



# 도로터널에서의 화재성상 예측을 위한 축소모형실험 및 MLZ모델 분석에 관한 연구

한정철 · 이주희 · 권영진  
호서대학교

## A Study on the Model Experiment and MLZ Model Analysis for Predicting Fire Behavior in Road Tunnel

Han, Jung Chul · Lee, Ju Hee · Kwon, Young Jin  
HOSEO Univ

### 요 약

본 연구는 MLZ을 활용<sup>1)2)</sup>하여 도로터널의 다양한 화재시나리오별 화재성상예측을 목적으로 1/20 Scale 모형실험을 통하여 소형차, 버스화재 시 FAN의 작동·비작동, 소형차 2대 직렬·병렬화재, 소형차 2대+버스 혼합 화재실험을 바탕으로 FAN작동시 배기구 방향으로 고온의 열기층이 생성됨을 확인하였다. 축소모형실험과 MLZ 해석 결과를 비교하여 화원으로부터의 약 20m 정도의 이격거리부분 온도가 유사하게 나타났고, 시간별 온도분포를 확인한 결과 플래시오버 이전단계에 피난계획을 세우는 단계에서 예측이 가능했다.

### 1. 서 론

최근 산업발전에 따른 교통량 및 물류수송량이 증가되고 있다. 그에 따라서 교통시설 확충 사업으로 인하여, 도로터널이 점차 증가하고, 또한 장대화가 되는 추세이다. 도로터널이 증가함에 따라 화재 사례 및 화재 원인도 다양해지고 있다. 이와 같이 증가하는 도로터널의 화재 위험성 때문에 화재성상 예측방법에 대한 연구가 국내외에 진행되었으며, 2009년 에는 정량적 위험도 평가(QRA)의 도입으로 더욱 활발히 진행되고 있다. QRA 평가단계 중 화재해석 결과는 사상자수 추정에 영향을 미치므로 일반사항을 고려함을 원칙으로 하며, 기술적·통계적인 방법에 의해서 신뢰성을 확보한 기술 자료를 적용해야 한다<sup>3)</sup>.

따라서 본 연구는 QRA의 단계별 평가 중 화재사고의 시나리오 작성과 화재해석을 위하여 화재강도 및 FAN의 작동유무에 따른 1/20 Scale모형실험을 실시한 후 MLZ과 비교·분석하고, MLZ검증을 통하여 다양한 도로터널 화재시나리오에 따른 화재성상을 예측하고 Case study함으로서 터널화재위험성평가에 대비한 기초적 자료로 제시하는데 그 목적이 있다.

## 2. 1/20 Scale 모형실험

모형실험은 2011년 10월 30일 호서대학교 공대 주차장 부근에서 실시하였다. 크기 1000×500×500mm, 두께 10mm의 직사각형 모형터널 8개를 직렬 연결한 직사각형이며 정면의 한 면은 내부 관찰이 용이하도록 내열유리로, 다른 3면은 나무합판으로 제작하여 실험하였다.

화원은 모형터널 좌측으로부터 4500mm 지점을 중심으로 설치하였고, 가연물은 가솔린을 사용하였으며 용기 및 시험체의 구조는 Figure 1에 나타내었다. Table 1에 나타낸바와 같이 소형용기의 FAN작동여부, 소형용기의 배치, 대형용기, 용기들의 혼합으로 구분하여 실험을 실시하였다.

Table 1. Initial Conditions by Case

Case No.	가연물 용기	배기 팬의 작동 여부	가솔린의 양	용기 배치
1	소형	×	50ml	-
2		○	50ml	
3	소형×2	×	100ml	직렬
4			100ml	병렬
5	대형	○	100ml	-
6		×	100ml	
7			200ml	
8	소형×2 + 대형	×	300ml	혼합

