

| SRI-전략-2023-10 |

수원역 안전 최적화 동선 설계 연구

A Study on the Design of Safety-Optimized Path at Suwon Station

박규령

연구요약

연구목적

- 도시재난이 복잡해지고 대형화됨에 따라 '22.10.29. 참사(이태원 참사)와 같이 인구가 급격히 밀집되어 안전사고가 발생하는 경우도 발생하고 있으며 이를 대비하기 위한 연구가 필요함
- 이에 본 연구는 민방위 대피시설로 재난 상황 시 활용될 수 있는 최대 공간인 수원역을 대상으로 안전에 대비하기 위해 최대 수용인원, 실내 이동 (외부→내부) 시간, 대피 가능 공간, 대피 시 장애물이 될 수 있는 요소 등에 대해 파악하고자 함
 - 또한, 외부에서 발생하는 자연재난(폭우, 폭설, 폭염 등)과 평소 기차 연착으로 인해 내부에 이용객이 몰리는 경우 등의 상황에서도 활용할 수 있고 안전에 최적화된 동선을 구성하여 최대한 많은 인원이 안전하게 대피할 수 있게 효율적으로 공간을 배분하는 대응 방향을 모색하고자 함
- 향후 수원시 다중밀집 시설에 대한 안전관리 및 실내 대피 시 안전매뉴얼로 활용하고자 함

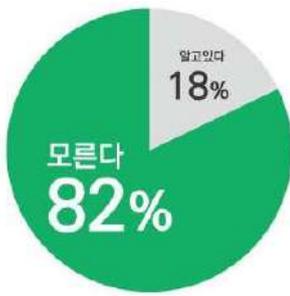
주요 내용 및 결과

1) 수원역 이용객 설문조사

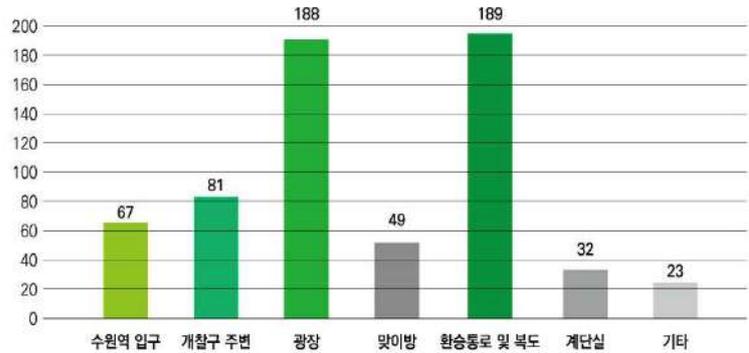
- 수원역 이용객들의 60.9%가 역사 내부 대피 정보를 듣거나 본 적이 없다고 응답하였고 이동할 예상 공간이 시뮬레이션과 일치하여 병목현상이 발생할 수 있는 구역으로 분석됨
 - 이용객들이 수원역 내부로 대피했을 시 이동 예상 공간에 대한 설문에 환승 통로 및 복도, 광장 순으로 응답하여 대규모의 인원들이 특정 구간으로 밀집될 수 있다는 점을 시사하는 바, 동선을 정비하고 가장 효율적인 경로를 배분하여 설계할 필요성이 있음을 확인함
- 또한 1순위로 생각하는 가장 중요한 정비 방안은 '대피 공간별 수용 가능 인원 파악'으로 나타나, 수원역 내부에서 수용가능한 실제 인원을 사전에 파악하는 것이 대피 동선을 정비하고 계획하는데 있어 가장 중요한 사안으로 인식하고 있는 것이 확인되었음

수원역 대피 공간 인지도 및 진입 시 예상 이동 위치

(N=629)



