

위생기구(변기) 수 분석을 통한 지하철역의 임시 대피인원 수용 능력 산정

Subway Station's Seating Capacity of Temporary Evacuees from Disastrous Situation through Analyzing the Number of Toilets

손병후(Byonghu Sohn)[†], 황은경(Eun-Kyoung Hwang)
한국건설기술연구원 공공건축연구본부

Building Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712

(Received March 8, 2013; revision received April 24, 2013)

Abstract With advantages of open spaces and existing HVAC facilities, subway station, if unexpected disastrous situation happens on the ground, can be used as a temporary safe place for evacuees. The main objective of this study is to establish a guideline on estimating evacuation capacity of the subway station and evaluating levels of service of evacuation for officials to control the situation. This guideline includes available spaces of the station, capacity of sanitary fixtures, and total number of passengers, etc. In this paper, we first analyzed the number of passengers of SMRT (Line 5~Line 8) during AM peak hour and then evaluated the number of passengers using toilets at that time. In addition, we calculated the seating capacity of subway stations on SMRT using the difference between the actual number of toilets and the estimated number of ones from the occupancy time of each toilet.

Key words Toilet(위생기구 또는 변기), Subway station(지하철역), Temporary evacuation(임시 대피), Seating capacity(수용 능력), Disastrous situation(재난 상황)

[†] Corresponding author, E-mail: byonghu@kict.re.kr

기호설명

C_F : 대피인원 수 또는 수용 능력 [pers.]
 N_P : 첨두시 필요 변기 수 [ea]
 N_T : 실제 변기 수 [ea]
 P_0 : 일평균 총 승·하차 승객 [pers./day]
 P_P : 첨두시 승·하차 승객 [pers./h]
 P_T : 첨두시 화장실 이용 승객 [pers./h]
 P_u : 변기 1개당 사용 가능 인원 [pers./h · ea]
 $P_{u,avg}$: 변기 1개당 P_u 의 평균값 [pers./h · ea]
 r_0 : 이용률, 식(2) [%]
 r_p : 이용률, 식(2) [%]
 T_u : 변기별 점유시간 [min]
 $T_{u,avg}$: 변기별 점유시간의 평균값 [min]

1. 서론

최근 들어 우리나라는 각종 재난이 자주 발생하고

있으며 그 규모와 피해도 점차 커지는 추세다. 통상 재난은 자연재난·인적재난·기반재난으로 구분한다. 자연재난은 태풍·홍수·가뭄·지진과 같이 자연현상 때문에 발생하며, 인적재난은 화재·폭발·환경오염 등 주로 사고에 의해 발생한다. 마지막으로 기반재난은 에너지·통신·금융 등 국가 기반체계를 마비시키는 피해를 의미한다. 더불어 국지 도발이나 테러에 의한 국가 비상사태가 언제라도 일어날 수 있다.

재난을 사전에 예방하는 것이 무엇보다 중요하지만, 만약 상황이 발생했을 경우, 최우선 과제는 시민들의 안전을 확보하는 일이다. 아울러 재난 발생 지역의 시민을 안전한 장소로 대피시키고, 상황이 장기간 지속될 여지가 있다면 이재민들이 생활할 수 있는 임시 거주공간을 마련하는 일 역시 중요하다. 이 점에서 지하철역을 임시 거주공간이나 대피공간으로 활용할 수 있다(Fig. 1). 참고로 지하철역은 민방위기본법에서 폭격에 대한 방호기능을 갖춘 2등급 시설로 분류된다.

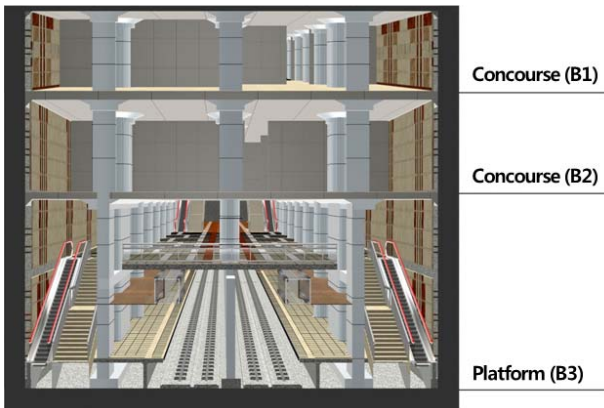


Fig. 1 Sketch of subway station.

지하철역은 위생설비를 비롯하여 각종 설비들을 갖추고 있다. 이러한 설비 중 임시 거주공간이나 대피공간의 거주성(habitability)과 관련이 있는 설비들은 냉·난방, 공조, 급·배수 그리고 위생설비 등이다. 따라서 재난대비용으로 지하철역을 활용하고자 할 때, 해당역의 설비에 대한 정보를 미리 알고 있어야 한다. 이는 지상의 임시 거주시설은 그 규모와 제반 인프라를 임의적으로 제공할 수 있지만, 지하철역은 이미 설치된 설비를 이용하기 때문이다. 아울러 이재민(또는 대피인) 수용이 지하철역 대합실의 거주 환경에 미치는 영향을 예측한 후, 이를 바탕으로 역 규모에 적합한 수용 가능 인원을 산정할 필요가 있다. 또한 거주 환경 확보를 위한 최소 공간 기준과 공간 계획 그리고 각종 설비의 운영 지침 등을 체계적으로 구축할 필요가 있다.

