

철도차량에서 화재감지기 종류에 따른 감지특성 비교

조희기, 박재만, 이택구, 이성모, 이덕희*
SH 엔지니어링, *한국철도기술연구원

Comparison of the Fire Detectors in the Railroad Vehicles

Hee-Ki Cho, Jae-Man Park, Taick-Koo Lee, Sung-Mo Lee,
Duck-Hee Lee*
SH Engineering, *Korea Railroad Research Institute

1. 서 론

2003년 대구지하철 화재사고를 통하여 철도차량에서 화재발생시 화재감지와 진압에 있어 많은 문제점이 도출되었으며, 특히 화재의 조기감지와 대처가 이루어 지지 않을 경우 인명피해가 많이 발생한다는 사실을 알게 되었다. 이는 철도차량의 특성상 차량의 내부공간이 밀폐되고 협소하다는 점과 환기 및 피난이 용이하지 않은 지하공간에서 운행된다는 점 때문에 화재가 발생하면 대규모 인명피해를 유발하게 되는 것이다.¹⁾

따라서 철도차량에서 화재발생에 따른 피해를 최소화하기 위하여 화재 조기 감지가 필요하고, 화재 조기 감지를 통해 안전을 위한 피난시간확보와 조기진압과 같은 대처가 이루어 질 수 있다.

본 연구에서는 철도차량에서 화재감지기 종류에 따른 감지시간을 화재시물레이션 프로그램(FDS)을 이용하여 비교하고자 한다. 화재감지기 종류로는 공기흡입형감지기(감지농도: 0.05 obs%/m), 연기감지기(감지농도: 10 obs%/m), 열감지기(감지온도: 65 ℃)를 설정하였다. 또한 화재강도에 따른 감지 시간을 비교하기 위하여 발열량을 50kW/m², 5 kW/m²로 화염설정을 변화시켰다. 그리고 화염의 위치에 따른 감지 시간을 분석하기 위하여 철도차량의 중간과 측면에서 화재가 발생하도록 설정하였다.

2. 본 론

2.1 화재분석프로그램

철도차량에서 화재 시 발생하는 열적 거동과 변수들을 분석하기 위한 프로그램으로 미국 국립표준연구소(NIST-National Institute of Standard and Technology)에서 개발한 Computational Fluid Dynamics Model인 FDS(Fire Dynamics Simulator) version 4.0.5를 이용하였다. 이 프로그램은 열적거동을 Navier-Stock 식에 의하여 수치해석을 하는 화재전용 시물레이션 프로그램이다.²⁾

2.2 화재 시나리오 설정

2.2.1 지하철도차량

철도차량은 현재 운행 중인 서울의 지하철을 모델로 하여 내부크기가 길이 19.2m이고, 폭 2.6m, 높이 3.2m로 실제 크기와 유사하게 설정하였다. 기차내부의 공기순환은 이루어 지지 않는다고 가정하였다.

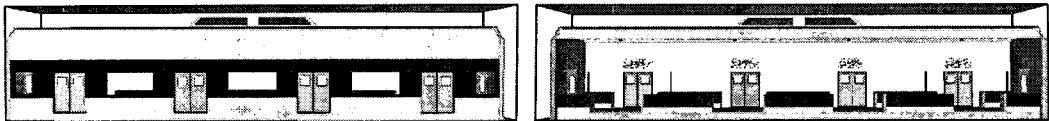


Figure 1. Railroad Vehicles by using an FDS

2.2.2 감지기 종류

화재감지기 종류에 따른 감지시간을 비교하기 위하여 세 종류의 화재감지기를 설정하였으며, 각 감지기의 종류 및 특징을 Table 1에 나타내었다. 열감지기는 정온식 스포트형 감지기로 작동온도를 65℃로 설정하였으며, 연기감지기는 광전식 연기감지기로 작동 농도를 10 obs%/m로 설정하였다. 또한 공기흡입형감지기(VESDA®)는 연기를 배관의 샘플링 구멍을 통하여 흡입하여 이동하는 방식으로 작동 농도를 0.05 obs%/m로 설정하였으며, 흡입된 연기가 감지기 헤드로 유입되는 시간은 공기흡입형감지기 전용 배관 설계프로그램(Aspire2)을 이용하여 15초로 설정하였다.