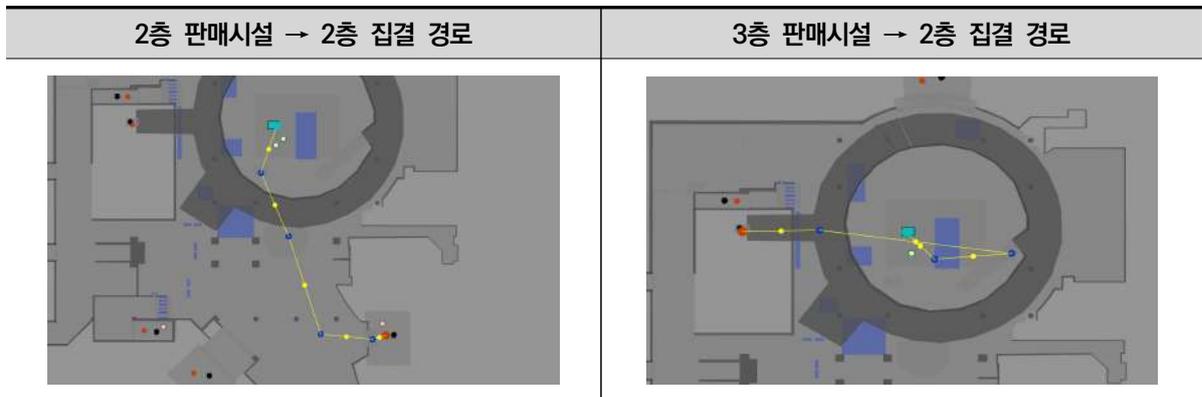
대피공간 인지도사실



2) 보행 시뮬레이션

- 실내 대피 시 보행 동선과 장애물의 영향 관계를 확인하기 위한 보행 시뮬레이션(VISSIM, 다방향보행자모형 프로그램, Heatmap)실험을 진행하였음
- 수원시 남녀 인구 비율, 장애인 및 노약자의 보행속도를 반영하여 주요 출입구의 평일 유동 인구가 가장 많은 첨두시간(16:00~18:00)을 기준으로 중앙의 여러 집결지를 선정함

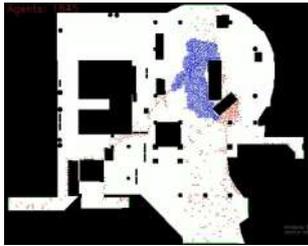
집결지에 따른 경로 설계 예시



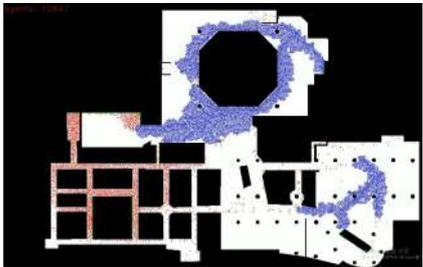
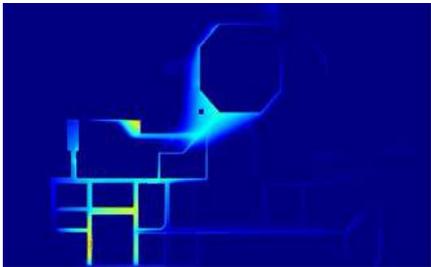
- 실험 결과 장애물 유무에 따른 입소 인원은 차이가 없으며 입소자 점유율이 모두 40%대로 나타났으며 이를 높이기 위해 이동 동선을 개선해야 함
- 장애물이 없을 때 실내 대피 완료 시간은 4,560초(약 21분) 진입 완료 인원은 25,109명, 전체 면적 대비 입소자 점유율은 40.13%로 나타남
- 수원역 2층의 경우 약 20분 9,417명 3층의 경우 15,846명 대피가 가능한 것으로 파악됨

- 유동 인구와 대피 인원에 비해 상대적으로 좁은 출입구에서 병목현상이 발생하였고 대피 완료 시간이 증가 요인으로 작용하였으며, 이 위치에서 대피 행동을 지원하고 시간을 단축하기 위한 적극적인 대책 마련이 필요함
- 보행 시뮬레이션에서 대피 행동이 시간의 흐름에 따라 줄어들다가 다시 증가하는 양상을 보이는 지점이 발생하였음
 - 집결지로 인식하지 못해 방황하는 행동을 보이는 인원들이 확인되었으며 효율적인 실내 대피를 위한 동선 설계 방안이 마련되어야 함. 또한 출입구 주변에 안전한 집결 공간을 안내하는 것도 필요한 것으로 판단할 수 있음

장애물 유무에 따른 시간 경과별 점유율 비교(2층)

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)
시간경과별 점유율 (180초 경과)		
재난모듈프로그램	붉은색은 움직이는 이용객이고 대피가 완료되면 푸른색으로 변경됨. 장애물(내부 시설물) 유무와 상관없이 에스컬레이터와 상가 뒤편에 한시적으로 병목현상이 발생했다가 일정 시간이 지나면서 완화됨	

시간 경과별 점유율(3층)

구분	3층 (장애물 없음)	
시간경과별 점유율 (720초 경과)		
재난모듈 프로그램	이용객이 주로 대피하겠다고 했던 복도와 광장 부근으로 인파가 몰리며 병목현상이 발생	히트맵
		모듈프로그램과 같은 위치에서 병목현상이 발생하는 것으로 나타남

3) 디자인 제안

- 이용객 설문조사와 보행 시뮬레이션의 결과를 기반으로 디자인을 제안하였음
 - 안전에 대한 디자인적 장치를 마련하여 수원역이 대피 공간이라는 인식을 가지도록 해야 함
 - '안심'이라는 용어와 시인성 좋은 안내 체계를 마련하여 시민의 안전 인식을 미리 구축해야 함
 - 일부분의 공간에 병목현상이 발생하는 것이 관찰되어 이들이 즉각적으로 안전 시스템을 인지하고 질서 있는 행동을 할 수 있도록 안심 포인트라는 장치를 마련해야 함
 - 각 출구에서 안심 포인트까지 이동할 수 있는 최적화된 동선을 안심 지도로 제공하여 이동 경로도 함께 제공할 필요가 있음
- 보행 시뮬레이션 결과를 현장에 반영하고 종합 분석하여 주요 동선 설계를 위해 복잡 구간을 확인함
- 현장 검토를 통해 개선 방안을 구체화하고 활용 가능한 디자인 (안)을 개발함
 - 공간 안전 디자인 5원칙과 서울시에서 개발한 안전컬러의 의미를 기반으로 시설물의 목적별 컬러를 설정하였고 안전 최적화 동선 구축을 위해 안심 포인트, 안심 지도, 안심 안내사인 등 안전 디자인(안)을 개발함

