

철도차량 화재 시 지체 장애인 피난 실험

Experiments on Egress of Persons with Mobile Disability in Train Car

김종훈† 김운형* 노삼규** 이덕희*** 정우성***
Jong-Hoon Kim Woon-Hyung Kim Sam-Kew Roh Duck-Hee Lee Woo-Sung Jung

ABSTRACT

Korean railroad company is continuously improving the service for the disabled. They also install and reform many facilities for them. However, They didn't consider the egress of the disabled when fire occurred until today. At present, fire hazard analysis and risk assessment are introduced into Korea regulation for improving fire safety performance of train car and railroad facilities. Fire safety evaluation for the railroad conducted in Korea didn't generally consider the disabled. In the present situation, the study for the egress of the disabled in train car was needed. The egress experiment was conducted to measure the movement speed of the disabled who didn't walk or walk very slow.

1. 서론

고도로 발전한 산업화와 도시화 등에 의하여 산업재해, 교통사고, 환경오염 등이 날로 심각해지고 있으며, 이로 인한 장애 인구의 수는 점차 증가하고 있다. 1997년도에는 보건복지부에 등록된 장애인수가 425,064명이었지만, 2007년 9월말 보건복지부에 등록된 장애인수는 무려 2087701명으로 증가하였으며, 이중 지체장애인은 1109450명으로 전체 장애인구의 54%를 차지하고 있다. 지체장애인이란 신체의 어느 한부분이 질병 또는 외상 등으로 그 기능에 장애가 발생하여 운동장애를 일으키는 사람이라 정의할 수 있다.

국가의 경제적 능력이 성장하면서 장애인들에 대한 접근권과 이동권을 보장하기 위한 부분은 꾸준히 발전되어왔으며, 최근 시행된 '교통약자의 이동편의 증진법'은 이러한 장애인의 이동권을 보장하기 위한 구체적인 사항들을 법으로 제정한 것이라 할 수 있다.(1)

철도에서는 공공 교통수단으로서 지체장애인을 포함한 교통약자를 위한 편의시설을 지금까지 꾸준히 증가시켜오고 있다. 그러나 지체 장애인의 역사이용 편의성, 차량 승하차시의 편의성 등에 대해서는 많은 고려와 노력이 진행되어왔었지만, 화재 발생 시 피난에 대한 부분은 그 비중이 지금까지 높지 않았던 것이 사실이다. 국내에서 화재발생의 위험성과 대응 시스템의 중요성에 대한 인식은 지난 대구지하철화재 사고로 인해 높아지기 시작하였으며, 이로 인한 여러 가지 정책적 대안들과 학문적 기술적 연구들이 진행되어왔다. 이러한 대안 중 하나로 철도차량에 대한 화재위험도를 평가하는 절차와 기술 확보에 대한 연구가 진행되고 있으며, 피난 평가에 대한 부분은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 피난평가의 진행 시 인적특성에 대한 반영을 필히 해야 하지만, 현재 한국인에 대한 피난관련 데이터는 부족한 상황이어서, 이에 대한 연구가 필요한 실정이었다. 관련 데이터를 확보해보고자 하였다.

† 책임저자 : 정희원, 경민대학, 소방행정과, 겸임교수

E-mail : aina47@hanmail.net

TEL : (031)828-7312 FAX : (031)828-7312

* 비회원, 경민대학, 소방행정과, 부교수

** 비회원, 광운대학교, 건축학과, 교수

*** 정희원, 한국철도기술연구원

2. 지체장애인의 이동수단 조사 및 분석

자력보행이 원활하지 않은 사람은 이동 시 보행보조기구를 사용하게 되며, 이는 철도차량의 승하차 및 내부에서의 이동에서도 그러하다. 보행보조기구란 보행 시 부가적인 안정이 필요하거나 하지에 체중의 부하를 없게 혹은 적게 하기 위해 사용된다. 이를 위한 기구들은 다음과 같다.

(1) 보행기: 가벼운 금속 틀로 제작되어 4개의 다리를 가지고 있어 대상자에게 안정감과 지지를 제공하는 것을 말한다.

(2) 지팡이 : 가벼운 재료로 제작되어 1개 혹은 4개의 다리를 가지고 있는 막대의 형태로 대상자에게 지지를 제공하는 것을 말한다.

(3) 목발 : 골절 및 외상을 입은 하지에 체중이 가해지지 않게 하기 위해 손상 받은 하지를 보호하여 건강하게 남아있는 하지를 최대한 사용함으로써 재활을 돕기 위해 사용되는 것을 말한다.

