

지하철 차량에서의 피난 실험

김종훈 · 김운형 · 노삼규* · 이덕희** · 정우성**

경민대학, 광운대학교*, 한국철도기술연구원**

Experiments of the Subway Car Egress
Kim Jong-Hoon, Kim Woon-Hyung, Roh Sam Kew*,
Lee Duck-Hee**, Jung Woo-Sung**
Kyungmin college, Kwangwoon University*, KRRI**

요 약

일반적인 피난모델은 건물 화재시의 상황을 예측해보기 위해 제작된 것들이다. 이들을 사용하여 철도차량 내부에서의 피난상황을 예측해보기 위해서는 각 출입문에서의 유동에 대한 연구가 필요하다. 특히 터널 내 정차와 같이 차량바닥과 지면의 차이가 존재하는 경우는 현재 자료가 없는 상황이다. 이는 철도차량뿐만 아니라 차량에서 나간이후에 경유하게 되는 터널이나 역사의 피난을 평가하는 데도 매우 중요한 자료이다. 그러므로 본 연구에서는 지하철 차량에서의 피난 현상 중에서 차량과 차량간의 이동과 차량에서 선로로의 이동에 대한 현상을 실험을 통해 분석해보았다.

1. 서 론

철도차량의 화재위험성평가에 대한 표준 가이드인 ASTM E 2061을 보면 화재안전의 목표에 대한 부분에서 '화재안전의 가장 중요한 목표는 화재의 발생 시 철도운송차량의 모든 탑승자들의 안전한 피난을 확보하는 것이다.'라고 서술하고 있다. 그러므로 철도차량의 피난안전성능을 평가하는 일은 매우 중요하다. 이러한 피난안전성능평가에서 가장 중요한 부분은 피난시간과 정체구간에 대한 예측할 수 있는 피난모델의 사용이다. 피난모델의 사용결과는 철도차량의 설계 뿐만 아니라, 차량에서 나와 안전지대까지 이동하는 경로가 되는 역사와 터널의 중요 설계요소들의 값을 결정하는데 중요한 영향을 미치게 된다.

철도차량 및 철도차량이 포함된 피난분석에서 Travel time에 대한 부분 중 철도차량 공간과 다른 공간의 연결점에서의 현상과 소요시간에 대한 연구는 차량의 설계 및 역사와 터널의 설계에도 중요한 부분이라 할 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 지하철 차량에서의 피난 현상 중에서 차량과 차량간의 이동과 차량에서 선로로의 이동에 대한 현상을 실험을 통해 분석해보았다.

2. 연구의 목적과 수행개요

본 실험은 철도차량에서의 피난 시뮬레이션에 필요한 자료의 측정을 목적으로 하며, 철도차량에서 이동 시 소요되는 시간과 정체현상 측정을 목표로 한다.

- ① 실험 일시 및 장소 : 2008년 5월 28일, 오후 1시, 수서차량기지
- ② 피난실험 참여 인원 : 경민대학 재학생 50명
- ③ 피난실험 측정 : 실험에 참여하는 인원은 모두 경민대학 소방학부에 재학 중인 학생들이며, 이들의 이동현상을 관찰하기 위해서 CCTV카메라를 사용한 측정 및 진행요원들에 의한 측정이 병행되었다.



그림 1. 피난 실험 차량

3. 지하철 차량 간의 이동에 대한 실험 및 분석

이 실험에서는 차량과 차량 간의 이동에 대한 실험을 수행하게 되었다. 차량과 차량간의 이동에서는 문의 폭이 매우 중요한 역할을 하게 된다.

① 실험 시나리오 및 수행

첫 번째 실험은 차량과 차량간의 이동으로 문이 모두 개방된 상황과 문을 개방 해야 하는 상황의 2가지 경우에 대하여 수행하였다.