지하철과 관련하여 지하 공기질(air quality) 향상, 스크린도어와 같은 안전시설 설치 효과 그리고 화재 시 피난 시뮬레이션에 대한 연구들이 주로 수행되었다.⁽¹⁻⁴⁾ Lee and Kil⁽⁵⁾은 지하철 화장실의 적정 규모를 평가하

기 위해 미국과 일본의 사무실 사례를 적용하였다. 비록 지하철 환경과 다르지만, Moon et al.⁽⁶⁾은 국내 사무소 건물의 적정 위생기구(변기) 수를 계산하기 위한 방법을 제시하였다. 이들은 근무자의 화장실 이용 형태를 설문조사한 후, 성별과 연령대에 따른 변기 사용 시간 분포를 제시하였다. 반면 대피공간으로서 지하철역의 가능성을 평가한 연구는 거의 없다. 최근 Sohn et al.⁽⁷⁾은 지하철역을 대피공간으로 활용할 때 고려해야 하는 사항들을 냉·난방 설비와 공조설비 측면에서 정리하였다.

지하철역을 재난대비용 임시 거주공간으로 활용하는 데 필요한 지침과 평가 항목 등을 마련하는 것이 본 연구의 목적이다(Fig. 2). 이러한 평가 항목으로 지하철역 대합실의 가용 면적과 내부 구조, 위생설비를 포함한 각종 설비의 용량, 지하철 이용 승객 수와 이용 형태(pattern) 등을 들 수 있다. 여러 항목 중 본 논문에서는 위생기구(변기)와 승객 수에 초점을 맞추어 지하철역의 최대 수용 능력을 평가하였다. 이를 위해 지하철 이용 승객과 위생기구 현황 그리고 위생기구별 사용시간 등을 분석하였다. 분석 결과를 토대로 지하철역에 설치된 실제 변기 수와 필요 변기 수의 차이만큼 이재민을 수용할 수 있다는 가정 하에, 지하철역의 수용 능력(인원 수)을 계산하였다. 또한 본 논문에서는 지하철역을 대피공간으로만 활용하는 것으로 제한하였다.

2. 서울시철도(SMRT) 이용 현황

2.1 수도권 도시철도 일반 현황

우리나라 도시철도는 1974년 8월 15일 개통한 1호선(서울역~청량리역, 총 7.8 km, 10개 역)이 시작이다. 이후 꾸준히 증가해, 2012년 1월 기준 서울 9개, 부산

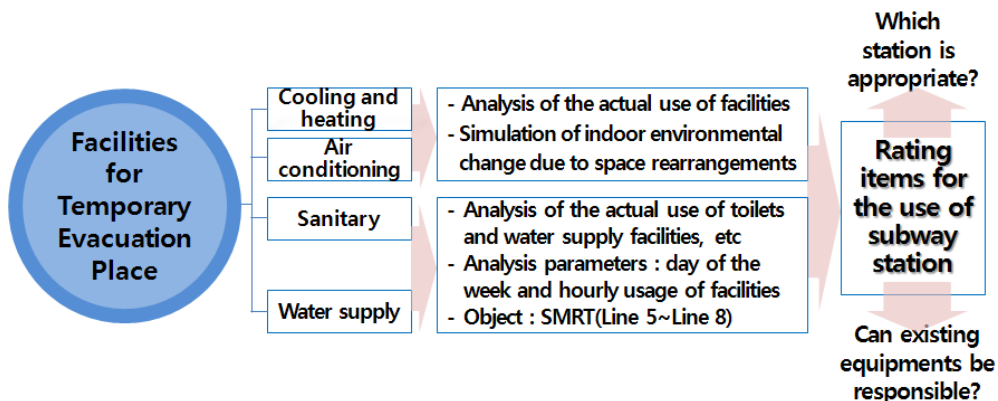


Fig. 2 Analysis objective and process for this study.

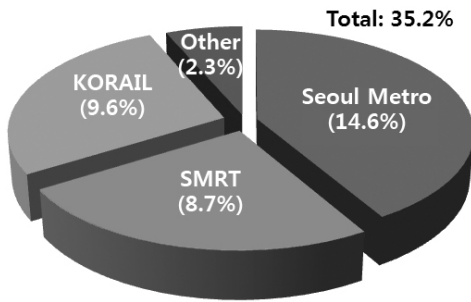


Fig. 3 Transport sharing ratio of each subway operating organization in Seoul.

5개, 대구 2개 그리고 인천, 광주, 대전에 각각 1개 등 총 19개 노선을 운영하고 있다. 서울과 광역시의 도시철도 총 길이는 약 570 km이며 총 역사는 544개다. 여기에 수도권 광역전철 13개 노선(578.7 km)이 운영되고 있다.

전국의 도시철도와 수도권 광역전철 중 서울에는 서울메트로(Seoul Metro)가 운용하는 1~4호선, 서울특별시도시철도공사(Seoul Metropolitan Rapid Transit Corp., 이하 '서울도시철도' 또는 'SMRT')가 운영하는 5~8호선 그리고 서울 9호선운영(주)가 관리하는 메트로9(9호선)이 있다. 특히 국내 최초로 민간자본으로 건설된 메트로9는 2009년 7월에 제1단계 26.9 km(개화~신논현)를 개통하였으며, 2016년까지 9.1 km를 더 연결할 예정이다. 2012년 1월 기준, 서울의 도시철도 총 길이는 316.8 km이며 전체 역 수는 294개에 달한다.⁽⁸⁻⁹⁾

서울시와 수도권의 교통수단 중, 도시철도(지하철과 광역전철)가 차지하는 비율은 35.2%로 가장 높은 수치다. 다음으로 버스가 27.8%이며 승용차가 25.9%로 그 뒤를 잇고 있다. 택시와 기타 교통수단은 각각 6.2%와 4.9%로, 상대적으로 낮은 수치를 보이고 있다. Fig. 3은 2011년의 도시철도 분담률 35.2%를 각 운영기관별로 나타낸 것이다. 서울메트로(14.6%)·서울도시철도(8.7%)·코레일(9.6%) 순으로 승객을 수송하고 있으며, 기타 노선(메트로9·인천교통공사·공항철도·신분당선)이 나머지 2.3%를 담당하고 있다.⁽⁸⁻¹⁰⁾ 국내 최다 승객을 수송하는 2호선은 서울메트로 전체 승객 수의 거의 절반인 49.5%(일평균 200여만 명)를 차지하고 있다. 이 수치는 서울도시철도 전체 수송 승객(일평균 250여만 명)의 83.2% 그리고 코레일의 수도권 전철 승객의 75.0%에 달한다.