수원역 안전 디자인(안) 1 : 안심 포인트



수원역 안전 디자인(안) 2 : 안심 지도



수원역 안전 디자인(안) 3 : 안심 가이드

길 없음 안내	밀집 현상 주의 안내	안심포인트 이동 안내

정책제언

- 수원역 2층 에스컬레이터와 상가 시설물의 위치가 평소 이용에는 용이, 하지만 실내 대피 상황에는 동선에 방해를 줄 수 있는 요소로 나타남
 - 보행 시뮬레이션의 결과로 에스컬레이터 뒤편과 상가 시설물의 주변에 병목현상이 발생하는 것으로 관찰되어 실제 상황에서 이러한 사고가 발생하지 않게 예방책을 마련해야 함
 - 신축 공공건축물을 지을 때 재난 안전과 이동 동선에 기반한 공간 배치가 요구됨
- 평소 수원역 이용객이 안전한 공간을 미리 파악할 수 있도록 디자인적 커뮤니케이션이 필요함
 - 평소 보행자가 안전 정보에 대해 인지할 수 있도록 주요 구간에 대피소 관련 안내 사인과 본 연구에서 제안한 안전 디자인(안) 시설물 설치를 공급해야 함
 - 본 연구는 위험한 곳으로부터 멀어지는 연구가 아닌 '안전한 곳으로의 이동'에 관한 연구로 수원역 내부에 대한 안전한 인식을 할 수 있도록 이용객과의 커뮤니케이션이 중요함
- 안심 포인트, 안심 지도를 설치하여 안전에 최적화된 동선을 구현해야 함
 - 보행 시뮬레이션 실험을 통한 객관적인 데이터 분석을 통해 도출된 보행자 대피경로 분산 및 안전한 대피를 위해서 광장이나 복도 공간에 물리지 않도록 출구 주변에 안심 포인트를 비치하여 이 주변으로 이용객이 분산되도록 해야 함
 - 안심 지도를 통해 현 위치에서 가장 가까운 안심 포인트로 이동하는 동선을 파악할 수 있게 하였으며 기존의 내부 공간 안내와 다른 방식으로 제공할 것을 제안함
- 병목 구간에 대한 사전 안내와 길 없이 막힌 구간에 대한 안전 안내 사인을 제공하여 안전사고에 대한 예방기능을 강화하여야 함
 - 시뮬레이션에서 도출된 이용자가 헤매는 길 없음 구간과 병목 구간에 안내 사인을 제공하여 사고 예방기능 강화가 요구됨
 - 효율적으로 배분된 보행 동선을 통해 재난 및 응급 상황 발생 시 이용자의 안전을 위해 활용할 수 있음
- 수원시의 안전도를 높이기 위해서는 본 연구 결과를 활용하여 다중밀집 시설관리 등을 철저히 관리해야 하며 대규모 인파가 몰리는 지역행사에 대해서도 안전 행동을 유도하는 구상이 필요함

차례

제1장 서론

제1절 연구 배경 및 목적	3
제2절 연구 범위 및 방법	5

제2장 관련 용어 및 대피 사례

제1절 관련 용어 및 대피 공간 기준과 매뉴얼	11
1. 관련 용어	
2. 국내 대피 공간 기준과 매뉴얼	
3. 국외 대피 공간 기준과 매뉴얼	
4. 종합	
제2절 대피 관련 실험 연구	27
1. 국내 대피 관련 실험 연구	
2. 국외 대피 관련 실험 연구	
3. 종합	
제3절 대피 동선 개선 관련	41
1. 국내 대피 동선 개선	
2. 국외 대피 동선 개선	
3. 종합	

제3장 연구 대상지 관련 현황 분석

제1절 대상지 및 안전 관련 현황	51
1. 대상지	
2. 안전 관련 현황	
제2절 수원역 유동 인구	53
1. 주요 유입통로	

2. 시간대별 유동 인구
3. 종합

제4장 수원역 이용객 설문조사

제1절 설문조사 개요	61
1. 설문조사 목적 및 방법	
2. 선행연구를 통한 설문 항목 도출	
제2절 설문조사 분석 결과	62
1. 설문 응답자 특성	
2. 수원역 이용목적 및 대피 공간 관련 인식	
3. 수원역 대피 안내사인 평가	
4. 대피 공간 안전대책 관련 중요도 의식 분석	
5. 수원역 대피 동선 체계 정비 방안에 대한 중요도 분석	
6. 수원역 대피 안내 사인에 대한 감정평가	

제5장 보행 시뮬레이션 실험

제1절 보행 시뮬레이션 실험 개요	73
1. 실험 개요	
2. 실험 목적	
3. 실험 대상	
4. 실험 내용	
제2절 실험 결과 분석	79
1. 주요 출입구 설정 및 장애물 유무에 따른 동선 비교	
2. 시간 경과에 따른 비교 및 분석	
3. 병목현상이 나타나는 위치 비교 분석	
4. 종합	

