

경량전철 지하터널의 피난안전성능 평가에 관한 연구

고광훈 · 이수경* · 송동우* · 김태훈* · 김기성*

포스코건설 · *서울과학기술대학교

A Study on Safety Assessment of the Evacuation at Underground Tunnel of the Light Rail Transits

Ko, Kwang Hoon · *Lee, Su Jyung · *Song, Dong Woo ·

*Kim, Tae Hoon · *Kim, Ki Sung

POSCO E&C · *Seoul National University of Science & Technology

요 약

경량전철시스템은 운전자가 없는 무인으로 운행하며 각종 설비가 자동으로 제어되도록 되어있기 때문에 일상적인 고장이나 문제는 어느 정도 안전대책이 마련되었지만 테러 또는 고의에 의해 일어나는 사고는 대비하기가 어려운 실정이다. 정거장에서의 화재발생은 많은 보고서와 기준들이 정리되어 있으나 지하 터널이 본선 구간에서의 피난을 위한 시설의 적정성 및 피난시간에 대한 연구는 부족하다. 본 연구에서 경량전철 시스템의 운전 중에 지하터널에서 발생 가능한 사고시나리오를 고려하여 화재시물레이션 및 피난시물레이션을 실시하여 비교하고, 그 결과에 따라 대안을 도출하였다.

1. 서 론

2000년대 초반에 국내의 인구증가와 교통체증이 증가함에 따라 새로운 교통수단이 필요하게 되었다. 이에 간선 및 신속한 운송수단으로써 미국, 유럽 등지에서는 경량전철이 등장하게 되었으며 현재는 교통수단으로 이용할 뿐만이 아니라 관광자원으로써 많은 비중을 차지하게 되었다. 국내도 이러한 추세에 맞추어 도입을 추진하고 있으며 현재는 시험운행을 완료하는 정도까지 발전되었다. 본 연구에서는 경량전철의 지하 본선구간에서의 화재를 가정하고 승객의 안전을 확보할 수 있는 피난시간과 화재시물레이션을 실시하여 비교하고, 필요시에 대안을 제시하여 좀 더 안전한 대책을 수립하고자 한다.

2. 경량전철 지하터널의 피난안전성 평가

2.1 피난시물레이션에 의한 필요피난시간(RSET) 계산

피난시물레이터인 Pathfinder를 이용하여 피난시물레이션을 실시하였다. 피난속도는 승객 이동속도를 도시철도 정거장 및 환승편의시설 보완지침의 정거장 내의 열차 화재의 경우를 적용하여 이동속도를 1m/s로 계산하는 경우와 한정된 대피로의 상황을 고려하여 NFPA 130에서 규정하는 정거장의 platform, corridor 및 ramp 등에 적용하는 0.63m/s를 적용하였다. 또한 피난자가 이용하여 피난하는 대피로의 폭은 철도시설 안전에 관한 규칙에서 제시하는 700mm와 미국 NFPA 130에서 제시하는 760mm로 구분하여 시물레이션을 수행하였다. 피난시물레이션 결과는 표 1 및 그림 1과 같다.

표 1. 대피로 폭 및 이동속도의 변화에 따른 피난시간

구분	이동속도(m/s)	대피로 폭	시물레이션결과(sec)	비고
Case 1	1.00	700 mm	1,036	터널 중앙에서 피난시작
Case 2	0.63		1,579	
Case 3	1.00	760 mm	989	
Case 4	0.63		1,545	

