

지하철 승강장과 개찰구 유형별 대피안전성 분석

박병직¹ · 박일규¹ · 유용호^{2*}

¹비회원, 한국건설기술연구원

²정회원, 한국건설기술연구원

Evacuation safety analysis depending on the type of subway platform and ticket barrier

Byoung-Jik Park¹, Il-Gyu Park¹, Yong-Ho Yoo^{1*}

¹Korea, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 64, 182 Beon-Gil, Mado-Ro, Mado-Myeon, Hwaseong-Si

ABSTRACT: With the rapid development of modern society, subway has become one of the most typical urban transport systems. Since fire accident occurred at Daegu subway in 2003, importance of life safety and disaster prevention have been widely recognized and many studies have been carried out. As a result of these studies, fire-retardant and non-combustible interior material and platform screen door with passenger guide indication device have been developed, but studies on a subway evacuation criteria have been in a stalemate. Therefore, this study is intended to improve the subway evacuation standard. It is very difficult to take into account whole subway system, so a typological approach to a ticket was carried out referring to previous studies focused on a subway platform. this paper selected the most common subway platforms and estimated evacuation time among 10 platforms from previous studies and 8 from this study. As a result, evacuation time exceeded 6 minutes which is the guideline of existing standard. Therefore, it is necessary to update the standard for evacuation time and add supplementary conditions which can help establishing the measures for safety facilities and prevention measures.

Keywords: Subway, Evacuation time, Platform, Ticket barrier, Evacuation simulation

초 록: 현대사회가 빠르게 발전함에 따라 지하철은 도시의 대표적인 이동수단으로 발전해왔다. 그러나 2003년 대구지하철 화재사고를 통하여 지하철의 인명안전과 방재의 중요성 인식되었으며, 현재까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 지하철 전동차 내장재의 난연화·불연화와 승강장의 스크린 도어 및 안내표시 등이 대표적 결과라고 볼 수 있으나, 지하철 대피기준에 대한 연구의 진행은 미진하다. 이에 본 연구에서는 지하철 대피기준 개선의 기초연구를 진행하였다. 그러나 복잡하고 다양한 지하철 전체를 대상으로 하기에는 어려움이 있어, 기존의 연구 중 승강장을 유형화 한 연구를 참고하여 개찰구를 유형화 하였다. 기존 연구의 지하철 역사 승강장의 유형 10개와 본 연구의 개찰구의 유형 8개를 정리하여, 1~4호선 지하철 역사 중 가장 많은 유형을 선정하여 대피 시간을 계산하였다. 대피시간 계산결과가 지하철의 대피 기준 시간 6분을 초과하는 것으로 나타남에 따라 지하철 대피 시간에 대한 기준을 개선하거나 추가적인 조건이 필요하다고 판단되었다. 따라서 지하철 역사에 안전을 위한 시설 및 방재대책이 요구된다.

주요어: 지하철, 대피시간, 승강장, 개찰구, 피난 시뮬레이션

*Corresponding author: Yong-Ho Yoo

E-mail: yhyoo@kict.re.kr

Received April 3, 2015; Revised April 13, 2015;

Accepted April 16, 2015

1. 서론

지하철은 영국에서 1843년을 시작으로 각 나라의 주요 도시에서 건설되어 왔다. 현대사회에서는 인구와 교통량이 증가함에 따라 지상의 공간이 부족해지면서 지하철에 관한 이목이 더욱 심화되고 있다.