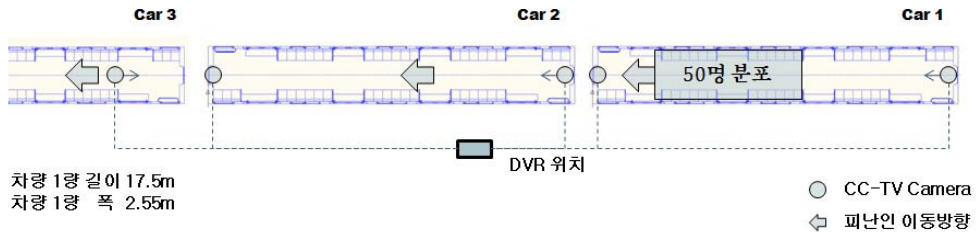




그림 2. 지하철 차량 피난 실험

② 실험결과 결과 및 분석

1) Case 1-1 : 차량-차량간 이동 (문 열림-3량 기준)

차량 1과 차량 2의 사이에 있는 첫 번째 문을 50명의 인원이 통과하는데 소요된 시간은 최대 20.51초로 나타났다. 또한 차량 1에서 출발하여 차량 3의 문을 통과하는데 소요되는 시간은 최대 25.85초로 나타났다.

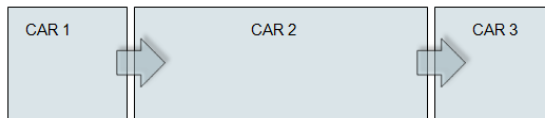


표 1. Case 1-1 측정시간

회	CAR1과 CAR2사이 문의 통과시간	CAR1에서 출발하여 CAR3 문으로 들어오는 시간
1	20초 51	25초 31
2	18초 84	25초 13
3	19초 53	24초 32
4	-	25초 85

2) Case 1-2 : 차량-차량간 이동 (문 닫힘-3량 기준: 선두 피난자가 문을 개방)

차량과 차량사이의 문이 모두 닫혀져있는 상황으로 선두의 피난자가 직접 개방해야하는 시나리오 이다. 이의 수행에 대하여 차량 1과 차량 2사이의 문을 통과하는데 소요되는

시간은 최대 21.75초로 나타났으며, 차량 1에서 출발하여 차량3의 문을 통과하는데 소요되는 시간은 26.16초로 나타났다.

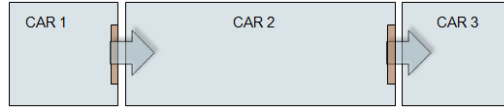


표 2. Case 1-2 측정시간

회차	CAR1과 CAR2사이 문의 통과시간	CAR1에서 출발하여 CAR3 문으로 들어오는 시간
1	21초 75	26초 16
2	20초 85	25초 60

3) Case 1-3 : 차량-차량간 이동 (문 닫힘- 문 앞 밀집상태)

밀집된 상태에서의 피난인원이 차량 1과 2사이의 문을 통과하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 이러한 상황에서의 소요시간은 최대 22.04초로 나타났다.

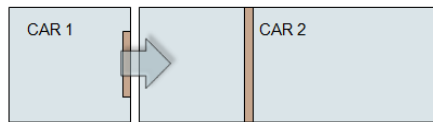


표 3. Case 1-3 측정시간

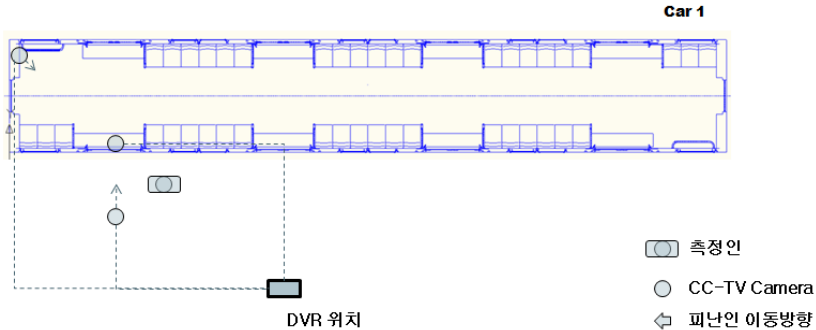
회차	시간
1	22초 04
2	21초 06

4. 지하철 차량에서 선로로의 이동에 대한 실험 및 분석

지하철 차량과 선로 사이의 높이는 대략 1.27m ~ 1.3m의 높이 차이를 나타내는 것으로 측정되었다. 이러한 높이는 정상적인 성인의 경우에는 뛰어내릴 수도 있는 높이 이지 만, 심리적으로는 부담감을 가질 수 있는 정도의 높이라 할 수 있다. 또한 뛰어내릴 경우