Fig. 4는 서울메트로, 서울도시철도 그리고 코레일(광역전철)의 일평균 수송 승객(승차+유입승객) 추이를 나타낸 것이다. 지하철 건설 초기에는 승객 수가 가파르게 증가하였으나, 2000년 이후 호선이 늘면서 승객이 분산되는 것을 볼 수 있다. 또한 최근 몇 년 동안 지하철 승객이 다소 증가하고 있음을 볼 수 있다.

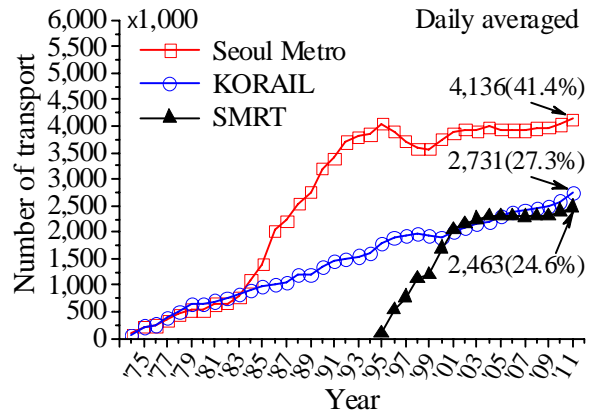


Fig. 4 Daily averaged number of transport(boarding+flow) in Seoul Metro, KORAIL, and SMRT.

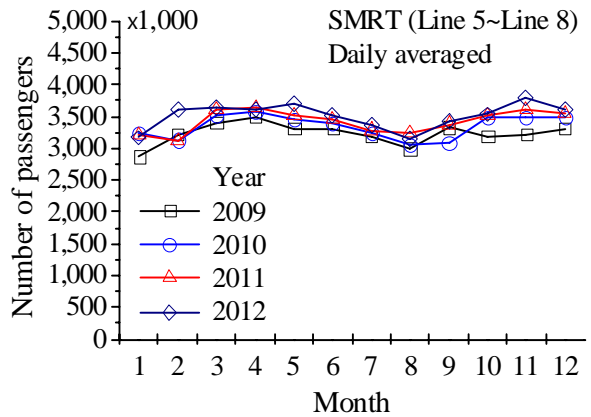


Fig. 5 Monthly number of passengers of SMRT (Line 5~Line 8).

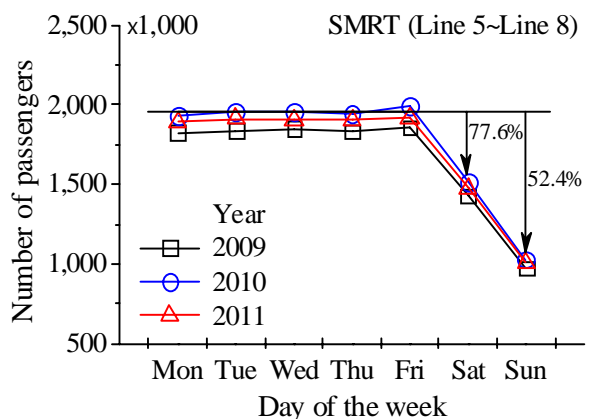


Fig. 6 Daily number of passengers of SMRT (Line 5~Line 8).

2.2 서울도시철도(SMRT) 이용 승객 현황

우리나라 지하철 운영기관들이 지하철 이용 통계를 작성할 때, 승차·하차·유입·수송승객 수 등을 이용한다.^(8,9) 본 논문에서는 지하철역의 위생기구(변기)를 이용하는 승객 수 등을 주로 분석했기 때문에, 특별한 언급이 없는 한, 지하철 이용 승객(또는 지하철 승객)은 승차와 하차인원을 더한 값이다. 아울러 분석 대상을 서울도시철도(5~8호선)로 제한하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 최근 3, 4년 동안 서울도시철도를 이용한 승객 수의 추이를 나타낸 것이다. 월별 전체 승·하차 승객의 일평균 값을 Fig. 5에 그리고 요일별 전체 승·하차 승객의 평균값을 Fig. 6에 도시하였다. 앞선 Fig. 4 또는 Fig. 5에서 보듯이, 전체 이용 승객은 다소 증가하였지만, 월별 이용 형태에서는 큰 차이가 없었다. 승객이 가장 많은 달은 3월과 11월이며, 가장 적은 달은 8월이었다.

요일별 이용 형태를 보면, 평일 대비 토요일과 일요일(공휴일)의 형태가 확연한 차이를 보였다(Fig. 6). 서울도시철도의 2011년 데이터에서 토요일 승객은, 평일과 비교했을 때, 77.6% 그리고 일요일(공휴일) 승객은 52.4%였다. 이러한 데이터는 향후 도심에서 재난 상황이 발생했을 때, 대피인원을 수용하거나 또는 임시 거주공간의 기반 시설을 구축하는 데 필요한 기초 자료로 활용될 수 있을 터이다.

Fig. 7은 서울도시철도의 2011년 승·하차 승객을 시간대별 분포(이용률, usage rate)로 나타낸 것이다. 평일(weekday)에는 오전 8시에서 오전 9시 사이에 최대 이용률(13.1%)을 보였다. 참고로 2010년과 2012년의 최대 이용률은 각각 13.1%와 13.2%로 연도별 차이는 거의 없었다. 아울러 토·일요일(공휴일)에는 평일과 다른 경향을 보였으며, 이는 쉽게 예측할 수 있는 결과다.