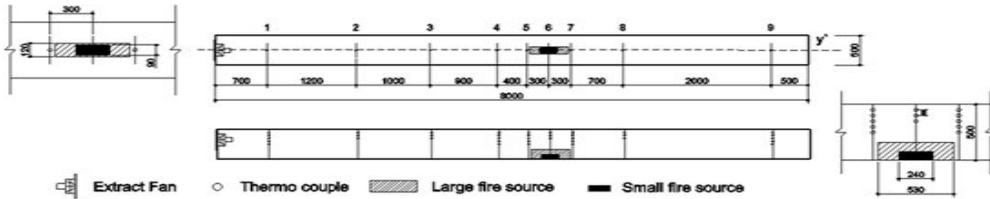


Figure 1. 1/20 Scale Model Tunnel for Setting

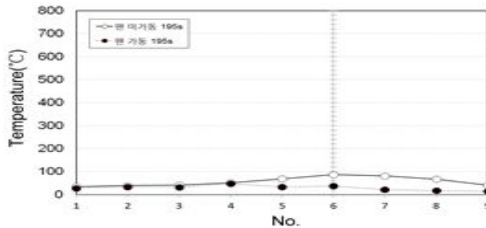


Figure 2. Experimental Results for Small Containers

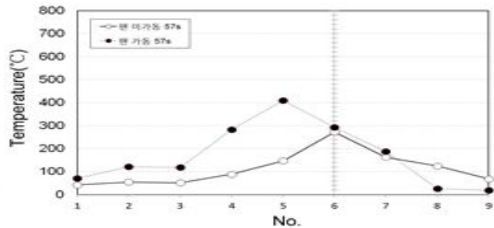


Figure 3. Experimental Results for Large Containers

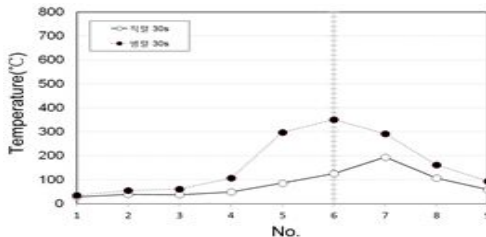


Figure 4. Serial and Parallel Batch Experimental Results

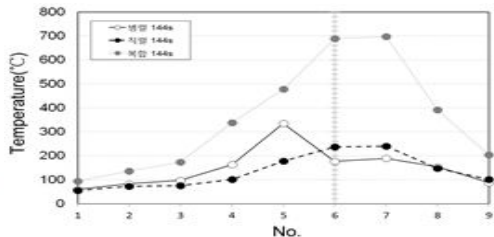


Figure 5. Experimental Results Include a Mixed Batch

실험결과 Figure 2를 바탕으로 전반적으로 팬을 가동했을 때의 실험이 가동되지 않았을 때의 실험보다 터널 내부의 온도가 낮은 것을 알 수 있다. 또한 대형차의 경우 Figure 3과 같이 팬 가동 시 온도분포가 팬의 부분으로 치우치는 경향이 나타났는데, 화재의 규모가 커짐으로써 팬의 영향이 소형차에 비하여 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

Figure 4와 같이 소형차 2대를 직렬과 병렬로 배치해 화재온도를 비교한 결과는 병렬 화재 시의 온도가 직렬에 비해 최고 400℃ 정도 높게 측정되었다. 그리고 소형차 2대와 대형차 1대를 혼합하여 배치한 실험결과 Figure 5에 나타낸 바와 같이 소형차 2대만을 배치한 실험과 비교하였을 때 최고 700℃까지 올라가 온도차이가 크게 나타난 것을 볼 수 있는데 이는 가연물 양의 차이에 따라 연소시간 및 화재강도가 더욱 크다는 것을 알 수 있다.

### 3. MLZ 분석

MLZ에 각 Case별 모형실험과 동일한 설정을 하고, 추가적으로 화물차량, 위험물차량의 화재를 재현해보았다. 먼저 소형용기실험과 대형용기실험결과를 MLZ 분석결과와 비교하여 Figure 6, 7과 같이 나타났다. 온도분포를 비교한 결과 소형용기실험과 대형용기실험 모두 약 15~30초 구간에서 비슷한 결과가 도출되었는데, 실제터널 화재 시 화원과의 이격거리 약 20m 지점구간의 화재성장기 부분과 유사한 온도분포결과 도출되었다.

또한 Figure 8소형차 2대의 배치차이에 따른 MLZ결과를 나타냈다. 축소모형실험결과와 마찬가지로 병렬배치일 때 온도분포가 높게 나타나는 것을 확인하였으며, 이는 MLZ 모델로 직렬 및 병렬배치 화재시의 성상을 예측할 수 있을 것으로 판단되는 결과이다.

이를 토대로 각 이격거리에 따른 온도분포를 Figure 9와 같이 비교하였는데, 화재성장단계에서 화재성상예측이 가능하였으며, 온도차이 역시 많은 차이를 보이지 않았다.

축소모형실험과 MLZ결과 비교검증을 바탕으로 화물차량 및 위험물 차량 실험을 재현한 결과 Figure 10, 11과 같이 나타났는데, 특히 위험물차량의 경우는 대형차량화재보다 약 400℃ 높은 결과가 나타났다.

