

광주지하철 지하역사에서의 열부력 연기화재 실험

박원희, 김동현, 장용준

한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 환경화재연구팀

Tests in the underground station of Gwangju by using heated smoke

Won-Hee Park, Dong-Hyeon Kim, Yong-Jun Jang

Environment & Fire Control Research Team

Track & Civil Engineering Department

Korea Railroad Research Institute

1. 서론

대구지하철 화재참사 이후로 지하철 화재안전에 대한 관심이 높아지고 있다. 건교부에서 지원하는 “지하공간 환경개선 및 방재기술연구단” 중 지하철 화재안전에 대하여 한국철도기술연구원이 연구를 수행중이다. 이와 관련하여 서울지하철[1], 부산지하철 [2,3] 등에서 화재연기시험을 수행한 바 있다. 또한 지하철 승강장 등에 화재가 발생하였을 경우의 화재연기 거동 및 승강장 배연용량 및 최적제연 모드에 대하여 수치해석도 꾸준히 진행되고 있다[4-9]. 본 논문에서는 이에 일환으로 진행된 광주 지하철에서의 연기화재시험에 대하여 소개하고자 한다.

2. 해당 역사 및 시험조건

상무역은 지하 2층으로 이루어져 있으며, 지하1층에는 대합실이 지하 2층에는 상대식의 승강장이 있으며, 승강장은 직선식이며 길이는 약 112 m이다. 광주지하철에서는 현재 4량 1편성으로 운행중에 있으며, 6량 1편성 운행이 가능하도록 승강장이 마련되어 있다. 상무역은 좌측과 우측의 2개의 제연구역이 설정되어 있으며 상선 및 하선에 기계실이 위치하여 있다. 해당 역사의 제연모드는 화재가 감지되는 화재구역에서는 배기가 작동되고, 승강장의 다른 구역은 정지된다. 이 때 승강장은 화재연기가 승강장으로 전파되는 것을 막기 위해 급기로 운전된다. 연기발생기 및 열풍기는 승강장 좌측(호남대방향) 끝단에서 33m 떨어진 곳에 위치하며, 이는 차량에서 발생한 화재로 인하여 차량 안에 연기가 가득차고 이 연기가 파손된 1번 객차의 2번 및 3번 문 사이 유리에서 발생하는 것을 가정한 것이다. 연기거동 현상을 기록하기 위하여 9대의 캠코더가 이용되었으며, 7대는 승강장에 2대(7번, 9번 캠코더)는 연기발생 부근인 1번 2번 계단부 근처의 대합실에 설치하였다. 터널 및 계단부의 유속을 측정하기 위한 열선유속계는 총 20개가 장착되었다. 터널부의 유속을 측정하기 위하여 호남대방향 및 서창방향 터널부에

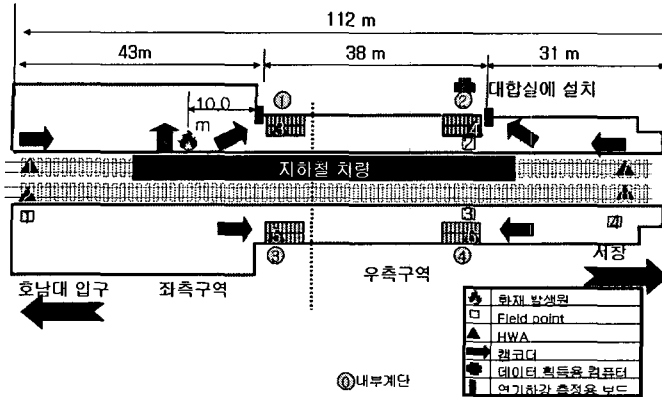


그림 1 상무역 실험 개략도



그림 2 연기 발생장치 및 열풍기 설치

- 연기발생장치 2대 사용 (최대연기발생량 850mg/s*2대)