Fig. 7이 서울도시철도 전체 역의 평균값이라면, Fig. 8과 Fig. 9는 특정 역의 평일 시간대별 이용 형태를 도시한 것이다. Seong and Kim(11)은 서울메트로(1~4호선)의 2호선 일부 역을 대상으로 시간대별 승·하차 승객 수와 이용률을 분석한 후 지하철역을 주거중심, 고용중심, 상업 및 여가중심 그리고 각각의 기능이 혼재된 복합 지역 등으로 구분하였다. 서울도시철도(5~8호선)의 모든 역사 역시 이 같은 구분을 적용할 수 있는 것으로 분석되었다.

서울도시철도 5호선 광화문(Gwanghwamun)역의 출근(오전 8~9시)과 퇴근(오후 6~7시) 시간대 승·하차(boarding+alighting) 승객 수는 거의 유사하였다(Fig. 8). 다만 오전 출근 시간에는 하차 승객이 그리고 오후 퇴근 시간에는 승차 승객이 더 많았다. 이는 광화문역의 주변 특성(상업 및 고용중심 지역)을 말해주는 결과다. 반면 주거중심 지역으로 볼 수 있는 6호선 응암(Eungam)역은 오전 출근 시간대에 최대 이용률을 보였다(Fig. 9). 아울러 광화문역과 달리, 오전에는 승차 승객이 그리고 오후에는 하차 승객이 더 많았다.

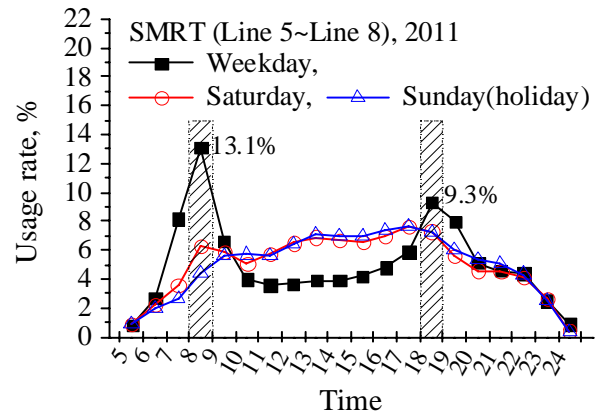


Fig. 7 Distribution of passengers of SMRT (Line 5~Line 8) with respect to time for 2011.

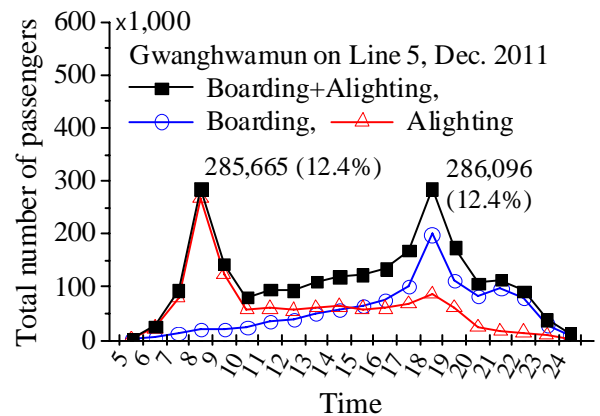


Fig. 8 Distribution of passengers in Gwanghwamun station on Line 5.

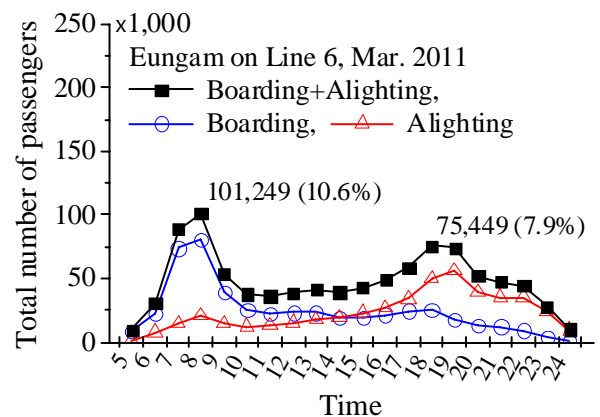


Fig. 9 Distribution of passengers in Eungam station on Line 6.

2.3 서울도시철도 위생기구(변기) 현황

우리나라 지하철 화장실은 불특정 다수가 이용하기 때문에 위치도 중요하지만, 화장실 이용 인원 예측에 따른 화장실의 적정 규모와 변기를 포함한 각종 위생기구 수를 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 도시 발전과 인구 증가로 인해 지하철 개통 전에 지하철 이용 인원과 화장실 이용 인원을 정확하게 산정한다는 것은 사실상 매우 어렵다.

Table 1은 지하철역의 변기 산정 표를 나타낸 것이다. 승객용 변기 산정은 지하철역의 위생기구 산출기준과 공중화장실에 관한 법률 제7조 및 동법 시행령 제6조에 의해 산출한 수량과 비교하여 큰 값을 적용한다. 또한 지하철역 화장실을 개찰구 외부에 둘 경우, 위에서 산출한 수에 40%를 더하여 설치하고 있다.

