B-6

터널에서의 화재 감지기 성능 평가를 위한 실물화재실험

권오상* · 유용호** · 김흥열**
서울시립대학교* · 한국건설기술연구원**

The Real Scale Fire Test in Tunnel for Fire Detector Performance Evaluation

Oh-Sang Kweon* · Yong-Ho Yoo** · Heung-Youl Kim**
UOS* · KICT**

요 약

본 연구에서는 터널 내부에서의 화재 사고 시 화재를 자동으로 조기 발견 경보하여 화재 초기에 대응력을 확보시킬 수 있게 하는 화재 감지기의 성능 평가를 위해 터널 내부에서의 실물 화재 실험을 실시하였다. 실물화재실험은 일반적으로 도로 터널에 적용 중인 공기관식, 반도체식 감지기를 대상으로 "도로터널 방재시설 설치지침(2004, 건설교통부)"의 터널 내부의 화재 감지기 성능 실험 기준에 따라 메탄올을 이용한 풀버너와 소형 승용차를 이용하였다. 실험결과 메탄올 풀화재(단면적 $4m^2$)의 경우 약 36초 안에 모두 화재를 감지하였으며, 실물자동차화재실험의 경우는 1분 이내에 모두 화재를 감지하는 결과를 나타내었다.

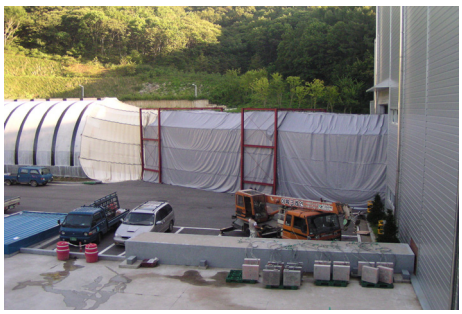
1. 서론

터널에서의 화재 감지기는 화재를 자동으로 조기 발견 경보하여 화재 초기에 대응력을 확보하기 위해 설치되며, 화재시 발생되는 열, 연기, 적외선 또는 화염 등을 이용하여 전자신호로 화재를 감지하고 벨 또는 싸이렌 등 각종 경보 장치를 통하여 경보를 발령하여 초기 소화, 조기 피난을 가능케 한다. 화재 감지기는 검출 원리에 따라 열식과 연기식 및 화염식으로 대별하며, 열감지기는 기능상 차동식, 정온식, 보 상식으로 나눈다. 본 연구에서는 차동식 감지기 중에서 공기관식, 반도체식 감지기를 대상으로 메탄올 풀화재(단면적 $4m^2$)와 실물자동차화재실험을 실시하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 터널 내부에서 메탄올을 이용한 풀버너 화재와 실물차량에 의한 화재를

모사하여 감지기의 성능평가를 실시하고자 하였으며, 실물화재실험은 그림 1에 나타나 있는 한국건설기술연구원 터널 실물 실험동에서 실시하였다. 터널 실험동의 제원은 11.5m(W)×7.0m(H)×40m(L)이며, 실험시 연기 등을 집진설비로 유도 및 터널의 길이를 연장하기 위하여 터널 실험동과 연결 관로를 설치하여 터널의 총 길이를 75m로 연장하였다.



터널 관로 연장 (외부)

터널 관로 연장 (내부)

그림 1. 터널 실험동

실험은 표 1에 제시하고 있는 "도로터널 방재시설 설치지침(2004, 건설교통부)"에서 제시되고 있는 시험법을 준용하여 실험을 진행하였으며, 시험법에 의한 터널 내부의 유속은 그림 2에 나타낸 제트팬 & Multi deck 형식의 산업용 선풍기(40대)를 이용하여 제작한 풍속 발생장치를 통해 확보하고자 하였다.