그림 3 내부계단에 설치된 열선유속계

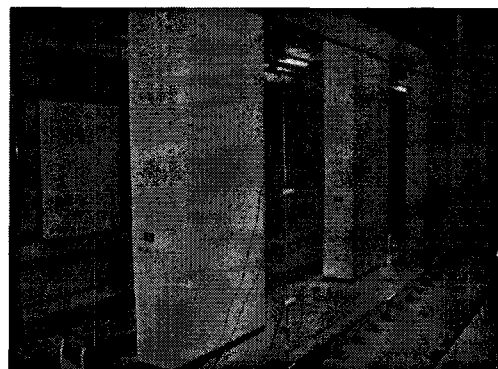


그림 4 터널부에 설치된 열선유속계

각 6개씩 12개가 설치되었다. 유속계는 상행 및 하행 선로의 중앙에 3개씩 설치되었으며 유속계 설치 높이는 노반을 기준으로 1.5m, 2.5m, 3.5m이다. 승강장에서 대합실로 올라가는 4개 계단 시작부분 중앙에 1m, 1.5m 높이로 각각 열선유속계를 설치하였다. 사용된 실험 장비를 요약하면 다음과 같다.

- 연기거동 현상을 기록하기 위하여 9대의 캠코더가 이용
 - 7대는 승강장에 2대는 연기발생 부근인 1번 2번 계단부 근처의 대합실에 설치

- 터널 및 계단부의 유속을 측정하기 위한 열선유속계는 총 20개가 장착
 - 터널부의 유속을 측정하기 위하여 호남대방향 및 서장방향 터널부에 각 6개씩 12개 설치
 - 유속계는 상행 및 하행 선로의 중앙에 3개씩 설치되었으며 유속계 설치 높이는 노반을 기준으로 1.5m, 2.5m, 3.5m
 - 승강장에서 대합실로 올라가는 4개 계단 시작부분 중앙에 1m, 1.5m 높이로 각각 열선유속계를 설치
- 화재현상을 모사하기 위한 열풍기(4

광주지하철 상무역에서 수행된 실험에 대한 실험시간 및 각 케이스별 제연모드는 아래와 같다.

표 1 Case별 실험시간 및 제연모드

Case	실험 시간 및 제연모드
Case 1	- 실험시간: 1:20-1:45 - 승강장 좌측구역 배기, 승강장 우측구역 정지 대합실은 급기작동(광주지하철에서 운용하는 화재운전모드)
Case 2	- 실험시간: 2:05-2:20 - 승강장 좌측구역 배기, 승강장 우측구역 급기 대합실은 급기작동
Case 3	- 실험시간: 2:35-2:50 - 승강장 좌측구역 배기, 승강장 우측구역 정지 대합실은 급기정지
Case 4	- 실험시간: 3:10-3:25 - 모든 급/배기 송풍기 정지

3. 실험결과

상무역 모의 연기화재에 사용된 열풍기는 4대이다. 아래와 같이 각각의 열풍기에 LPG를 연결하였으며, 열방출율을 계량하기 위하여 각각의 LPG 통의 실험 전후의 질량을 측정하였다. LPG의 발열량 50.0MJ/kg인 것을 이용하여 각각의 열풍기에서 발생된 총발열량을 구할 수 있으며 실험시간에 균일하게 연료가 소비되었다고 가정하면 각 case의 열방출율은 아래와 같다.

표 2 LPG 가스 소비량 및 평균열방출율

	가스 소비량(kg)					총발열량 (MJ)	평균열방출율 (MW)
	1번	2번	3번	4번	총합		
Case 1	0.89	0.985	0.955	0.99	3.82	191	0.212
Case 2	0.885	0.94	0.915	0.95	3.69	184.5	0.205
Case 3	0.86	0.935	0.905	0.91	3.61	180.5	0.201
Case 4	1.34	1.42	1.315	1.445	5.52	276	

Case 1의 경우 연기발생후 제연경계벽으로 구분된 연기구간에 연기가 제한되어 제연 경계벽이 비연기구역으로 연기전파를 일정 시간 저지하는 것을 볼 수 있으며, 연기발생 후 시간이 지남에 따라 연기가 터널부를 타고(서창방면) 승강장 끝부분으로 연기전파 되는 것을 볼 수 있다. Case 1에서는 터널방향으로의 기류가 비교적 강하게 형성되므로, 제연경계벽 끝단에서 연기가 하강되지 않고 호남대방향(화재연기구간)으로 다시 유입되는 것을 볼 수 있다.