서울도시철도와 서울메트로(1~4호선)의 2012년 1월 기준 실제 변기 수를 Table 2에 정리하였다. 이 값들은 지하철역의 대합실에 있는 수량을 집계한 것이며, 차량기지의 변기와 같이 일반 승객들이 이용할 수 없는 변기들은 제외하였다. 아울러 전체 변기 수에서 각각의 변기가 차지하는 비율(%)도 함께 표기하였다. 서울도시철도(5~8호선)에는 5호선에 885개, 6호선에 630개, 7호선에 759개 그리고 8호선에 279개 등 총 2,553개의 변기가 설치되어 있다. 전체 변기에서 각 변

Table 1 Reference chart for installing toilets in subway station

Daily boarding passengers(×1,000)		~ 30	~ 40	~ 50	~ 60	~ 70	~ 100
		Man	closet	2	2	2	3
	urinal	3	4	4	5	5	7
Woman's closet		2	2	3	3	3	4

Table 2 Total number of toilets in Seoul Metro (Line 1~Line4) and SMRT(Line 5~Line 8)

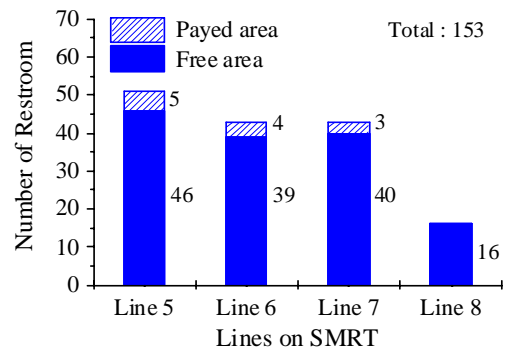
	Line	Man's closet(%)	Man's urinal(%)	Woman's closet(%)
		Line 1	45(21.6)	63(30.3)
Seoul Metro	Line 2	219(21.0)	316(30.3)	509(48.8)
	Line 3	127(23.5)	193(35.7)	221(40.9)
	Line 4	120(22.1)	178(32.8)	244(45.0)
	Sum	511(21.9)	750(32.1)	1,074(46.0)
	Line 5	187(21.1)	301(34.0)	397(44.9)
SMRT	Line 6	117(18.6)	253(40.2)	260(41.3)
	Line 7	150(19.8)	285(37.6)	324(42.7)
	Line 8	62(22.2)	107(38.6)	110(42.7)
	Sum	516(20.2)	946(37.1)	1,091(42.7)

기가 차지하는 비율은 20%(남자 소변기), 37%(남자 대변기), 43%(여자 변기)이며, 이를 개수로 환산하면 4 : 8 : 9이다.

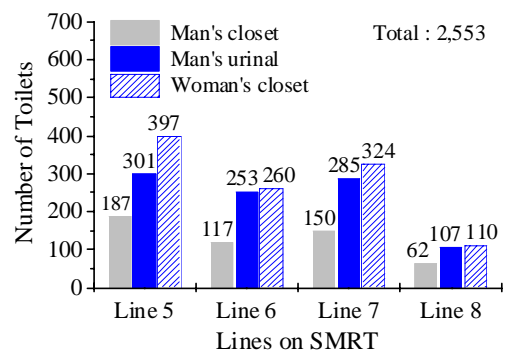
국내 지하철 화장실(restroom)은 공중 화장실 개념을 적용한다. 즉 지하철 승객뿐만 아니라 일반 통행인도 이용할 수 있도록 주로 지하철역의 개찰구 외부(free area)에 화장실을 설치하고 있으며 이는 Fig. 10(a)에서 확인할 수 있다. 서울도시철도 5호선에는 전체 화장실이 51곳이며, 이중 개찰구 외부에 46개(90.2%) 그리고 개찰구 내부(payed area)에 5개(9.8%)가 있다. 나머지 6~8호선인 경우 개찰구 내·외부 설치비율 차이가 점차 증가하여 최근에 개통된 8호선에는 모든 화장실이 개찰구 외부에 있다. Fig. 10(b)는 서울도시철도 변기 수를 그래프로 나타낸 것이다.

3. 철두시 필요 위생기구(변기) 수 평가를 통한 임시 대피인원 수용 능력 산정

건축설비의 용량을 결정할 때, 해당 설비의 철두부하(peak load)에 맞춰 용량을 산정하는 것이 일반적이다.



(a) Number of restroom



(b) Number of toilets

Fig. 10 Total number of restroom and toilets in SMRT (Line 5~Line 8).

지하철도 예외는 아니며, 이용 승객이 가장 많은 시간-통상 오전 출근 또는 오후 퇴근 시간-을 기준으로 각종 시설의 용량을 결정한다. 지하철역 변기인 경우, 설계부하는 이용 승객(승·하차 인원) 수가 될 터이다. 따라서 변기 수량을 결정할 때, 첨두시 지하철 승객과 이중 화장실 이용 승객 그리고 변기 사용시간(점유시간) 등을 정확하게 예측하는 것이 중요하다.

변기 사용시간은, 지하철역 화장실의 적정 규모 결정뿐만 아니라, 본 논문에서 다루는 대피인원 수용능력 산정에도 중요한 변수다. 하지만 지하철역의 변기 사용시간을 정량적으로 분석한 결과는 거의 없다. 이는 변기 이용은 자연적인 생리현상이고, 따라서 예측 가능한 수치로 표현하는 것이 어려우며, 또한 사용시간을 측정하는 데 현실적인 제약이 따르기 때문이다. 변기 사용시간(average occupancy time, T_u)과 첨두시(오전 8시~오후 9시) 변기 1개당 사용가능 인원(P_u)을 Table 3에 정리하였다.

앞서도 언급하였듯이, Lee and Kil⁽⁵⁾은 지하철 화장실의 적정 규모를 평가하기 위해 미국과 일본의 사무실 사례를 평균하여 적용하였다. 즉, 남자 대·소변기와 여자 변기의 평균 점유시간으로 각각 3분, 0.67분(40초), 1.83분(1분 50초)을 이용하였다. 비록 지하철 환경과 다르지만, Moon et al.⁽⁶⁾은 국내 사무소 건물의 적정 변기 수를 산정하기 위해 근무자의 화장실 이용 형태 등을 설문조사한 후, 성별과 연령대에 따른 변기 사용시간 분포를 제시하였다. 성별 분석결과만 보면, 남·여 소변은 1~3분 그리고 남·여 대변은 3~5분이 가장 큰 비중을 차지하였다. 지하철역인 경우 실제 측정된 데이터가 없기 때문에, 위에서 언급한 수치들을 참고한 후 여유 값을 더해 Table 3의 값들을 산정하였다.