Table 1. Property of Fire Detectors

Detector	Heat Detector	Spot-Type Smoke Detector	Air Sampling-Type Smoke Detector
Detection Target	Temperature	Smoke Density	Smoke Density
Working Condition	65℃	10 obs%/m	0.05 obs%/m
Note			Smoke Transfer Times : 15초

감지기의 위치는 Figure 2와 같이 지하철도차량에서 높이 3.2m, 감지기간 거리 4.8m로 실제 차량에 설치된 연기감지기와 유사하게 구성하였다.

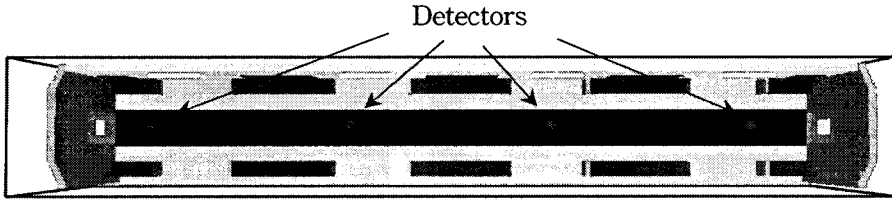


Figure 2. Setting Position of Fire Detectors

2.2.3 화염의 크기 및 위치

화재강도에 따른 감지특성을 분석하기 위하여 화염의 크기를 변화시켰다. 화염 크기는 각 발열량이 50kW/m², 5kW/m²로 설정하였으며, 5초에 설정 발열량에 도달하고 70초까지 유지하도록 하였다.

또한 화원을 가솔린으로 설정하였고, 화원의 크기는 가로 20cm, 세로 20cm, 높이 10cm로 철도차량의 시트에 설정하였으며, 철도차량의 중간과 측면에서 화재가 발생하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 감지기 종류에 따른 감지시간 비교

화재시물레이션에 의한 철도차량에서의 감지시간은 Table 2에 나타내었다. Table 2를 보면 화염크기가 50kW/m²에서 열감지기의 감지시간이 600초 이상으로 감지시간이 오래 걸린다는 것을 알 수 있다. 반면 공기흡입형감지기는 감지시간이 27초이고, 연기감지기의 감지시간은 291초이다. 따라서 공기흡입형감지기의 감지시간이 가장 빠르다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 화염의 발열량이 50kW/m²과 같은 작은 화재일 경우, 열감지기는 발열량이 작아 화염이 전파되어 화재가 확산되기 전까지는 화재를 감지할 수 없다. 그러나 공기흡입형감지기와 연기감지기의 경우 발열량을 감지하기 때문에 화재가 확산되기 전에 미리 화재를 감지할 수 있다. 하지만 공기흡입형감지기와 연기감지기의 감지시간을 비교해 보면 200초 이상의 차이를 보이며 공기흡입형감지기의 감지시간이 빠른 것을 알 수 있다.

따라서 공기흡입형감지기를 철도차량에 적용하면 화재를 조기 감지하여 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

Table 2. Comparison of the Fire Detection Times

Detector	Detection Times (sec)			
	50 kW/m ²		5 kW/m ²	
	Center	Side	Center	Side
Heat Detector	above 600	above 600	above 600	above 600
Spot-Type Smoke Detector	291	234	above 600	above 600
Air Sampling-Type Smoke Detector	28	30	30	33

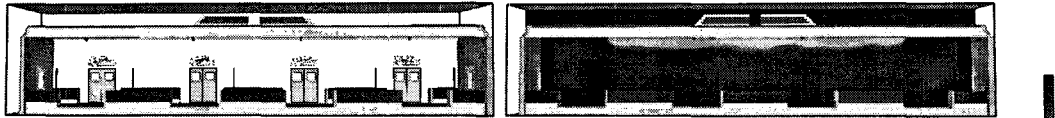


Figure 3. Results of FDS in the HRR 50kW/m² and Detection Times 28sec(Center)

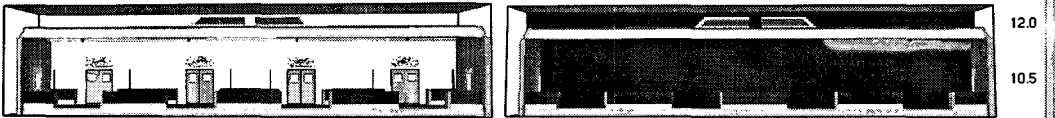


Figure 4. Results of FDS in the HRR 50kW/m² and Detection Times 30sec(Side)



