경보를 발생하도록 하고 있어 소음으로 인한 경보기 역할이 제한적일 수 밖에 없으므로 초기 화재 경보를 위한 대책 마련이 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 다중이용업소의 화재위험성 분석을 위하여 실규모의 노래방 화재실험을 실시하였으며, 이를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 화재발생 2분 30초후부터 급격한 화재성장이 발생하였으며, 화재실의 경우 5분 이내에 800°C 이상을 나타내었다. 대부분의 화염확산은 출입문을 통하여 급격하게 발생하였으며 옆방으로의 화염확산은 출구를 통한 화염확산에 비하여 크지 않았다.

- 그러나 방사이의 방음재등 내부마감재료의 불완전연소에 의하여 발생한 일산화탄소의 경우 화재실보다 옆방에서 보다 크게 측정되었으며, 그 시간간격도 약 3분에 지나지 않아 매우 짧은 시간에 가스 질식에 의한 피해를 줄 수 있음을 확인하였다.

- 노래방의 소음도를 측정한 결과 단독형 경보기의 음량보다 20~30 dB 이상으로 측정되어 화재시 재실자들이 경보기 작동에 의하여 화재를 인지하기에는 큰 어려움이 따를 것으로 판단되었다.

노래방등 다중이용업소는 화재에 대비한 특별한 시설을 설치하도록 의무화되어 있다. 특히 지난 5월 화재사고이후 더욱 강화되어 영상음향차단장치가 설치된 업소에 대한 자동화 채담지 설치 의무화, 구획된 실의 출입문 및 의자등의 방염 처리 의무화, 비상구 폐쇄, 훼손, 변경등의 과태료 부과, 피난 유도선의 설치 등을 의무화하는등 강화된 법령으로 입법예고되어 시행령이 공포되면 바로 들어간다. 하지만, 문제는 신규 업소의 경우 신법 적용을 받게 되지만 기존 업소의 경우 소급적용이 되지 않아 현재의 위험을 그대로 내포하게 되는 맹점이 있다. 따라서 급격한 화재확산 및 유독가스에 노출이 예상되는 다중이용시설의 경우 화재시 5분이내의 초동대처와 함께 현행 법규에서 요구하는 최소한의 기준을 철저히 유지하는 법적 규제가 중요하다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(표준화재 모델에 따른 화재확산 방지 및 피난안전설계 기술 개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Hwang, J.H., Yoon, C.G., Kim, U.H. and Lee, S.C. (2006) A User's Guide for FAST : Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport, DongHwaTechnology Publishing, pp. 290.
- Kim, S.Y. and Kim, E.S. (2011) Study on the test laboratory for the Cause Investigation of Fire, *Proceedings of 2011 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 120-123.
- National Emergency Management Agency (2011) Fire Statistical Yearbook.
- Richard, L.P. Custer, Brian J. Meacham (1997) Introduction to Performance Based Fire Safety, *NFPA*, pp. 177-178.
- Yoo, Y.H., Kim, H.Y. and Shin, H.J. (2008) The Study of Development and Calibration for the Real Scale Fire Test Facility, *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 22. No. 3., pp. 37-44.

◎ 논문접수일 : 2012년 09월 20일

◎ 심사의뢰일 : 2012년 09월 24일

◎ 심사완료일 : 2012년 10월 09일