대부분의 지하철은 이용승객이 설계시점에 예상한 것 보다 많이 증가한 상태이며 불특정 다수 인원이 동시간대에 집중 된 상황이다. 또한 지하철 역사와 같은 지하공간에서 반 밀폐공간이라는 특수성으로 인해 화재가 발생할 경우 ‘대구지하철화재 사고(Daegu City, 2005)’의 사례 같이 피해 규모가 매우 커질 수 있다. 이는 지하철이 일반적인 지상의 건축물과 다르게 화재 발생 시 대피로와 소방대원의 진입 경로, 그리고 연기의 확산경로가 겹칠 수 있기 때문이다. 또한 ‘축소 모형을 이용한 지하철터널에서의 연기 전파거리 측정(Kim et al., 2010)’와 ‘A study on safety evaluation by changing smoke ventilation mode in subway tunnels (Rie Dong-Ho, 2003)’ 연구에서는 어떠한 대상이라도 원천적으로 화재를 방지하는 것이 불가능하다고 서술한 점과, 화재로 인한 인명피해는 화염자체보다 연기의 확산이 주된 원인이라는 점을 고려해 볼 때, 지하철은 구조적 특성 때문에 화재에 대한 인명피해가 발생하기 쉽다.

본 연구에서는 지하철 대피기준의 개선에 대한 기

초 연구로 다양한 형태의 승강장과 개찰구를 몇 개의 유형으로 분류 시뮬레이션을 통해 대피시간을 산출하였다. 승강장의 경우 ‘테러 및 화재 시 지하철 역사 유형별 대피 성능에 관한 연구(Park, 2012)’에서 같이 상대식 승강장과 섬식 승강장을 각각 5개의 유형으로 분류하였으며, 개찰구는 상대식 승강장과 섬식 승강장을 각각 4개의 유형으로 분류하였다. 그리고 분류된 승강장과 개찰구를 대상으로 국내에서 대표적으로 사용되는 피난프로그램인 SIMULEX를 사용하여 대피시간을 산출하였다.

2. 본론

2.1 지하철 승강장의 유형 분류

지하철 승강장의 유형 분류는 관련 연구보고서와 법령을 중심으로 정리하였다. “복합환승센터 설계 및 배치 기준 제정(2013)”과 “철도설계기준(2015)”의 내용을 중심으로 정리하였다. 승강장의 조건으로는 계단부와 승강장연단과 2.5 m 이상 이격하도록 한다. 승강장길이는 앞뒤로 5 m 연장하도록 하며, 승강장단부에 환승통로 혹은 계단이 있는 경우에 해당단부에 별도로 6 m를 연장하도록 한다. 상대식 승강장 폭은 최소 4 m, 섬식 승강장 폭은 최소 9 m가 되도록 한다. 승강장 연단부로부터 1.5 m 이내에는 기둥 등의 구조

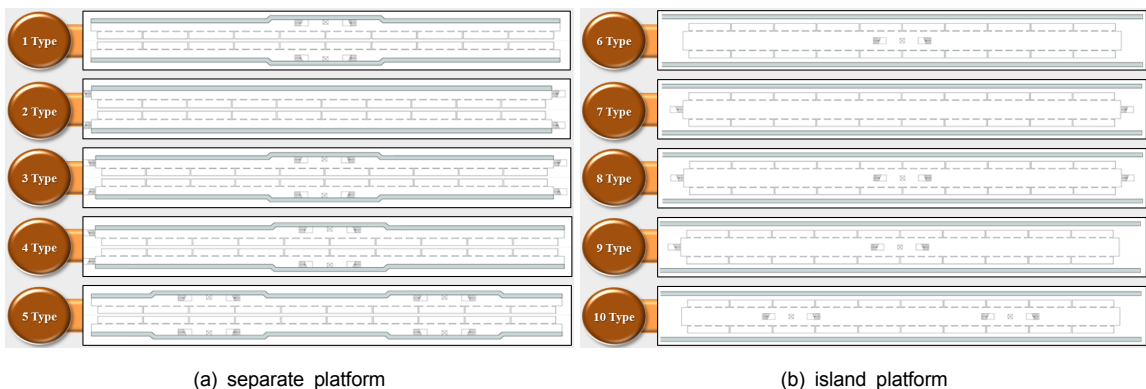


Fig. 1. Platform Type

Table 1. 1~4 Line platform category(2012)