(4) 휠체어 : 휠체어는 보행이 어려운 사람들의 이동을 위해 사용되는 것이다. 크게 수동휠체어와 전동휠체어, 그리고 전동스쿠터 등도 포함 할 수 있다.

지팡이, 목발 등 보행이 가능한 자가 보조적으로 사용하는 기구들은 신체 폭의 범위에서 크게 벗어나지 않고, 쉽게 위치조정이 가능하여 피난 통로에서 문제를 발생시킬 것으로는 판단되지 않는다. 그러나 휠체어의 경우 폭의 조정은 사용자가 일어나야만 가능하므로, 이동 중 문제를 발생시킬 우려가 있다. 조사된 바에 의하면 국내 휠체어는 0.54~0.7m인 것으로 나타났으며, 전동휠체어나 전동스쿠터도 0.7m이하의 폭을 가지는 것으로 나타났다. 또한 관련 연구조사 중 일본의 JIS 규격에 의한 대형 휠체어도 폭은 0.6m인 것을 알게 되었다.(2)

3. 철도차량에서의 지체장애인 피난특성조사

현재 운행되고 있는 철도차량을 대상으로 도면 검토를 통한 피난관련 특성을 조사하였다. 다른 보행보조수단을 사용하는 교통약자에 비하여 차량의 구조에 가장 많은 영향을 받을 것으로 판단되는 것은 휠체어 사용자이다. 휠체어는 위에서 조사된 바를 참고하면 최대 700 mm의 폭을 넘지 않을 것으로 판단된다.

(1) 지하철 차량

도면상으로는 지하철 차량의 외부로의 문은 약 130 cm이고, 차량 간의 문은 90cm 이다. 내부에는 좌석이 없으므로, 내부에서 휠체어의 이동은 가능하다. 차량이 승강장에 정차할 경우 승강장과 차량 사이에는 높이 차이가 없어 이동은 평지와 같다. 그러나, 전년도 과제에서 조사된 바와 같이 승강장이 아닌 곳에서 정차하여 외부로 대피해야 할 경우 127cm~130cm의 높이를 내려가야 하므로, 자력이동은 사실상 어려우며, 시간 소요가 예상된다.

(2) 무궁화호

무궁화호의 경우 도면상 외부로의 문 폭은 약 82cm이고, 차량내부의 문 폭은 70cm 이다. 내부 의자간 폭은 더 넓어 휠체어의 이동에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 외부와의 출입문에는 계단이 설치되어있다. 바퀴하단으로부터 차량 바닥까지의 높이는 도면 상 119.6 cm로 표시되어있다.

(3) 새마을호

도면상 외부로의 문 폭은 약 67cm이지만, 의자간 거리가 47cm로 휠체어에 의한 차량 내부의 이동은 불가능한 것으로 판단된다.

(4) KTX

휠체어 및 전동휠체어는 특실 2호차에 탑승가능하도록 되어있다. 휠체어를 가지고 탑승할 경우 보호자의 동반 가능하다. 그러나 일반차량은 도면상 복도의 폭이 48cm로 나타나 차량 내부를 통한 휠체어의

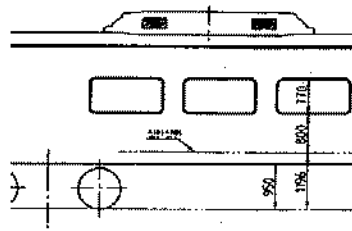


Fig 2. Height between ground and floor of Mugunghwa car

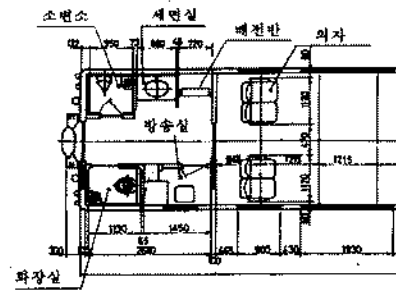


Fig 3. Plan view of Saemaul car

이동은 불가능하다.

(5) 분석

휠체어의 내부에서의 이동은 지하철과 무궁화호는 가능하지만, 새마을호와 KTX는 불가능 한 것으로 조사되었다. 외부로의 이동은 승강장의 경우 지하철은 승강장 높이와 차량 바닥 높이가 동일하여 이동이 수월하지만, 승강장 이외에서 정차 시에는 127cm ~130cm의 높이를 내려가야 한다.(3) 무궁화호, 새마을호, KTX는 모두 승강장에 승하차를 하기 위한 계단이 있어 승강장 및 그 외 지역에서 정차해도 자력에 의한 휠체어의 이동은 불가능한 것으로 분석되었다.