표 1. 국내 터널 화재감지기 성능 시험법

터널내 유속조건	화재감지시간	화재하중
3 m/sec	1분 이내	1.5 MW (면적 2m^{2}에서 10리터의 알코 화재에 상응)

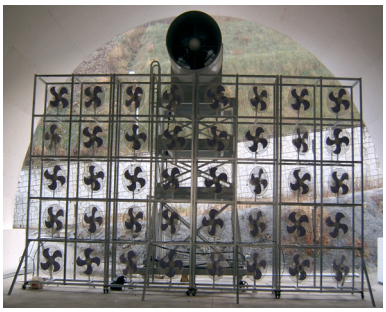
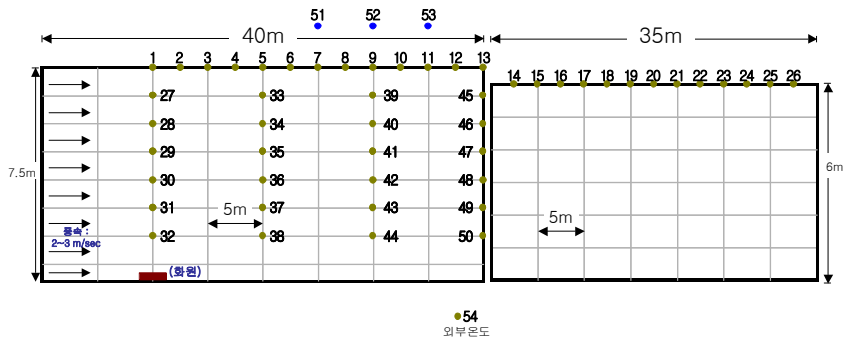


그림 2. 멀티덱 형식의 유량 발생장치

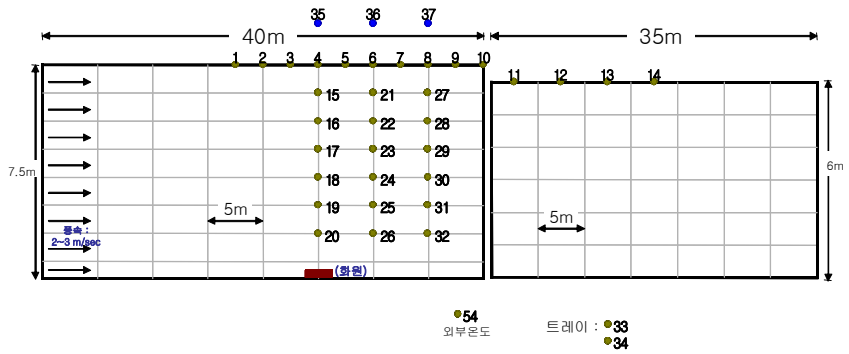
풀버너와 실물차량은 터널 입구로부터 10m, 25m 지점에 위치하고 터널 천정부에는 공기관식, 반도체식 감지기의 화재 감지기를 설치하여 실험을 실시하였으며, 표 2에 실험방법을 나타내었다. 터널 내부의 감지기 설치기준은 현재 각 감지기별 운영 감지감도에 대한 명확한 기준이 제시되고 있지 않으므로 각 감지기 회사의 자체적인 터널 실치 기준을 준용하였다. 또한, 터널 천정부에 2.5m 간격으로 열전대를 설치하여 터널의 온도 변화를 측정하도록 설치하였으며, 화원의 직상부를 포함하여 1m 간격으로 온도측정 센서를 수직으로 설치하여 터널내 수직 온도 분포를 측정하였다. 그림 3에는 메탄올 풀화재 실험과 실물차량 실물화재 실험에서의 터널 내부의 열전대 설치 위치를 나타내고 있다.

표 2. 화재감지기 실험방법

구분	감지기 형식	화재조건	비고
Case 1.	A Type	단면적 4m^{2}의 메탄올 풀화재	about 1,500kW
	B Type		
Case 2.	A Type	실물차량화재	소형자동차(소나타)
	B Type		



<열전대 위치도 - 메탄올 풀화재 실험>



<열전대 위치도 - 실물차량화재실험>

그림 3. 화재감지기 실물 실험 개요도

3. 실험결과

실험 조건에 따라 터널 내부의 유속을 3m/sec을 유지하기 위하여 그림 4와 같이 터널 천정으로부터 수직으로 1m 간격으로 6 지점의 유속을 측정할 수 있는 장치를 터널 중앙을 따라서 10m 간격으로 3개소와 40m 지점의 단면 방향 3 개소에 유속을 측정하였다. 실험결과는 그림 5에 보이는 바와 같이 평균 유속이 3m/sec로 유지되었다.