제6장 수원역 실내 안전 대피 개선 방안

제1절 개선 방향	97
1. 행동 변화를 유도하여 시민의식 변화	
2. 안전 디자인에 적합한 컬러와 픽토그램 활용	
3. 동선 배분을 위해 안심포인트 설치	
4. 시나리오를 설정하여 맞춤형 안전 체계 구축	
5. 종합	
제2절 실내 안전 대피 디자인 제안(안)	100
1. 전체 기능 및 사용 방법	
2. 안전 동선을 위한 안심포인트 디자인(안) 설치 위치	
3. 최적화 동선 안내를 위한 안심 지도 디자인(안)	
4. 안심 안내사인 디자인(안)	

제7장 결론

제1절 연구 결과 및 정책제언	117
1. 연구 결과	
2. 정책제언	
제2절 연구의 한계 및 향후 과제	123
부록(설문지)	125
참고문헌	131

표 차례

집결지에 따른 경로 설계 예시	연구요약
장애물 유무에 따른 시간 경과별 점유율 비교(2층)	연구요약
장애물 유무에 따른 시간 경과별 점유율 비교(2층)	연구요약
수원역 안전 디자인(안) 3 : 안심가이드	연구요약
표 1-1 연구범위 개요	5
표 1-2 연구 수행 절차	6
표 1-3 현장 조사 개요	7
표 2-1 재난의 종류	11
표 2-2 대피시설 종류 및 기준	13
표 2-3 수원시 민방위 대피소 현황	14
표 2-4 지진 옥외 대피소 지정 기준	15
표 2-5 수원시 옥외 대피소 현황	16
표 2-6 공공서비스시설의 공간 안전디자인을 위한 5가지 요소	17
표 2-7 국내 재해구호계획 수립지침 중 임시주거시설 관련 주요 내용	17
표 2-8 국내외 응급대피 공간관련 지침 및 규정 항목	26
표 2-9 국내 선행연구	33
표 2-10 해외 선행연구	39
표 2-11 국내 대심도 지하 공간 피난설비 개선 제안	43
표 2-12 지하 공간 피난 안전 개선 방안	45
표 3-1 수원역 안전시설 현황	52
표 3-2 수원역 월별 승하차 인원 통계	55
표 3-3 수원역 첨두시 승하차 인원 통계	55
표 3-4 수원역 출구 별 첨두시 유동 인구	56
표 4-1 설문조사 문항	61
표 4-2 선행연구 검토를 통한 설문 항목 도출	62
표 4-3 설문 응답자 일반사항	63

표 4-4 수원역 대피 공간 인식	64
표 4-5 수원역 대피 안내사인 평가	66
표 4-6 대피 공간 안전대책 관련 의식	66
표 4-7 대피 동선 체계 정비 방안의 중요도	67
표 4-8 수원역 내부 대피 안내사인에 대한 감정평가	68
표 5-1 수원시 인구수(2023년도 기준)	74
표 5-2 수원시 나이대별 인구수(2020년도 기준)	74
표 5-3 수원시 연령대별 성별 신장(2021년도 기준)	75
표 5-4 보행 네트워크 전경 이미지(2D, 3D)	77
표 5-5 집결지에 따른 경로 설계 예시	78
표 5-6 장애물 현황 목록	78
표 5-7 시나리오별 대피 완료 시간 및 대피 완료 인원, 점유율 비교	80
표 5-8 장애물 유무에 따른 시간 경과별 점유율 비교(2층)	80
표 5-9 시간 경과별 점유율(3층)	82
표 5-10 시간 경과에 따른 히트맵 이미지 비교(2층)	83
표 5-11 시간 경과에 따른 대피 완료 인원 및 점유율 비교	86
표 5-12 시간 경과에 따른 점유율 및 대피 완료 인원 비교	88
표 5-13 시간 경과에 따른 실내 대피 행동 흐름	89
표 6-1 안전보건표지의 색도기준 및 용도	98
표 6-2 서울 안전색	98
표 6-3 안심 포인트 설치 위치	100
표 6-4 안심 지도 디자인(안) 상세 구성	107
표 6-5 안심 안내사인 디자인(안)	110
표 7-1 수원역 안전 디자인(안) : 안심 지도	121
표 7-2 수원역 안전 디자인(안) : 안심 가이드	121
표 7-3 시뮬레이션과 유사한 지연 현상	122