Line	Type												Location	Stairs Number
	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	etc.		
1	10	1	0	1	2	4	0	0	1	0	1	0	1.90	7.00
2	50	7	4	0	2	26	1	0	0	0	7	3	2.02	6.62
3	34	5	1	0	1	11	3	2	1	1	8	1	2.74	5.32
4	26	3	0	1	1	14	1	1	3	2	0	0	2.11	6.19
Synthesis	120	16	5	2	6	55	5	3	5	3	16	4	2.19	6.28

물 설치를 하지 않도록 한다. 대합실로 올라가는 계단 하부에는 기능실로 활용 가능하다. 이 조건에 따라 Fig. 1의 형태로 지하철 승강장의 유형을 분리하였으며, Table 1는 분류한 유형에 따라 서울지하철 1~4호선 120개 역사를 구분하였다.

2.2 지하철 개찰구의 유형 분류

개찰구에 대한 조건의 경우, 지개표구와 전면계단은 6 m이상 떨어져야 하며, 집꺾구 및 계단 앞 10

m 이내에는 지장물이 있어선 안 된다. 매표소 및 자동 발매기 전방에는 휠체어 이용자의 사용을 고려하여 185 cm × 200 cm의 최소공간이 확보되어야 한다. 매표소와 개표구를 근접 배치하여 한 방향으로 집중 배치 되어야 하며, 화장실은 매표소에 인접배치 하도록 하여, 승객의 대기행렬 이동에 방해되지 않도록 계획한다. 승객흐름의 교차를 최대한 억제하며, 막다른 동선을 배제하도록 한다. 계단의 최소 폭은 3 m이상 이 되도록 한다. 전면의 최소 여유 공간은 통로~계단: 4 m, 계단~개찰구: 6 m, 계단~지상거리: 6 m, 계단

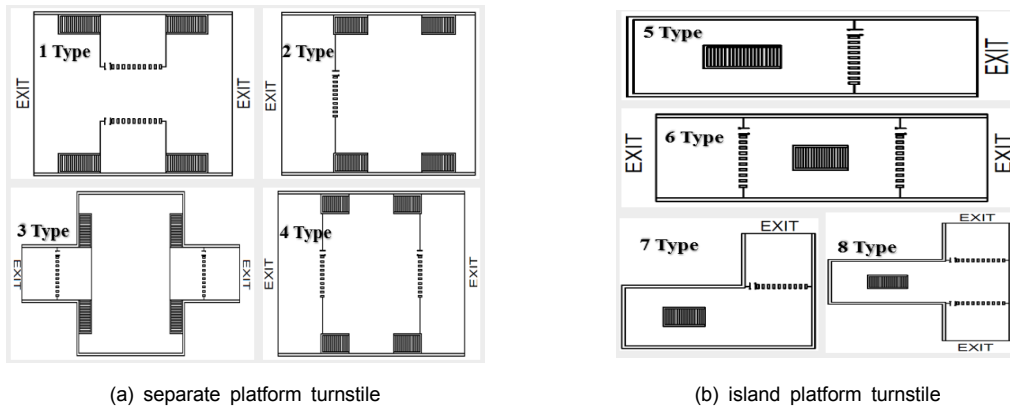


Fig. 2. Platform Type Turnstile

Table 2. 1~4 Line platform turnstile category(2014)

Line	1 Type	2 Type	3 Type	4 Type	5 Type	6 Type	7 Type	8 Type	etc.	Total
1	8	3	29	5	11	1	4	0	7	68
2	27	1	14	3	5	0	4	2	3	59
3	10	0	17	1	11	0	7	1	5	52
4	20	14	17	0	6	1	4	0	5	67
Synthesis	65	18	77	9	33	2	19	3	20	246

Table 3. Simulex setting

Item	Condition
situation	Up line and down line subways stopped
moving speed	1.0 m/s
human	adult male
delay time	0 sec
number of people	3,200(subway) + 600(platform) = 3,800 person

참 : 1.5 m로 계획이 되도록 한다. 조건에 따라 Fig. 2의 형태로 지하철 개찰구의 유형을 분리하였으며, Table 2는 분류한 유형에 따라 ‘서울지하철 1~4호선 246개 개찰구(서울메트로 홈페이지 역이용정보 - 교통센터)’를 구분하였다.