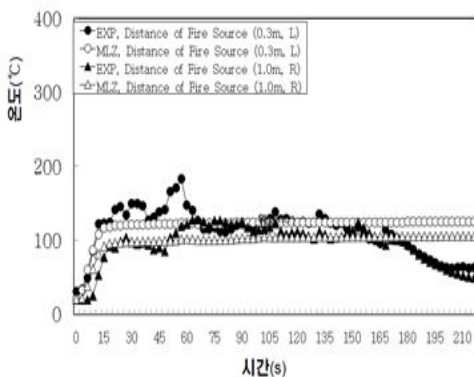


Figure 6. Experimental Results and MLZ Results for Small Containers

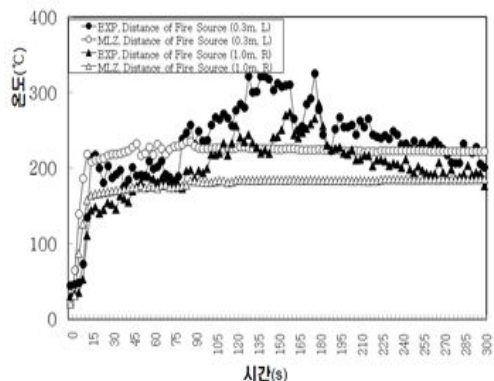


Figure 7. Experimental Results and MLZ Results for Large Containers

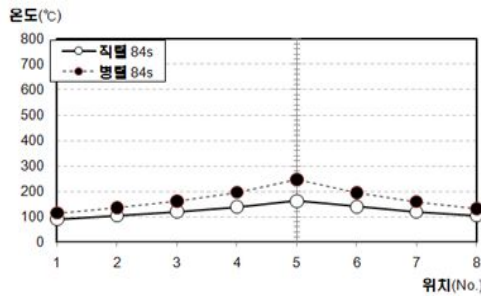


Figure 8. Serial and Parallel Batch Experimental Results

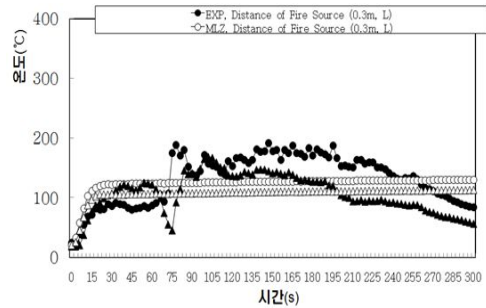


Figure 9. Distance According to the Temperature Distribution (Serial and Parallel Batch)

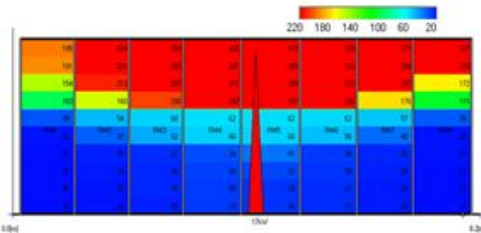


Figure 10. Prediction of the Fire Freight Cars

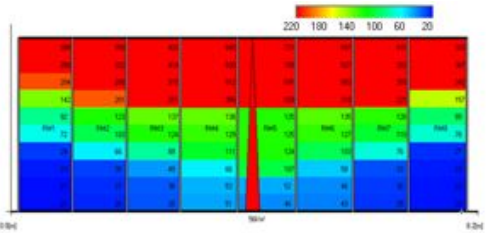


Figure 11. Prediction of the Fire Dangerous Vehicles

#### 4. 결론

도로터널의 화재성상을 예측하기 위하여 화재강도에 따른 FAN의 작동 유·무에 대한 1/20 Scale 모형실험 및 MLZ해석을 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 소형차량 화재 실험에서 FAN 작동과 미작동 실험 결과는 화재의 성장 및 열기층의 생성을 상당량 억제하였으나 대형차량의 경우 연소의 활성화로 배기구 방향으로 고온의 열기층이 생성되어 규모가 커짐으로써 환기영향을 받아 연소가 활성화된 것으로 판단됐다.
- 2) 각 Case별 온도분포에 대하여 비교·분석한 결과 약 20m 정도의 이격거리부분의 온도분포인 5, 8번 측정 위치에서 유사한 온도결과가 나타났으며, 피난 계획을 세우는 단계인 화재성장단계에서 대피해석을 위한 온도분포예측이 가능했다.
- 3) 차량의 직렬 및 병렬배치 연소 시 병렬배치 경우가 실험결과와 동일하게 높은 온도값을 보였으며, 이를 바탕으로 화물차량 및 위험물 수송차량화재를 예측한 결과 대형버스 화재실험과 비교했을 때 약 100~400°C의 온도차를 보였다.

향후 다양한 도로터널화재시나리오에 따른 화재성상분석을 통하여 계속적으로 증가하는 도로터널의 위험성평가에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. SUZUKI Hidekazu, トンネル火災における換気風の影響に関する研究, 京都大學工學部建築學科
2. 한정철, “Zone Model을 활용한 장대도로터널 화재성상 예측방법에 관한연구”. 한국화재소방학회. 2011. 11.
3. 국토해양부, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침. p92~p103. 2009. 04