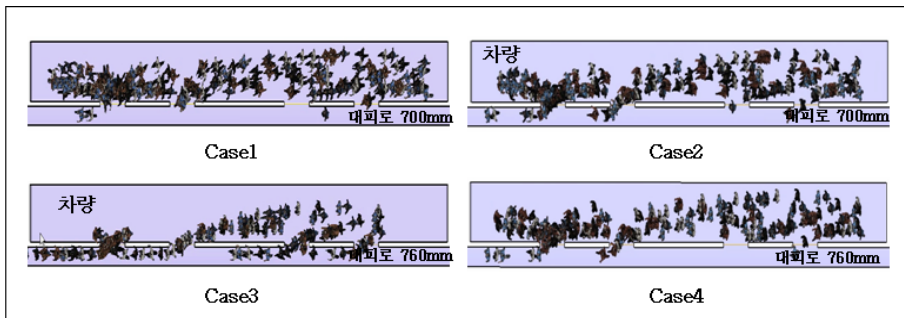


그림 1. 피난 Case

2.2 화재시물레이션에 의한 허용피난시간(ASET) 계산

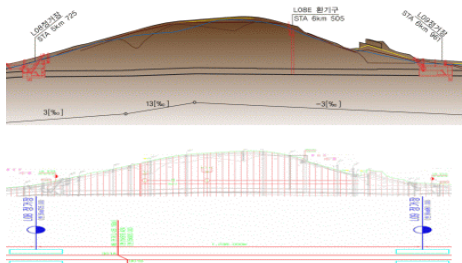


그림 2. 시물레이션 구간 종단구배

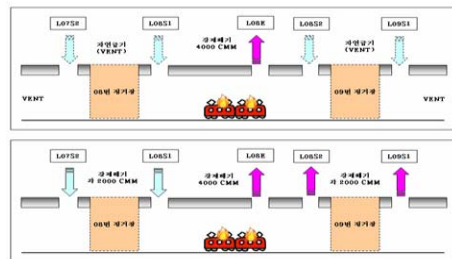


그림 3. 화재 발생 시나리오

본 연구에서는 현재 건설되고 있는 경량전철 중에서 터널로 운행할 예정인 경량전철 노선을 적용하여 정거장 간의 거리가 가장 긴 본선 터널 내에서 화재를 고려하여 화재시 물레이션을 실시하였다.

화재시나리오는 터널 내에서 차량의 화재로 역사 간의 거리가 가장 긴 터널의 중간 부분에서 발생했다고 가정하였다. 차량의 상태는 인위적인 방화 또는 테러 등으로 발생되어 터널 내에 정지된 상태로 반영한다. 이와 같은 상태를 고려하여, 화재가 발생된 이후에 평상시에 작동되는 배기 팬만 가동되는 경우와 제연설비가 가동되는 경우를 반영하였다. 화재시물레이션을 통한 연기전파거동은 그림 4와 같다.