그림 4. 터널 기류측정(높이 1m 간격)

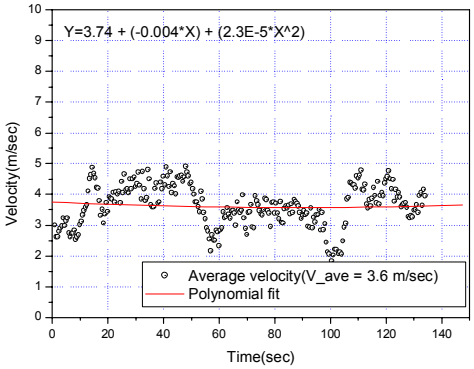


그림 5. 유속 측정 결과

메탄올 풀화재의 경우(case 1.) 표 3에 정리된 바와 같이 실험에 적용된 2타입 모두 화재 후 14~48초 사이에서 화재를 감지하였으며, 이는 기준인 60초 이내를 만족하는 결과이다. 온도 분포 결과는 그림 6, 그림 7에 보이는 바와 같이 화원 상부의 경우 250℃까지 증가함을 보였다. 또한, 실물자동차화재실험(3MW 추정)의 경우 표 4에서 보이는 바와 같이 화재 후 22~47초 사이에서 화재를 감지하는 결과를 보여주어 모두 화재감지기의 성능 평가 기준인 1분 이내에 감지하는 결과를 나타내었다. 그림 8과 그림 9의 온도 측정 결과는 자동차 실물 화재 시 화재 상부에서는 480℃이상의 최고 온도를 나타내었으며 화재 지점으로부터 20m 이내까지는 급격한 온도 상승이 측정되었다.

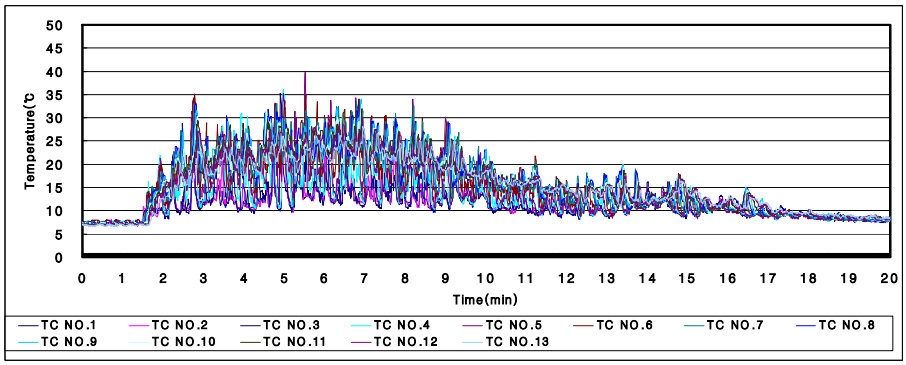


그림 6. 터널 천장부 온도변화(Case 1.)

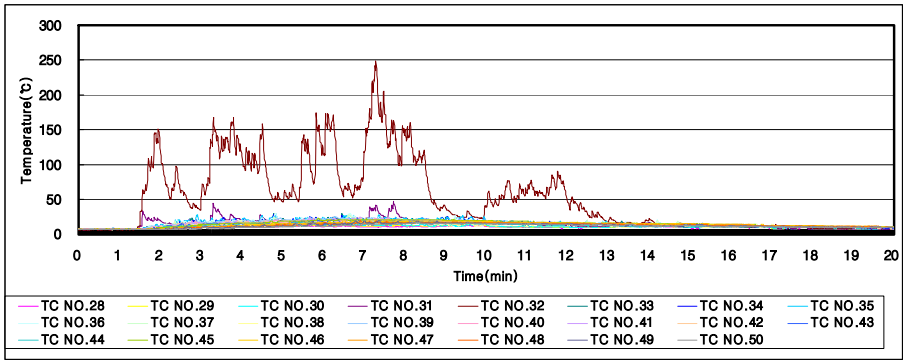


그림 7. 터널 내부 온도변화(Case 1.)