4. 피난현상 및 이동시간 측정 실험

4.1. 실험의 목적

본 피난실험은 인적 특성에 의한 차량 내 피난유동에 소요되는 시간과 현상을 측정하여, 철도차량에 대한 피난 시뮬레이션 수행 시 필요한 자료를 제공하고자 하며, 세부 목표는 다음과 같다.

- 대상 철도차량 객차와 객차 간의 일반인의 이동속도 측정 및 현상 관찰
- 대상 철도차량 객차와 객차 간의 지체장애인 이동속도 측정 및 현상 관찰
- 대상 철도차량 객차 외부로의 지체장애인 이동속도 측정 및 현상 관찰

4.2. 실험 일시 및 장소

- 실험 일시 : 2009년 3월 7일 오전 10시 ~ 오후 5시
- 실험 장소 : 한국철도공사 서울지사 수색차량기지

4.3. 실험 참여인원 및 측정 장비

본 실험의 참여자는 모두 25명으로 정상보행이 가능한 인원은 23명이며, 지체장애인이 2명 참여하였다. 참여인원은 평균 27.72세로 20대는 17명, 30대가 4명, 40대가 3명이며, 실험참가자 중 6세 여자 어린이도 있었다. 참여한 장애인은 모두 2명이며, 국립재활원에서 강사로 활동 중이다. 2인 모두 보행이 어려운 상황이지만, 이중 1인은 전신마비로 혼자 힘으로는 거동하기 어려운 상태이다. 실험의 측정을 위해 CC-TV Camera, CC-TV Recorder, Video Camera, Stopwatch 등이 사용되었다. 측정은 미리 교육을 받은 인원들이 현장에서 측정하였으며, 이후 녹화영상과 비교 검토되었다.

4.4. 무궁화호 차량 피난 실험 수행 및 결과

무궁화호에서의 실험은 4개의 연결된 객차에서 진행되었으며, 1호차에서 출발하여 2호차와 3호차를 거쳐 4호차 객실에 도착하는 것을 완료로 하였다. 출발에서 피난종료지점까지의 길이는 총 54m이다. 무궁화호는 도면검토결과 휠체어의 이동이 가능하므로 이를 포함하여 총 8개의 Case를 실험하였다.

(1) 무궁화호 객차 간 개인별 이동시간 비교

무궁화호 편성 객차 내에 설정된 54 m의 이동거리에 대해 각 실험그룹에서 측정된 피난 시간의 비교는 다음 Table 2와 같다. 남자 20-40대의 뛰기에서 측정된 시간이 15.55초로 가장 빠르며, 장애인 역할자+보조자의 이동에서 측정된 시간이 136.69초로 가장 많은 것으로 나타났으며, 8.8배의 차이를 기록하였다.

Table 1. Cases of Experiment

Case	측정항목	조건	
1-1	객차 간 개인 이동시간	걸기	문열림
1-2	객차 간 개인 이동시간	걸기	문닫힘
1-3	객차 간 개인 이동시간	뛰기	문열림
1-4	좌석 좌석 후 이동	뛰기	문열림
1-5	객차 간 목발 사용자 이동	자력	
1-6	객차 간 목발 사용자 이동	조력	부족
1-7	객차 간 휠체어 이동	조력	말기
1-8	객차외부 휠체어 사용자이동	조력	안기

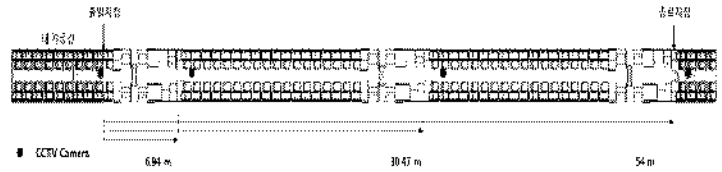


Fig. 5. Plan view of Mugunghwa and position of camera

목발사용자나 부축에 의한 이동은 뛰기에 비해 이동속도가 현저히 느린 것으로 나타났으며, 휠체어 사용자의 경우 더 많은 시간이 소요되는 것으로 파악되었다. 휠체어의 경우 내부 이동에서는 빠르지만, 문을 빠져나가는데 시간 소요가 많은 것이 원인이었다. 남녀20대와 30-40대의 걸기에 의한 이동속도에는 큰 차이가 없는 것으로 파악되었다. 여자아이 6세의 경우 걸기에서는 성인과 약 10초 정도의 차이를 보여주지만, 뛰기의 경우는 차이가 없는 결과를 나타내어, 이 부분에 대한 추가적인 연구의 필요성이 제기되었다.