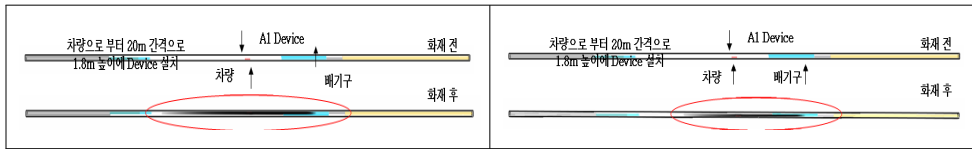


그림 4. 배기 팬만 가동되는 경우(좌)와 제연설비가 가동되는 경우(우) FDS 결과

2.3 피난안전성 평가

표 2. Case에 의한 ASET과 RSET

Device		배기 팬만 가동되는 경우							제연설비가 가동되는 경우						
		ASET			RSET		비고		ASET			RSET		비고	
		Co (ppm)	온도 (°C)	적용 시간 (sec)	대피로 폭 (mm)	대피로 폭 (mm)			Co (ppm)	온도 (°C)	적용 시간 (sec)	대피로 폭 (mm)	대피로 폭 (mm)		
이름	위치 (m)	2000	65		700	760	700	760	2000	65		700	760	700	760
A1	620	146	263	146	428	379	X	X	147	288	147	428	379	X	X
A2	600	166	330	166	460	410	X	X	163	327	163	460	410	X	X
A3	580	200	375	200	491	442	X	X	208	443	208	491	442	X	X
A4	560	269	562	269	523	474	X	X	286	571	286	523	474	X	X
A5	540	324	642	324	555	506	X	X	321	-	321	555	506	X	X
A6	520	356	-	356	587	537	X	X	448	-	448	587	537	X	X
A7	500	432	-	432	618	569	X	X	494	-	494	618	569	X	X
A8	480	550	-	550	650	601	X	X	575	-	575	650	601	X	X
A9	460	596	-	596	682	633	X	X	653	-	653	682	633	X	O
A10	440	635	-	635	713	664	X	X	-	-	-	713	664	O	O
A11	420	679	-	679	745	696	X	X	-	-	-	745	696	O	O
A12	400	745	-	745	757	728	X	O	-	-	-	757	728	O	O
A13	380	-	-	-	789	760	O	O	-	-	-	789	760	O	O
A14	360	-	-	-	821	791	O	O	-	-	-	821	791	O	O
A15	340	-	-	-	852	823	O	O	-	-	-	852	823	O	O

지하터널의 중간 부분에서 경량전철의 화재가 발생한 경우를 가정하여 피난시물레이션 및 화재시물레이션을 통해서 허용피난시간과 필요피난시간을 비교 평가하였으며 결과는 표 2와 같다. 결과를 살펴보면 배기 팬만 가동되는 경우 차량에서 200m 이내의 지점은 피난이 위험한 수준이며, 연기의 확산이 제한적인 이유는 배기 팬의 가동에 의한 것으로 판단된다. 제연설비가 가동되는 경우 ASET이 증가하고 연기의 확산도 많이 줄어들었지만 차량에서 140m 이내의 지점은 피난이 위험한 수준이며 연기의 확산이 극히 제한적인 이유는 제연설비의 가동에 의한 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구는 국내의 여러 곳에서 신개념의 교통대책으로서 경량전철이 추진되고 있고, 공간 활용상 지하역사 및 터널이 점차 대심도화 되고 있기 때문에 지하 경량전철의 비상시에 대비한 승객의 안전한 피난대책을 고려하기 위하여 실시되었다. 특히 경량전철은 무인 운전으로 불특정 다수가 이용하기 때문에 발생 가능한 Case를 고려하여 종합적인 대책을 수립해야 한다. 본 연구에서 실시한 대피로의 폭에 따른 피난실험에서 터널의 중간부분에서 화재가 발생한 경우 대피로의 폭에 관계없이 배기 팬만 가동되는 경우보다 제연설비가 가동되는 경우 ASET이 더 증가하지만 승객이 안전하게 피난할 수 없기 때문에 대피로의 폭을 더 넓게 설치하더라도 대피로의 목적으로 사용하는 것은 곤란하며, 터널 시설관리자의 정비를 위한 보도로 활용할 것을 권장해야 한다. 그러므로 지하 터널에서 정거장 간의 거리를 제한하거나 외부로 통하는 비상구를 설치하거나, 매립형 레일을 설치하여 궤도의 콘크리트 면을 따라 피난보행이 가능하도록 하는 등의 엔지니어링 기술로 접근하여 성능 위주의 종합적인 대책이 수립될 수 있도록 해야한다.

참고문헌

1. 김우석, 노삼규 (2003). “지하철 차량의 화재사고에 대한 조사분석 연구” 한국화재소방학회 추계학술논문발표회.
2. 장희철, 김태국, 손봉세, 박원희 (2008). “전동차 화재시 승강장 및 터널 환기설의 팬 작동에 따른 열 및 연기 배출 특성 연구” 한국화재소방학회, Vol.22, No.1, pp61~67.
3. 건설교통부 한국건설교통기술평가원 (2001). “장대철도터널 화염방재 기술 및 환기공조 시스템 개발” 건설기반기설혁신사업 최종보고서.
4. 김동현, 신민호, 문정주 (2003). “강제환기 통풍구가 설치된 철도터널 열차화재에서 연기거동에 관한 수치해석적 연구” 대한기계학회 춘계학술대회.
5. NFPA 130 (2007). “Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems”.