Case 2 경우에는 Case 1와 마찬가지로 정착된 철도차량에 의한 blockage 효과로 철도차량 쪽 터널의 유속이 더 작았으며, 터널에서의 기류의 속도가 Case 1보다 작다. Case 2 급기로 인하여 연기가 박리되는 속도가 Case 1와 비교해서 약간 작으나 터널 방향으로의 유동의 크기가 Case 1보다. 연기가 교란되어 더 빨리 참.

Case 3 경우에는 터널의 기류가 여전히 호남대방향을 형성되며, 대합실 급기가 작동

되지 않으므로 계단실의 유속이 Case 1, 2보다 매우 작은 것을 볼 수 있다. 계단 2, 4의 경우에는 유동이 약하게 대합실로 상승하고 있으며, 비연기 구역에서는 기류 형성이 별로 생기지 않는다. 반대로 승강장에서 배연을 하는 연기구간에 속한 내부계단 1, 4의 경우에는 대합실에서 승강장으로 공기가 유입되는 것을 볼 수 있으나 앞에서 언급했듯이 대합실 급기를 하는 경우보다 그 크기는 매우 작았다. 그럼에도 불구하고 승강장 배연 능력이 충분하여 대합실로 연기가 전파되지 않았다.

Case 4 배연을 작동안해도 터널 기류로 인하여 어느 정도의 연기 구역에만 연기가 한정되었으며 연기가 제연경계벽까지 진하게 차는 것을 볼 수 있다.

후 기

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한「지하공간 환경개선 및 방재기술 연구사업」(03산학연C03-04)에 의한 것임.

참고문헌

- [1] 박원희, 장희철, 김동현, 김태국, 지하철 역사 승강장 화재발생시 열/연기 거동 분석을 위한 실험 및 수치 연구 (I) -실험적 접근-, 화재·소방학회논문지, 제20권, 제3호, pp.9-14, 2006.
- [2] 박원희, 김동현, 장용준, 지하역사에서의 화재연기거동 실험, 한국 철도학회논문집, 제 10권, 제1호, pp-67-73, 2007.
- [3] W. H. Park, D. H. Kim, H. C. Chang, Numerical Predictions of Smoke Movement in a Subway Station under Ventilation, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 21, No. 3-4, pp. 304, 2006
- [4] 장희철, 김태국, 박원희, 김동현, 지하철 역사 승강장 화재발생시 열/연기 거동 분석을 위한 실험 및 수치 연구 (II) -수치적 접근-, 화재·소방학회논문지, 제20권, 제3호, pp.15-20, 2006.
- [5] 장희철, 김태국, 박원희, 김동현, 지하역사에서 화재발생시 자연풍 및 강제배연의 유무에 따른 열 및 연기거동 특성 연구, 화재·소방학회논문지 제19권, 1호, pp. 80-86, 2005.
- [6] 장희철, 윤경범, 박리진, 김태국, 박원희, 김동현, 지하철 터널 내 운행 중 객차에서 화재발생시 제연풍량에 따른 열 및 연기 확산 예측 연구, 2007년도 한국방재학회 학술발표대회 논문집, pp. 250-253, 2007.
- [7] 장희철, 윤경범, 김태국, 박원희, 김동현, 지하철역사 화재시 주변온도 및 기류의 영향에 대한 수치적 연구, 제4회 한국유체공학학술대회 논문집, pp. 663-666, 2006.
- [8] 장희철, 윤경범, 박리진, 김태국, 박원희, 김동현, 손봉세, 객차 화재발생시 승강장 배기방식에 따른 화재 및 피난모사 연구, 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp. 128-133, 2006.
- [9] 장희철, 윤경범, 김태국, 박원희, 심식, 지하철 승강장에서의 화재발생시 운전방식에 따른 화재 및 피난 모사 연구, 2006년도 한국방재학회 학술발표대회 논문집, pp. 405-410, 2006.