Table 2. Movement times on Saemaul car

구분	시간(초)
남자 20대 걸기	38.18
여자 20대 걸기	38.12
남자 30-40대 걸기	38.81
남자 20-40대 뛰기	15.55
여자 20대 뛰기	16.11
목발 사용자-남자*	102
목발 사용자-여자*	83.16
목발 사용자+보조자-부축	64.58
휠체어 실제 장애인+보조자 1회	124
휠체어 장애인 역할자+보조자	136.69

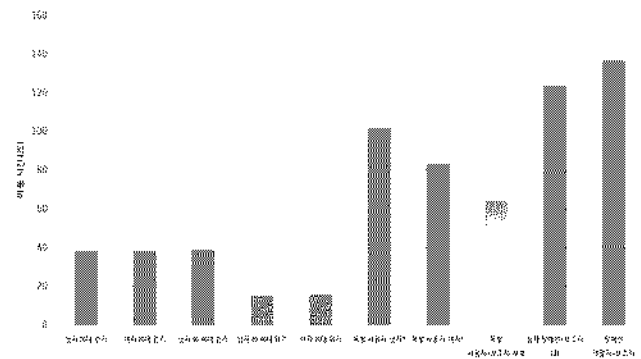


Fig. 6. Comparison of movement time on Mugunghwa car



Fig. 7. Wheel Chair Movement Experiment

(2) 무궁화호 객차 간 목발사용자 이동에 대한 문의 영향

목발 사용자는 남녀 각각 1인씩 실험을 수행하였다. 평균적인 데이터로서 사용하기는 무리이지만,

속도 비교 분석의 측면에서는 매우 유용한 데이터이다. 목발 사용자의 경우 문이 열려있는 경우와 문이 닫혀있어 열고 가야하는 경우 약 13.62~20초의 시간차이를 보여주고 있다.

(3) 무궁화호 객차 간 좌석 착석 후 이동에 대한 목발 사용인의 영향 목발 사용자가 피난 그룹에 있는 것과 없는 것의 차이를 알아보기 위해 수행된 실험으로 약 51.56초의 시간 차이를 보여주었다. 출발 시 맨 앞에 목발 사용자 2인 있었는데, 7명의 참가자들이 자연스럽게 목발 사용자들을 추월하여 들어왔음에도 많은 시간 소요를 보여주고 있다.

(4) 무궁화호 객차 외부 휠체어 사용자 이동

객차에서 외부로 휠체어를 사용하여 이동하는 것은 불가능하다. 그러므로 타인의 도움을 받아야 한다. 장애인 및 장애인 보호자의 자문결과 이동방법 중 가장 적합한 것은 안기이며, 1인 운반법인 안기로 객차를 하차해야 한다. 이때 소요되는 시간을 측정하여 보았다.

Table 3. Effect of door to movement time on crutches

구분	시간(초)
남자-문열림	102
여자-문열림	83.16
남자-문닫힘	115.62
여자-문닫힘	103.16

Table 4. Effect of crutches users

구분	시간(초)
정상이동	25.56
목발사용자혼합	77.12

Table 5. Wheel chair user and helper group movement time to get out of Car

인원특성	하차 시간(s)
실제 장애인 (남) + 보조자 1인 (남)	28.07
장애인 역할 (여) + 보조자 1인 (남)	22.56
장애인 역할 (여) + 보조자 1인 (남)	10.97
장애인 역할 (여) + 보조자 1인 (남)	11.00

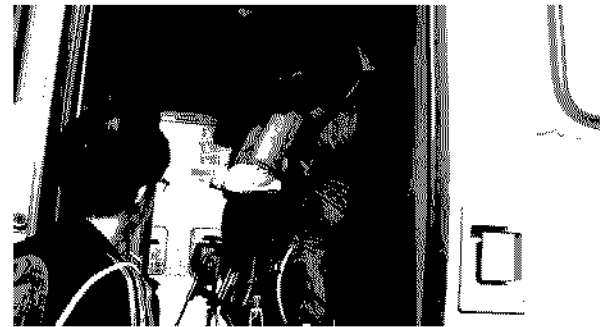


Fig. 8. Wheel Chair Movement Experiment

4.5. 새마을호 차량 피난 실험 수행 및 결과

새마을호에서의 실험은 3개의 연결된 객차에서 진행되었으며, 1호차에서 출발하여 2호차를 거쳐 3호차 객실에 도착하는 것을 완료로 하였다. 출발에서 피난종료지점까지의 길이는 총 35.4m이다. 새마을호는 도면검토결과 휠체어의 이동이 가능하므로 이를 포함하여 총 4개의 Case를 실험하였다.