그림 차례

수원역 대피 공간 인지도 및 진입 시 예상 이동 위치	연구요약
수원역 안전 디자인(안) 1: 안심 포인트	연구요약
수원역 안전 디자인(안) 2: 안심지도	연구요약
그림 2-1 FEMA361 매뉴얼	19
그림 2-2 Safe room 표지판	19
그림 2-3 안전테스트가 완료된 출입문 안내 라벨	19
그림 2-4 FEMA453 매뉴얼	21
그림 2-5 피난 구조 도식화 및 재난 스케일별 대응 프로세스	21
그림 2-6 QTCCC 매뉴얼	22
그림 2-7 NFPA101 매뉴얼	23
그림 2-8 3호선 탑승자 배치도	27
그림 2-9 3호선 대피소 위치 및 지역	27
그림 2-10 좌) VR실험 영상, 우) VR 실험 진행 과정	28
그림 2-11 FDS 화재 시뮬레이션 모델링에서 사용 가능한 안전한 탈출시간 계산(ASET=25sec)	29
그림 2-12 Pathfinder 대피 시뮬레이션 모델링에서 필요한 안전 탈출 시간 계산(RSET=187초)	29
그림 2-13 지하철 반월당역 내부 안내도	30
그림 2-14 buildingEXODUS 구동화면	30
그림 2-15 삼성역 대합실과 승강장의 피난 모습	31
그림 2-16 매봉역 개선안	31
그림 2-17 V시뮬레이션과 실험의 경로 비교	32
그림 2-18 V행동변수에 따른 최종 피난 완료 시간	32
그림 2-19 대피 시나리오별 화재 현황	34
그림 2-20 시간대별 대피 절차 장면	34
그림 2-21 플랫폼 및 역 홀의 개략도	35
그림 2-22 실험 장면	35

그림 2-23 역 홀 개략도	36
그림 2-24 Line 1 플랫폼 개략도	36
그림 2-25 지하단지 개략도	37
그림 2-26 시뮬레이션 장면	37
그림 2-27 대피 시뮬레이션 계획	38
그림 2-28 각 계단의 흐름-시간 차트	38
그림 2-29 대피 계획	41
그림 2-30 가로환경 정비 제안 (반사경 설치)	41
그림 2-31 코엑스몰 소화·방재시설	42
그림 2-32 샬레오 지하상가 환경디자인 이미지 및 공간구획도	46
그림 2-33 시부야역 부근 대피계획 모습	48
그림 3-1 수원역 역사 내부 유입 가능한 출입구 현황(2층, 3층)	53
그림 4-1 수원역 이용목적	63
그림 4-2 수원역 진입 시 예상 이동 위치	64
그림 4-3 수원역 내부 대피 공간의 필요성과 인지 사실	65
그림 4-4 대피 안내사인 예시	65
그림 4-5 수원역 내부 대피 안내사인에 대한 감정평가	69
그림 5-1 수원역 주요 출입구 (2층, 3층)	76
그림 5-2 수원역 2층 대피 시 점유율(장애물 없음)	85
그림 5-3 수원역 2층 대피 시 점유율(장애물 있음)	85
그림 5-4 수원역 3층 대피 시 점유율(장애물 없음)	86
그림 5-5 수원역 2층 병목현상(장애물 없음)	90
그림 5-6 수원역 2층 병목현상(장애물 있음)	91
그림 5-7 수원역 3층 병목현상(장애물 없음)	92
그림 5-8 수원역 내부 현황	93
그림 6-1 안심 포인트 디자인(안) 1	101
그림 6-2 안심 포인트 디자인(안) 2	102
그림 6-3 안심 포인트 디자인(안) 3	103
그림 6-4 안심 포인트 디자인(안) 4	104
그림 6-5 안심 포인트 디자인(안) 5	105

그림 6-6 안심 포인트 디자인(안) 6	106
그림 6-7 안심 지도 디자인(안) : 2층	108
그림 6-8 안심 지도 디자인(안) : 3층	109
그림 6-9 안심 안내사인 디자인(안) 1 : 바닥테이핑	111
그림 6-10 안심 안내사인 디자인(안) 2 : 벽 부착형	112
그림 6-11 안심 안내사인 디자인(안) 3 : 로고라이트	113
그림 7-1 수원역 2층 상점 뒤 물품보관함 부근	118
그림 7-2 수원역 2층 에스컬레이터 옆면	119
그림 7-3 수원역 3층 엘리베이터 탑승 구간	120
그림 7-4 수원역 3층 AK 쇼핑몰 내부	120
그림 7-5 수원역 안전 디자인(안) : 안심 포인트	121

제1장

서론

제1절 연구 배경 및 목적

제2절 연구 범위 및 방법

제1장 서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

1) 최대 유동 인구가 이용하는 수도권 교통 중심

- 수원역은 전국 최고의 이용객 수를 보유한 대형 환승역임
 - 수원 최초의 환승역이자 분당선, 수인선 등 거의 모든 여객열차가 정차하는 환승센터로서 일 평균 약 14만 명의 이용객이 이용함
 - 무궁화호, 누리로, ITX-새마을, KTX 등을 통한 대규모 승객 교환이 이루어짐
 - 1905년 1월, 경부선을 개통하며 수도권 교통의 중심 요지로서 대규모 쇼핑 공간이 있는 현대식 민자 역사임
- 수요 증가에 따른 동선 개선 방안 모색
 - 수원역은 수인선, GTX-C노선 및 102개 버스노선에 따라 동측환승센터 구축 계획이 있음
 - 수원역 동측환승센터 구축 계획에 따라 이용자의 효율적 배분 및 안전 최적화 동선 설계를 할 필요가 있음