는 최대 도달할 수 있는 거리가 약 전방 1m 인 것으로 측정 되었다.

○ Case 2-1 : 차량-외부 이동 소요시간 실험 (남/여 각 20인씩)



결과를 분석해보면 20~25세의 성인 남녀의 경우 대부분 쉽게 뛰어내리는 것을 알 수 있다. 남성의 경우 평균 1.73초가 소요되지만, 여성의 경우 평균 2.75초가 소요된다. 하지만 여성의 경우 약 30초정도의 시간을 지연한 경우가 있었는데, 이는 평균에서는 제외하였지만, 실제로 바닥에 안전을 위한 매트리스가 깔려있음에도 불구하고 뛰어내리지 못하여 시간을 많이 지연하게 된 경우도 있다.

그러므로 이를 바탕으로 추정해 본다면, 지연령층이나 고연령층의 경우에는 뛰어내리지 못해 장시간의 시간지연이 발생할 것으로 생각해볼 수 있다.



그림 3. 지하철 차량과 선로간의 이동 실험

5. 결과 및 분석

지하철 차량과 차량의 피난에서 문이 정상적으로 작동하는 경우, 문을 개방하는 시간에 대한 측정을 수행해본 결과 피난에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 지하철 차량과 선로간의 이동에 대한 실험에서 현재의 높이의 차이는 20~25세인 신체적인 이상이 없는

남녀의 경우는 차량과 선로간의 이동에서 평균적으로 남자 1.73초, 여자 2.75초가 소요되게 되는 것으로 측정되었다. 하지만 최대 약 30초 가량의 시간지연이 나타나는 경우도 있다.

표 4. CAR1에서 출발하여 CAR3 문으로 들어오는 시간의 비교

회	Case 1-1. 차량 간 문 열림	Case 1-2. 차량 간 문 닫힘, 피난인 선두 개방
1	25초 31	26초 16
2	25초 13	25초 60
3	24초 32	-
4	25초 85	-

6. 결론

지하철 차량에서의 피난실험을 수행해본 결과, 차량과 차량 간의 이동에서 문의 여는 시간은 피난 시간에 큰 영향을 주지않는 것으로 나타났다. 또한 차량과 선로간의 실험에서 이동에 대한 피난시간 또한 크지 않는 것으로 측정되었다. 하지만 이는 20~25세의 신체적으로 매우 건강한 상태의 남녀에 해당하는 데이터이다. 차량과 선로의 실험에서 한 여성 실험자의 경우 뛰어내리지 못하여 약 30초의 지연시간이 발생한 경우도 있다. 그러므로 차후 저연령층과 고령층, 그리고 장애인의 피난에 소요되는 시간측정에 대한 실험을 수행해볼 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 2008년 “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지 기술개발” 과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김종훈, 김운형, 이덕희, 정우성, "철도차량에 대한 피난모델 적용", 한국철도학회, 추계학술발표회, 2007.
2. 김종훈, 김운형, 이덕희, 정우성, "철도차량피난모델링을 위한 유동 계수에 관한 분석", 한국철도학회, 춘계학술발표회, 2008.
3. ASTM E 2061 Standard Guide for Fire Hazard Assessment of Rail Transportation Vehicles
4. P. Kangedal, D. Nilsson, "Fire Safety on Intercity and Interregional Multiple Unit Trains", Lund University, 2002
5. E.D.Kuligowski et al, "A Review of Building Evacuation Models", NIST Technical Note 1471, 2005.