서울도시철도의 5호선을 대상으로 변기 사용시간이 변기 수에 미치는 영향을 분석하였다. 기준조건(Case-1)은 Table 3의 변기별 사용시간과 이 값들의 평균 값($T_{u,avg}$, 2.33분)이다. 기준조건에 대해 시간을 10%(2.57

분, Case-1b)와 20%(2.8분, Case-1a)로 늘렸을 경우 그리고 동일한 비율로 줄였을 경우(Case-1c와 Case-1d), 필요한 변기 수를 계산하였으며 결과를 실제 수치(actual)와 함께 Fig. 11에 정리하였다. 필요한 변기 수를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$N_P = \frac{P_T}{P_{u,avg}} \quad (1)$$

식(1)에서 P_T 는 첨두 시간대 화장실 이용 승객 수다. 여기서 일평균 승·하차 승객 수(P_0)와 이중 오전 첨두 시간대 승객 수(P_p) 그리고 이용률 등을 적용하여 P_T 를 계산하면 다음과 같다.

$$P_T = r_p \times P_p = r_p \times (r_0 \times P_0) \quad (2)$$

식(2)에서 r_0 는 일평균 전체 승·하차 승객 수에 대한 첨두 시간대 승객 수의 비율이며, Fig. 7에서 보듯이, 서울도시철도의 평균값은 13.1%(0.13)이다. 또한 r_p 는 첨두시 승객 수(P_p)에 대한 화장실 이용 승객 수의 비율이며, 이 값을 계산하기 위해 기존 문헌⁽⁵⁾을 참고하였다. 단 기존 문헌(5)은 서울도시철도의 8개 역과 부산·대구·대전의 각각 2개 역 등 총 14개 역의 평균값(7.7%)을 제시하였지만, 본 논문에서는 서울도시철도만의 평균값인 8.9%와 5호선 일부 역(우장산·화곡·오목교역)의 평균값인 8.2%를 다시 평균(8.6%)하여 적용하였다. 참고로 식(2)에서 $P_0 > P_p > P_T$ 의 관계를 확인할 수 있다.

변기 사용시간($T_{u,avg}$)을 달리했을 때, 필요한 변기 수가 달라지리라는 것은 쉽게 예측할 수 있다. 시간을 20% 늘렸을 때 483개의 변기가 필요하며, 이는 기준조건(403개)에 비해 19.9% 늘어난 수치다. 반면 20%를 줄이면(Case-1d, 1.87분), 필요한 변기 수는 322개로

Table 3 Average occupancy time of each toilet and estimated number of passengers using toilets during AM peak hour

	T_u ¹⁾ [min]	P_u ²⁾ [pers./h · ea]
Man's closet	3	20
Man's urinal	1	60
Woman's closet	3	20
Average	2.33	33

1) Average occupancy time.

2) Estimated number of passengers using toilets during AM peak hour, pers./hour · ea.

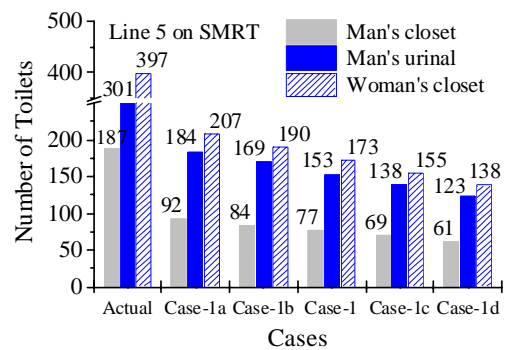


Fig. 11 Total required number of toilets in Line 5 on SMRT with average occupancy time of each toilet.