2) 복잡한 내부 구조에 따른 대피 보행 동선의 한계

- 복잡한 내부 구조를 가진 민자 역사
 - 수원역사는 세 번의 신축을 거친 민자 역사임
 - 지상~(기차)지하역 연결 통로가 없어 열차 탑승을 위해서는 지상에 위치한 맞이방 경유가 필수적이며 열차 지연 시 이용객이 붐비는 현상 발생
 - 지하역과 지상역이 공존하는 공간적 특징이 혼잡하며, 침두시 정체와 병목 현상이 나타남

3) 보행자의 안전한 이동을 위한 동선 설계 연구 필요

□ 수원역의 안전사고 관련 대책 현황

- 수원역은 민방위 대피시설로 테러 상황을 대비해 비상 훈련을 하고 있으나 이용자 동선 및 수용인원에 대한 파악은 되지 않았으며 역사 내부 대피에 안전대책을 마련한 이력이 없음
 - 역사 내 최대 수용인원 및 대피 공간 파악하고 활용 가능성에 대한 검토가 필요함
 - 시민의 안전을 위하여 실내 공간 보행 동선에 효율적 배분이 필요함

□ 안전사고 방지를 위한 체계적인 동선 계획 필요

- 수원역 이용자의 안전을 위한 동선의 효율적 배분 연구는 진행된 바가 없음
 - 수원역 대피 공간 및 동선 분석을 통해 이용자 안전에 최적화된 동선 연구가 필요함
 - 2020년도 정책연구 「수원역 이용자 시간 단축을 위한 행동패턴분석 연구」 결과에 따라 수원역 내부 공간의 안내 사인(15개)은 변화 되었지만 대피 동선에 대한 연구는 진행이 되지 않았음

2. 연구목적

1) 민방위 시설인 수원역의 최대 수용 가능 인원 및 대피 인파의 이동 동선 파악

- 역사는 교통의 이동 수단인 환승 공간일 뿐 아니라 긴급 상황(지진, 호우경보, 공습경보, 핵 공격, 테러 등) 시 대피시설로 활용됨
 - 수원역 역사 안에 많은 사람이 대피할 때 안전에 대비할 대책 마련이 필요함
 - 유동 인구가 많은 복잡한 역사 내부에 시설물과 보행 동선으로 인해 10.29 참사(이태원 참사)와 같이 좁은 공간 내에 인구가 급격히 밀집되어 발생하는 안전사고에 대비해야 함
 - 역사 내부→외부로의 대피는 주기적인 대피 훈련을 하고 있으나 외부→내부는 관련 훈련과 연구가 전무한 상황임

2) 동축환승센터 구축에 따라 내부 보행자 증가 예측, 안전 최적화 동선 마련 필요

- 내부 시설물(에스컬레이터, 상점, 휴게 의자 등)의 위치가 보행 동선에 영향을 주는지 여부에 대한 분석을 통해 이를 기반으로 환승센터 구축 및 다중밀집시설의 안전 동선에 활용하고자 함

- 또한, 수원역 현황에 따른 대피 공간 및 보행자 동선 파악하여 역사 내부의 최적화 동선을 구축하여 안전한 보행 동선을 통해 대피 효율을 증진하고자 함
- 향후 환승 동선 개선 시 안전 최적화 동선을 반영하여 실내 공간 개선에 활용하고자 함
 - 수원시(약속사업) : 교통정책발전 모니터링, 수원역 동측 환승센터 구축 및 개선
 - 민선 8기 과제에 활용

3) 시민의 안전을 위한 예방 대책 마련

- 디자인적 커뮤니케이션을 통해 사전정보를 제공하여 시민의 행동 변화를 유도하려 함
 - 대피와 같은 비상 상황이 발생하면 이용객은 평소 알고 있던 동선과 지식을 기반으로 이동하는데 이를 위해 일상생활에서 익숙하게 대피에 대한 안내를 받을 필요가 있음
- 역사 공간을 효율적으로 배분하여 이용자 중심의 안전 동선을 시각화한 기초자료로 활용
 - 효율적으로 배분된 보행 동선을 통해 도시재난 및 기차 연착 등의 상황 시 활용함
 - 이용자를 위한 안전 동선을 시각화한 기초자료 제공되어 이용자 중심의 보행 동선 매뉴얼 기초자료 마련