표 3. 감지기 성능실험결과(Case 1.)

감지기명		감지시간	비고
A 타입		36 sec	메탄올 4m^{2}의 풀화재
B 타입	B-1	14 sec	
	B-2	30 sec	

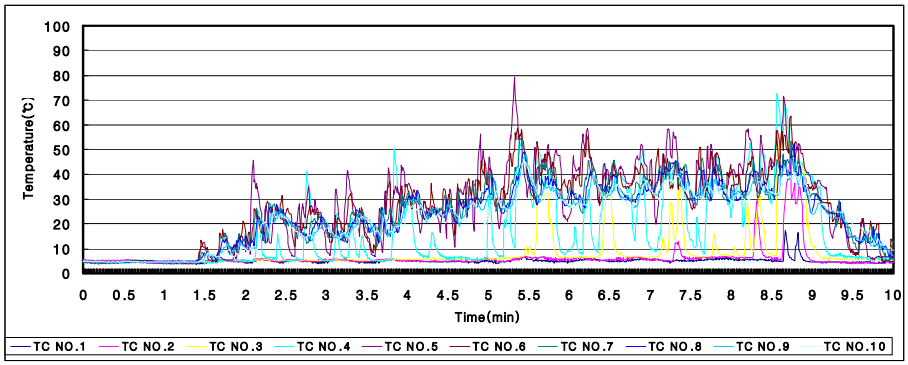


그림 8. 터널 천장부 온도변화(Case 2.)

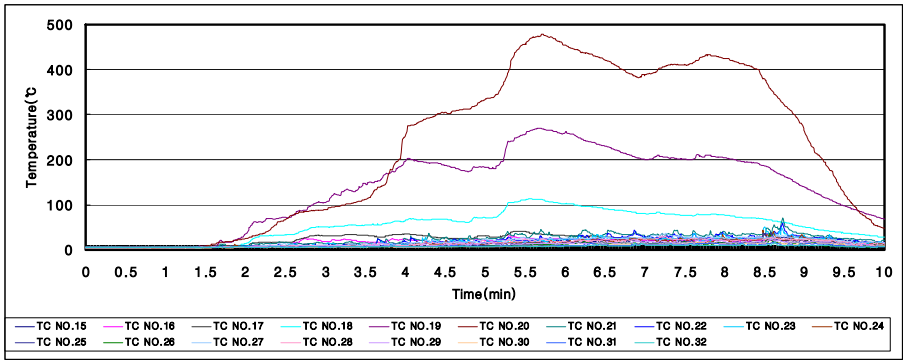


그림 9. 터널 내부 온도변화(Case 2.)

표 4. 감지기 성능실험결과(Case 2.)

감지기명		감지시간	비고
A 타입		43 sec	자동차실물화재실험
B 타입	B-1	47 sec	
	B-2	22 sec	

4. 결 론

본 연구에서는 터널 내부에서의 화재 사고 시 화재를 자동으로 조기 발견 경보하여 화재 초기에 대응력을 확보시킬 수 있게 하는 공기관식, 반도체식 화재 감지기에 대한 실물화재 성능 실험을 실시하였다. 실험은 메탄올을 이용한 단면적 $4m^2$의 풀버너와 실물차량에 대해 화재실험을 진행하였으며, 실험결과 현행 기준에서 1분 이내에 정상적으로 작동하는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 2010 한국건설기술연구원 기본사업 "표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발"의 지원으로 이루어졌으며, 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 건설교통부, 도로터널 방재시설 설치지침, 2004
2. 유용호, 김홍열, 신현준(2008), " 실대형화재평가장치의 개발 및 안전화에 관한 연구", 한국화재소방학회논문지, 제22권 제1호
3. V. Babrauskas, S.J. Grayson(1992), Heat Release in Fires, Elsevier