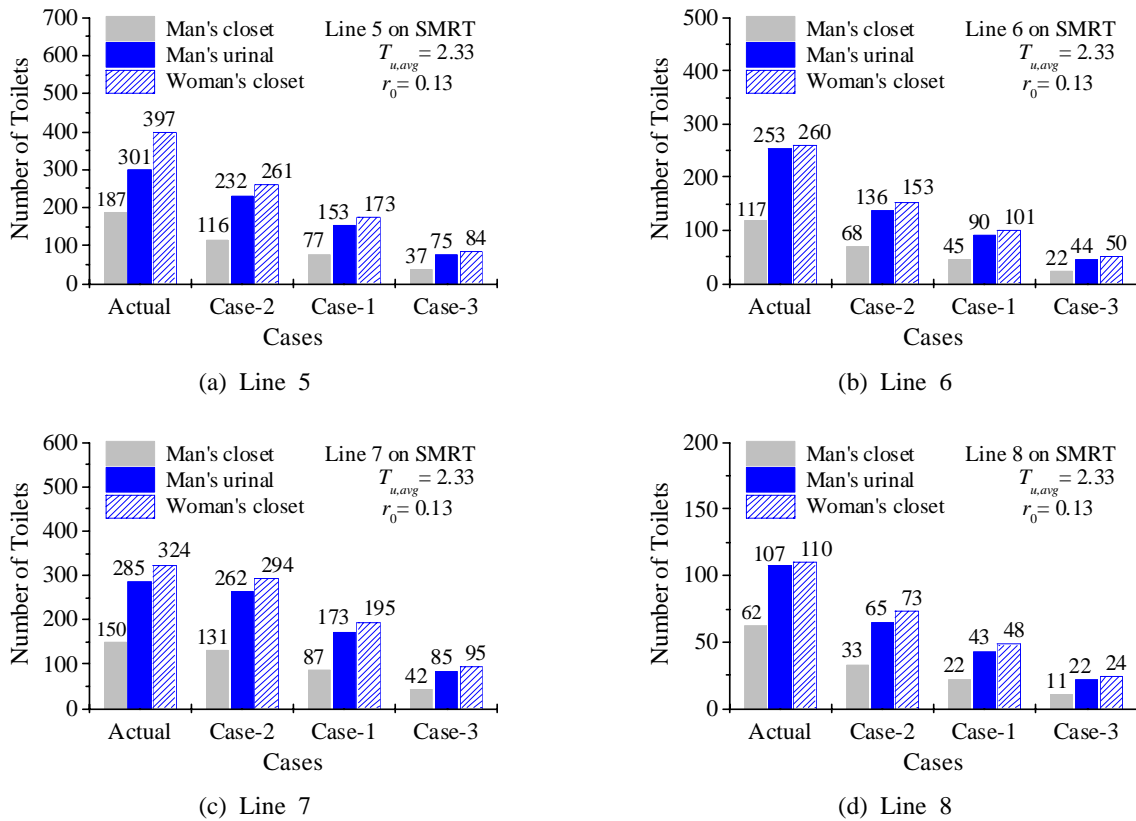


Fig. 12 Total required number of toilets in SMRT with respect to different cases.

20.1% 줄게 된다. 하지만 기준조건인 경우나 사용시간을 늘린 경우 모두 서울도시철도의 실제 변기 수보다 적기 때문에 충분히 여유가 있는 것으로 판단된다.

변기 사용시간과 마찬가지로 침두시 화장실 이용 승객 비율도 지하철역의 화장실 규모 산정이나 대피 공간 활용에 있어 매우 중요한 정보다. Fig. 12는 오전 침두시 화장실 이용 승객 비율(r_p)을 달리했을 때 필요한 변기 수를 도기한 것이다. 기준인 Case-1의 조건들은 Fig. 11의 기준조건과 동일하다. 기준 조건에 대해 r_p 를 50% 늘렸을 경우(Case-2, 12.9%) 그리고 동일한 비율로 줄였을 경우(Case-3, 4.3%), 필요한 변기 수를 계산하였다.

Fig. 12에서 보듯이, 서울도시철도의 모든 호선들은 동일한 경향을 보였다. 이 역시 앞선 Fig. 11의 결과와 마찬가지로 쉽게 예측할 수 있는 결과다. 5호선 결과에서 Case-2는 609개의 변기가 필요하고 이는 기준조건(403개)에 비해 51.1% 늘어난 수치다. 반면 Case-3은 196개가 필요하며, 기준조건에 비해 48.6% 줄어든 수치다.

서울도시철도의 실제 변기 수와 필요 변기 수의 차이만큼 대피인원을 수용할 수 있다는 가정 하에 지하철역별 수용 능력을 산정하였다. 계산을 위해 일평균 승·하차 승객과 침두시 승·하차 승객, 침두시 승객

중 화장실 이용 승객 그리고 변기별 사용시간 등을 이용하였다. 임시 대피인원 수용 능력(대피인원 수)을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$C_F = (P_u \times N_T) - P_T \quad (3)$$

침두시 화장실 이용 승객 수와 수용 가능인원 등을 실제 변기 수와 함께 Table 4에 정리하였으며, 지면 제약 때문에 각 호선별 대표 역으로 한정하였다. 또한 각각의 역에 대한 수용능력 산정 시 평균값이 아닌 실제 이용률과 변기 수 등을 적용하였다. 표에서 보듯이, 실제 변기 수보다 이용 승객이 적은 경우에는 대피인원을 많이 수용할 수 있다. 반면 실제 변기 수가 이용 승객을 고려한 필요 변기 수보다 적은 경우에는 재난 상황에 대응할 수 없는 것으로 분석되었다. 하지만 이러한 역은 서울도시철도 전체 148개 역 중 8개 역에만 해당되며, 따라서 재난이나 비상사태 발생 시 서울도시철도의 지하철역을 임시 대피공간으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

이상에서 언급한 방법으로 임시 대피인원 수를 산정해도 지하철역 대합실의 가용면적이 허락하지 않

Table 4 Seating capacity of evacuation people to some stations on SMRT(Line 5~Line 8)

Metro Lines and Stations	$N_T^{1)}$ [ea]			$P_0^{3)}$ [pers./day]	$P_P^{4)}$ [pers./h]	$P_T^{5)}$ [pers./h]	$N_P^{6)}$ [ea]	$C_F^{7)}$ [pers.]
	Man-C ²⁾	Man-U ²⁾	Woman					
Line 5, averaged	187	301	397	1,168,282	156,108	13,425	403	16,075
Gangdong	7	17	9	35,827	4,671	402	12	938
Cheonho	5	11	16	46,319	4,948	426	13	654
Myeongil	3	5	8	21,037	2,308	198	6	322
Yeouido	5	8	11	41,789	7,522	647	19	153
Gwanghwamun	3	5	8	67,226	9,817	844	25	-324 ⁸⁾
Line 6, averaged	117	253	260	668,979	91,682	7,885	236	13,115
World Cup Stadium	9	17	15	18,404	2,091	180	5	1,320
Bomun	3	9	11	15,006	2,361	203	6	617
Wolgok	3	8	7	26,153	3,465	298	9	382
Eumgam	2	7	4	29,883	3,840	330	10	210
Gongdeok	3	5	5	29,718	4,985	429	13	31
Line 7, averaged	150	285	324	1,137,795	176,072	15,142	455	10,158
Dobongsan	8	16	10	20,904	2,681	231	7	1,089
Junggye	6	11	6	30,333	4,031	347	10	553
Soongsil Univ.	3	8	10	31,834	4,345	374	11	366
Sangdo	2	5	6	23,199	3,056	263	8	197
Gasan DC	3	5	7	69,151	14,366	1,236	37	-736 ⁸⁾
Line 8, averaged	62	107	110	316,842	43,843	3,770	113	5,530
Jangji	6	10	17	19,288	2,587	223	7	837
Moran	4	8	4	8,112	837	72	2	568
Jamsil	4	8	4	20,534	2,586	222	7	418
Gangdong-gu Office	4	6	7	21,248	3,377	290	9	290
Seokchon	3	3	6	19,693	2,781	239	7	121

- 1) Actual number of toilets in some stations on SMRT(Line 5~Line 8), ea.
- 2) Man-C represents Man's closet; Man-U represents Man's urinal.
- 3) Total number of passengers during weekdays, pers./day.
- 4) Number of passengers during peak hour(8 AM to 9 AM), pers./hour.
- 5) Number of passengers using toilets during peak hour, pers./hour.
- 6) Total estimated(or required) number of toilets in some stations during peak hour, ea.
- 7) Seating capacity of evacuation people to each subway station in disastrous situation, pers.
- 8) Negative value means that the subway station cannot seat evacuation people.