제2절 연구 범위 및 방법

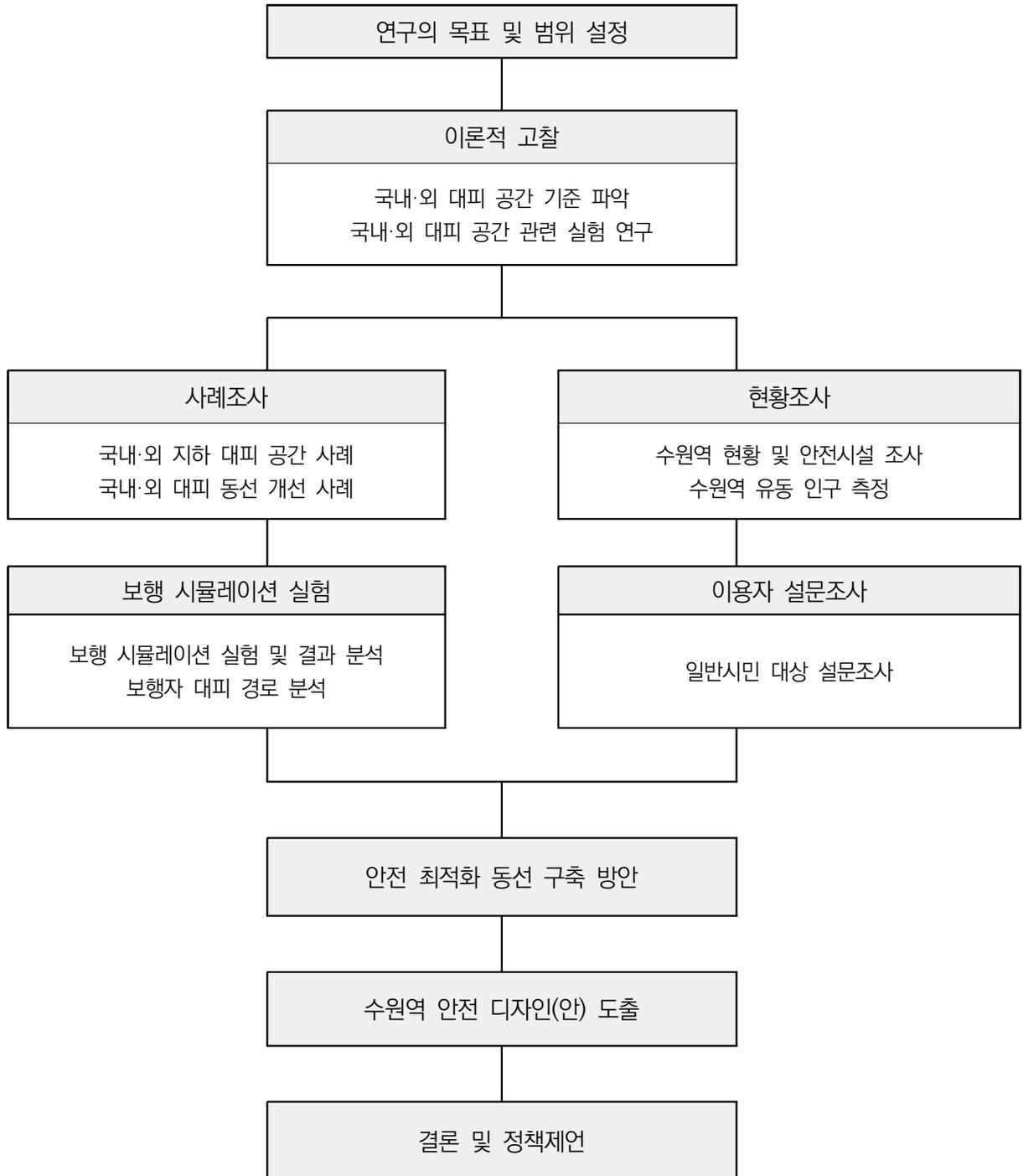
- 본 연구의 내용은 ①수원역 이용객의 주 방문목적과 대피 시 중요하게 생각하는 요소, 예상 대피 공간 등을 설문조사를 통해 살펴봄, ②장애물(시설물) 유무에 따른 보행 시뮬레이션을 통해 수원역 외부 → 내부로 대피 시 동선에 방해가 되는 요소를 도출, 또한 ③대피 시간과 최대 수용 가능 인원을 분석함
- 이 분석을 통하여 수원역 내부로 대피 상황 시 안전하게 이동할 수 있는 동선을 구현하기 위한 디자인적인 요소를 도출하고 이를 제안하여 병목현상으로 인한 안전사고를 예방하고자 함

표 1-1 | 연구범위 개요

구분	내용
공간적 범위	수원(기차)역 2, 3층 내 모든 출입구
내용적 범위	연구범위 내 시설물 및 2, 3층 내 모든 출입구
시간적 범위	2023년 기준 최근 3년 이내

□ 연구 수행 절차는 다음과 같음

표 1-2 | 연구 수행 절차



1) 수원역 현황 분석

- 수원역에 대한 이용객의 인식과 대피 공간으로 활용 시 예측 경로 및 평소 인식에 대해 설문조사 함
 - 수원역을 이용해 본 경험이 있는 만 19세 이상 성인남녀 629명을 대상으로 2023년 5월19일부터 5월26일까지 수원시정연구원 패널을 활용한 온라인 설문조사를 수행하였음. 대피 공간으로서 수원역 내부 공간의 개선사항과 이용객의 인식을 확인함
- 수원역 안전시설 및 대피 공간 현황 파악을 위해 다음과 같이 현장 조사를 실시하였음
 - 소방시설, 대피안내지도, 안내사인, 대피소 등을 파악함