Table 6. Cases of Experiment

Case	측정 항목	조건
2-1	객차 간 개인 이동시간	걸기
2-2	객차 간 목발 사용자 이동	자력
2-3	객차 간 목발 사용자 이동	업기
2-4	객차 외부 이동	안기

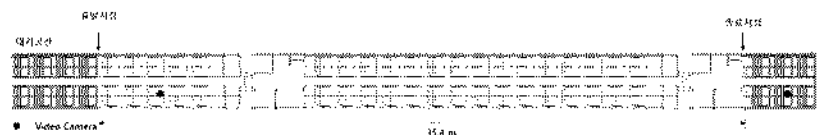


Fig. 9. Plan view of Saemaul and position of camera

(1) 새마을호 객차 간 이동시간 비교

새마을호 편성 객차 내에 설정된 35.4 m의 이동거리에 대해 각 실험그룹에서 측정된 피난 시간의 비교는 다음 Table 7 와 같다. 실험의 결과 여자 20대의 기록이 가장 빠른 것으로 나타났으며, 여성 목발 사용자의 기록이 가장 길게 나타났다. 업기의 경우 여자로만 구성된 3개 조의 평균은 31.58초를 기록했지만, 남자의 2조는 52.96초를 기록하여 개인의 신체적, 체력적 특성으로 인한 영향으로 추정되고 있다.

Table 7. Movement times on Saemaul car

구분	평균시간 (초)
남자 20대	25.82
여자 20대	22.66
남자 30-40대	26.75
여자 6세*	35.63
목발-남자*	56.94
목발-여자*	60.94
목발 업기-남자(1)	36.09
목발 업기-남자(2)	52.96
목발 업기-여자*	31.58

Table 8. Group movement times to get out of Car

구분	평균시간(초)
남자	3.68
여자	3.99
남자+여자*	4.75
목발-남*	7.91
목발-여*	12.47

(2) 새마을호 하차 시간 비교

계단을 통한 하차시간은 남자, 여자 모두 약 4초 정도를 기록하고 있다. 그러나 아이를 앉고 있는 상황, 또는 목발 사용하는 경우에는 2~3배정도 증가하게 되는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 실험의 결과로 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 무궁화호의 차량 실험에서 54m 의 시험구간에서 개인별 이동시간의 측정 비교 결과 가장 빠른 20대 뛰기의 평균은 15.55초이며, 가장 많은 시간을 소모한 휠체어 장애인 역할자+보조자 그룹은 136.69초를 기록하여 121.14초의 차이를 보여주었다.

(2) 무궁화호의 차량 실험에서 54m의 시험구간에서 그룹 이동시 목발사용자가 없는 경우는 25.56초의 시간을 보여주지만, 목발사용자가 2인 포함되는 경우 77.12초를 기록하여 51.56초의 차이를 나타내었다. 목발사용자의 포함 경우 추월하여 가는 경우도 있지만, 많은 시간차이를 보여주고 있다. 이는 1회의 실험결과이며, 차후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

(3) 새마을호 차량 내 35.4m 구간에서 걷기에 의한 기록을 분석해 보면, 업기에 의한 이동은 성별에 의한 영향보다는 개인적 체력과 이송자의 체중에 의한 영향을 받을 것으로 예상되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 “철도종합안전기술개발사업”의 결과이며, 국토해양부의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 박현선,(2008), ‘지체장애 학생의 방과 후 스포츠 활동 참여가 정신건강에 미치는 영향’, 대불대학교 교육대학원 교육학과 특수교육전공 석사논문, pp8-9
2. Taku Shimada, Hideo Naoi (2006), ‘An Experimental Study on the Evacuation Flow of Crowd Including Wheelchair Users’, Fire Science and Technology Vol. 25 No.1
3. 김종훈 외 (2008), ‘지하철 차량에서의 피난실험’, 2008년도 한국화재소방학회 추계학술대회 논문집, pp243
4. 유흥선 외 (2007), ‘지하철 객차 화재발생시 피난시간에 대한 연구’, 한국철도학회 2007년도 춘계 학술대회논문집, pp26-31