면 그 숫자는 줄어든다. 따라서 전체 지하철역의 가용 면적과 변기 수에 의한 대피인원 수를 교차 검토하면, 각 역사별 대피인원 밀도를 산출할 수 있을 것이다. 참고로 본 논문에서는 대피인원 밀도를 3.3 m²당 4명으로 보았다. 또한 대피기간이 상대적으로 긴 임시거주일 경우에는 3.3 m²당 1명으로 보았다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 자연재난이나 비상사태가 발생했을 때, 지하철역의 대합실을 임시 대피공간으로 활용하기 위한 방안을 마련하는 것이다. 다양한 기준 중, 지하

철역의 위생기구(변기)가 감당할 수 있는 인원을 고려하여 지하철역의 대피인원 수용 능력을 산정하였다. 이를 위해 먼저 서울도시철도 각 역의 일평균 승객과 첨두 시간대 승객 수 등을 분석하였다. 다음으로 첨두시 승객 중 화장실 이용 승객 수를 계산한 후, 필요 변기 수를 산정하였다. 마지막으로 각 역의 실제 변기 수와 필요 변기 수의 차이만큼 대피인원을 수용할 수 있다는 가정 하에 역별 수용 능력을 계산하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 서울도시철도(5~8호선)의 시간대별 승·하차 승객 분포(이용률)는 평일 오전 8시에서 오전 9시 사이에

13.1%의 최대 이용률을 보였다.

- (2) 역세권 특성이 평일 지하철 이용 승객의 시간대별 분포에 영향을 미치며, 서울도시철도 전 역을 기존 연구에서 제시한 범주로 유형화할 수 있다.
- (3) 변기 사용시간이나 칫두시 화장실 이용 승객 비율에 따라 필요한 변기 수는 달라진다. 하지만 본 논문에서 적용한 조건에서는 계산에 의한 변기 수가 실제 변기 수보다 적기 때문에, 지하철역을 대피 공간으로 활용하는 데에는 문제가 없는 것으로 판단된다.
- (4) 실제 변기 수와 계산한 변기 수를 근거로 서울도시철도의 대피인원 수용 능력을 산정했을 때, 일부 역을 제외하고 거의 모든 역들이 대피인원을 수용할 수 있는 것으로 분석되었다. 단, 수용 인원수는 역마다 차이가 있었다.
- (5) 지하철역의 임시 대피인원 수용 능력 산정과 나아가 지하철역의 적정 변기 수 계산에서 중요한 인자는 칫두시 화장실 이용 승객 수와 변기별 사용시간이다. 따라서 실제 데이터를 확보하는 연구가 필요하다.

후 기

이 연구는 국토해양부산하 한국건설교통기술평가원의 첨단도시 개발사업 “재난·재해대비 임시 거주공간 시스템 개발 연구” 결과의 일부입니다(과제번호 : 11-첨단도시C06). 분석에 필요한 각종 자료를 제공해주신 서울메트로(1~4호선)와 서울도시철도(5~8호선) 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

- 1. Hwang, T., Kim, J., Kim, J. C., and Lee, J. H., 2011, An integrated control system for air quality improvement of underground station and the tunnel, Proceedings of the SAREK, pp. 77-80.
- 2. Kim, J. Y. and Kim, K. Y., 2006, Experimental and

- numerical analyses of unsteady tunnel flow in subway equipped with platform screen door system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 2, pp. 103-111.
- 3. Kim, C. G., Lee, S. W., Hur, N., and Nam, S. W., 2010, A numerical study on passenger evacuation in s subway station in case of fire occurrence, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 8, pp. 509-514.
- 4. Lee, M. and Hur, N., 2011, CFD simulation of 2003 Daegu metro fire, Proceedings of the SAREK, pp. 841-844.
- 5. Lee, S. H. and Kil, S. H., 1997, An optimum capacity planning of the public toilet in the subway-Focusing on the calculation of the optimum sanitary fixtures through the numbers of a user in peak time, Proceedings of the AIK, Vol. 17, No. 2, pp. 257-264.
- 6. Moon, K. H., Chung, K. S., Kim, Y. I., and Jang, M. K., 2012, A case study on the usage pattern and the optimum number of sanitary fixture at toilet in office building, Journal of the Architectural Institute of Korea-Planning and Design, Vol. 28, No. 3, pp. 3-10.
- 7. Sohn, B., Kang, M. J., Hwang, E. K., and Lim, S. H., 2012, Preliminary study on use of subway station as temporary dwelling in disastrous situation, Proceedings of the AIK, Vol. 32, No. 1, pp. 283-284.
- 8. <http://www.seoulmetro.co.kr>.
- 9. <http://www.smrt.co.kr>.
- 10. Seoul Metropolitan Rapid Transport Corporation(SMRT), 2012, 2012 Transport Planning of Seoul Metropolitan Rapid Transport, SMRT.
- 11. Seong, H. K. and Kim, T. H., 2005, A study on categorizing subway station areas in Seoul by rail use pattern, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 23, No. 8, pp. 19-29.