2.3 피난시물레이션 진행

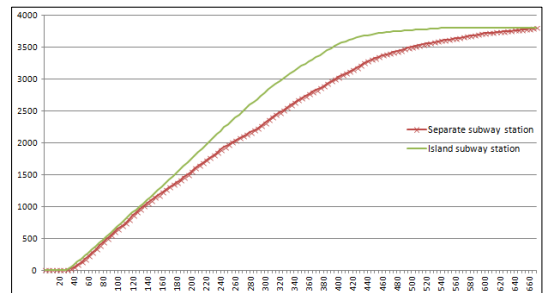
본 연구에서는 피난 전용 시물레이션인 SIMULEX를 사용하였다. 대피에 대한 조건은 전동차 1량 당 정원인 160명으로 산정하였으며, 상·하행선 모두 정차된 상황으로 전동차에서는 3,200명 그리고 하루 평균 지하철 이용객을 기준으로 승강장에서는 600명의 대피 인원을 설정하였다. 대피자의 특성의 경우 이동속도는 1.0 m/s, 반응시간은 화재 발생 시 바로 대피한다고 가정하였고, 모든 대피자가 동시에 대피하는 것으로 설정하였으며, 시물레이션의 조건은 Table 3과 같다. 마지막으로 시물레이션의 대상은 실제 역사에서 가장 많이 볼 수 있는 유형으로 선정하였는데, 상대식 지하철 역사의 승강장과 개찰구의 경우 5번과 3번 섬식 지하철 역사의 경우 10번과 5번이 바로 그 대상이다.

3. 결과해석

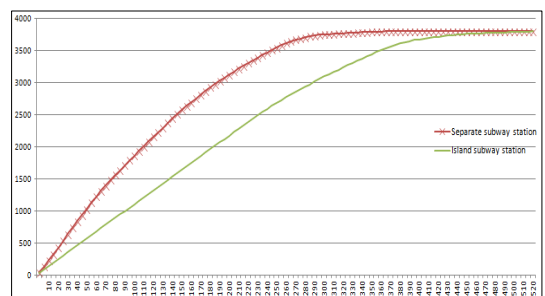
시물레이션을 통해 상대식 지하철 역사의 최종 대피 시간은 675초, 섬식 지하철 역사의 최종 대피 시간은 555초로 분석되었다.

상대식 지하철 역사와 섬식 지하철 역사의 대피결

과를 Fig. 3을 통해 비교 하였다. 최종 대피 시간은 섬식 지하철 역사가 상대식 지하철 역사보다 짧다. 그러나 승강장 층에서의 대피는 섬식 지하철 역사가 520초, 상대식 지하철 역사가 370초로 상대식 지하철 역사의 대피 시간이 짧다. 섬식 지하철 역사의 경우 상대식 지하철 역사 보다 승강장 대피 시간과 최종 대피 시간의 차이가 적다. 이러한 대피 시간의 이유는 개찰구에서의 병목현상 때문이며, Table 4의 시간에 따른 개찰구 대피 진행을 보면 확인이 가능하다. 약 120초부터 상대식 지하철 역사의 개찰구는 병목현상이 발생하고 섬식 지하철 역사의 개찰구는 대피의 완료까지 개찰구에서의 병목현상은 일어나지 않는다. 병목현상의 발생원인은 상대식 지하철 역사의 경우 승강장 층에서 개찰구 층으로의 대피 계단이 2개소로 계단이 1개소인 섬식 지하철 역사 보다 동시에 많은 인원이 개찰구 층으로 대피가 가능하기 때문이다. 그 결과 개찰구의 동시 통과 가능 인원의 초과로 상대식