Figure 5. Results of FDS in the HRR 5kW/m² and Detection Times 30sec(Center)



Figure 6. Results of FDS in the HRR 5kW/m² and Detection Times 33sec(Side)

3.2 화염강도와 위치에 따른 영향

국내 철도차량에서 발생하는 화재 중 전기 및 기계적 원인에 의하여 발생한 화재가 92%이다. 전기 및 기계적 원인에 의한 화재의 대부분은 화재 초기에는 화재 크기가 작게 시작되어 화재가 확산하게 된다.³⁾ 따라서 본 연구에서는 전기 및 기계적 원인에 의한 화재로 화염크기를 50kW/m²와 5kW/m²로 설정을 변화시켰다.

Table 2에서 화염강도가 50kW/m²와 5kW/m²를 비교해보면, 연기감지기는 감지시간이 300초 이상 차이를 보이고 있으며, 공기흡입형감지기는 3초정도의 감지시간의 차이를 보이고 있다.

화재 발생 위치에 따른 분석은 Table 2에 나타내었다. 발열량이 50kW/m²일 때, 연기감지기는 화재 발생 위치가 중간과 측면에서 감지시간의 차이가 60초정도 발생하였으며, 공기흡입형감지기는 3초의 차이를 보이고 있다. 이는 중간에 발생한 연기가 천장에서 양쪽방향으로 확산하기 때문에 측면에서 발생하여 한쪽방향으로 확산되는 연기농도보다 작게 되어 감지농도가 높은 연기감지기(10obs%/m)의 경우 감지시간이 늦어지기 된다. 따라서 연기감지기의 경우 화염 위치에 따른 영향을 받는 반면 공기흡입형감지기의 경우 감지농도가 작아 화염 위치에 따른 영향을 거의 받지 않는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

일반적으로 화재발생시 높은 수준의 안전성을 확보하기 위해서는 피난에 필요한 시간(RSET)이 허용가능 피난시간(ASET)보다 작아야 한다. 피난에 필요한 시간은 피난 인원의 특성과 피난경로의 효율성, 안전구역까지의 거리에 영향을 받게 되며, 허용가능 피난시간은 화염전파속도와 플래시오버 도달시간, 연기층 하강 시간 등에 영향을 받게 된다. 특히 철도차량에서 화재발생시 폐쇄된 지하공간과 환기와 피난이 용이하지 않기 때문에 일반 건물화재보다 피난에 필요한 시간(RSET)이 증가하게 되어 피해가 커지게 된다. 따라서 철도차량에서 화재 발생에 따른 피해를 최소화하기 위하여 화재의 조기 감지가 필요하다.

본 연구에서는 철도차량에서 화재감지기 종류와 화재강도, 화재위치에 따른 감지시간을 비교하였다.

- 1) 전기 및 기계적 원인에 의한 화재발생과 같이 화재강도가 작은 경우 공기흡입형감지기의 감지시간이 빠른 것을 알 수 있다.
- 2) 철도차량에서 화재발생 위치가 중간일 경우 천장에서 연기가 양쪽으로 확산되기 때문에 측면에서 발생한 화재보다 연기농도가 낮아 연기감지기의 경우 감지시간이 60초 이상 늦어지는 반면, 공기흡입형감지기는 감지시간의 차이가 거의 발생하지 않았다.

따라서 철도차량에서 발생하는 화재의 대부분인 전기적 및 기계적 원인에 의한 화재, 즉 초기에 발생하는 연기량이 작기 화재를 감지할 수 있는 감지기가 필요하다. 본 연구에서는 화재시물레이션을 이용하여 철도차량에 공기흡입형감지기가 적합하다고 판단된다.

5. 참고문헌

1. 조희기, 이덕희, 이철규, 백민, 정병철 (2005) Glass fiber cross-Al foil 차단막 두께에 따른 고발포포단열재 연소특성“, 춘계논문집, 한국화재소방학회, pp. 293-298
2. Kevin McGrattan, Glenn Forney, "Fire Dynamic Simulator(Version 4) Technical Reference", NIST Special Publication 1019(2006)
3. 한국철도기술연구원, "철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발", 철도종합안전기술개발사업 보고서(2006)
4. Ming He, Yun Jiang, "Very Early Warning and Reliable Fire Detection in Fire Engineered Commercial Buildings"Conference on the Development of Performance Based Fire Code(2005)