(a) The number of cumulative separate and island subway evacuee



(b) The number of cumulative separate and island platform evacuee

Fig. 3. comparison of Simulation results

Table 4. Simulation results

Separate subway station						
platform	240 sec					
turnstile						
	60 sec	120 sec	180 sec	240 sec	300 sec	360 sec
Island subway station						
platform	240 sec					
turnstile						
	60 sec	120 sec	180 sec	240 sec	300 sec	360 sec

지하철 역사의 개찰구에서 병목현상이 발생하였다.

4. 결론

본 연구에서는 정거장 대피 기준에 대한 개정 제시를 위하여 복잡하고 다양한 지하철 역사를 유형 별로 분류 및 단순화시켰다. 또한 분류 된 지하철 역사를 실제 지하철 1~4호선에 대입하여 각 유형의 개소를 확인하였으며 가장 많이 적용된 유형을 대상으로 피난시뮬레이션을 진행하였다. 그 결론을 기술하면 다음과 같다.

1. 서울 지하철 1~4호선의 상대식 승강장의 경우 유형 5번에 해당되는 지하철 역사의 개소가 가장 많았으며, 섬식 승강장의 경우 유형 10번에 해당되는 지하철 역사의 개소가 가장 많았다.
2. 1~4호선의 상대식 지하철 역사 개찰구의 경우 유형 3번이 가장 많았으며, 섬식 지하철 역사 개찰구의 경우 유형 5번이 가장 많았다.
3. 가장 많은 유형을 대상으로 피난시뮬레이션을 진행하였을 때, 상대식 지하철 역사는 675초, 섬식

지하철 역사는 555초로 산출되었다. 지하철 역사에서의 대피시간은 6분을 넘었으며, 또한 정거장 대피기준 보다 크다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 병목현상으로 인해 상대식 지하철 역사는 섬식 지하철 역사 보다 승강장에서 대피 시간은 짧지만 최종 대피시간이 크다. 이러한 병목현상은 승강장에서 개찰구로의 대피 인원이 개찰구의 동시 통과 인원을 초과하여 발생하였다.

유형화 한 지하철 도면을 통한 대피 시간이 정거장 대피기준의 시간보다 큰 것을 확인 할 수 있었으며, 실제 지하철의 경우 유형화 된 지하철 도면보다 복잡하고 출퇴근 시간과 같은 피크 시간의 대피 인원을 생각한다면 실제 역사에 대한 대피시간 역시 정거장 대피기준을 크게 초과할 것이라 예상할 수 있었다. 또한 개찰구와 같은 좁은 통로에서의 병목현상은 대피 시간을 크게 증가하여 위험을 초래할 수 있다. 따라서 지하철 역사의 시스템적인 안전강화 및 대피에 대한 연구를 통해 지하철 대피 기준의 개선 필요하다는 결론을 내릴 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 차세대핵심소방안전기술개발사업(NEMA-차세대-2014-47)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Kim, E.S., Cho, J.H., Kim, M.H. (2010), “The study of outflow rate of stair and turnstile in subway station - comparison between measurement and simulation”, Fire Science and Engineering, Vol. 24, No. 3, pp. 33-38.
2. Park, B.J. (2012), “A study on evacuation performance for various subway station categories during acts of terror or fires”, Koreauniversity, p. 49.
3. Rie, D.H. (2003), “A study on safety evaluation by changing smoke ventilation mode in subway tunnels”, Tunnelling Technology, Vol. 5, No. 4, pp. 389-400.
4. Seoulmetro homepage - traffic information. <http://dmzap1.seoulmetro.co.kr/station/stationinfo.action?stationId=0226&mainLine=2>
5. 大邱地下鐵 中央路驛 火災事故 白書 (2005), Daegu City.