표 1-3 | 현장 조사 개요

구분	일시	답사지	내용
현장답사	2022.12.28.	수원역 일대	역사 현황 및 안전시설 현황 확인
현장조사	2023.03.14.	수원역 1번 출구	유동 인구 조사 및 첨두시 도출
현장조사	2023.03.15.	수원역 2번 출구	유동 인구 조사 및 첨두시 도출
현장조사	2023.04.27.	수원 역사 (2층)	장애물 조사 및 면적 실측
현장조사	2023.05.03.	수원역 AK 출입구	유동 인구 조사
관계자 인터뷰	2023.08.07.	한국철도공사 디자인센터	업무 협의
현장조사	2023.08.09.	수원 역사 (2층, 3층)	병목현상 발생지 현장 조사
현장조사	2023.09.19.	수원 역사 (2층, 3층)	디자인 작업을 위한 현장 데이터 수집

2) 보행 시뮬레이션을 위한 실험 연구 및 공간 개선 사례 조사

- 역사 외부→내부 대피와 관련된 유사 연구가 존재하지 않아 적합한 시뮬레이션 프로그램을 파악하고자 국내·외 사례를 조사하였음
 - 재난 관련 시뮬레이션은 주로 EXODUS, SIMULEX, Pathfinder 등의 프로그램으로 진행이 되었는데 본 연구에서는 비용과 결과가 맞지 않는 등의 문제로 적합하지 않아 VISSIM, 프로그램으로 선정하였음
- VISSIM, 프로그램은 이동 상황을 살펴보기에는 적절하나 1,000명 기준 3천 만원이라는 비용상의 문제로 한국교통연구원에서 개발한 재난모듈프로그램과 히트맵(Heatmap)을 활용하여 보행동선과 보행에 방해가 되는 장애물, 총 수용가능 인원, 대피시간 등을 도출할 수 있었음
- 국내 기준에 적합한 개선안을 제시하고자 공간 관련 기준과 매뉴얼에 대한 조사를 실시하였음

- 해외에서의 대피 공간 관련 기준은 국내와 어떤 차이가 있는지 등을 비교하기 위해 미국, 일본 등의 사례를 살펴보고 국내 실정과 유사·차이점 등을 정리하였음

3) 디자인 개선안 제시를 위한 기관 협의와 전문가 자문회의

- 연구의 활용을 높이기 위해 코레일 디자인센터와 협의하여 본 연구의 진행 상황을 공유하였고 안전 디자인(안)에 대해 함께 논의하였음
 - 한국철도공사에서도 현재 역사 안전디자인 관련 디자인을 수정 중에 있으며 본 연구를 통해 현장 조사에서 발견된 ‘보이지 않는 소화기’나 ‘제대로 설치되지 않은 안내사인’ 등에 대해 우선적으로 반영할 계획임을 논의하였음
 - 서울시에서 개발한 안전디자인 관련 컬러 가이드를 따라 본 연구의 결과물도 도출할 것을 제안받았고 이러한 점을 디자인(안)에 반영하였음
- 디자인된 기물의 명칭이 시민에게 친숙하고 행동을 유발할 수 있어야 해서 관련 전문가들의 자문회의를 통해 의견을 수렴함
 - 안심 포인트, 안심 지도 등의 명칭을 도출하였고 로고라이트나 테이핑 등의 설치 위치 및 컬러에 대한 자문을 수렴하였음
- 본 연구의 결과로 도출된 시설물과 디자인(안)에 대해 코레일에서 내부 자문회의를 추가 개최할 예정임

제2장

관련 용어 및 대피 사례

제1절 관련 용어 및 대피 공간 기준과 매뉴얼

제2절 대피 관련 실험 연구

제3절 대피 동선 개선 관련

제2장 관련 용어 및 대피 사례

제1절 관련 용어 및 대피 공간 기준과 매뉴얼

1. 관련 용어

1) 재난

- 재난에 대한 개념은 행정안전부에서 다음과 같이 정의함. 재난은 크게 자연재난과 사회재난(인적 재난, 국가기반체계 미비, 감염병 피해 등)으로 분류되어 총 35개 종류의 재난이 있음

□ 재난 및 안전관리 기본법 제3조

1. “재난”이란 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것을 말한다.

가. 자연재난: 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 한파, 낙뢰, 가뭄, 폭염, 지진, 황사, 조류 대발생, 조수, 화산활동, 소행성·유성체 등 자연우주물체의 추락·충돌, 그 밖에 이에 준하는 자연 현상으로 인하여 발생하는 재해

나. 사회재난: 화재·붕괴·폭발·교통사고(항공사고 및 해상사고를 포함한다)·화생방사고·환경 오염사고 등으로 인하여 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해와 국가핵심기반의 마비, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른 감염병 또는 「가축전염병예방법」에 따른 가축전염병의 확산, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 따른 미세먼지 등으로 인한 피해

표 2-1 | 재난의 종류



자료 : 재난안전대책본부 홈페이지(<https://www.brcn.go.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 1월 3일 검색

2) 대피

- 사전적 의미로는 ‘위험이나 피해를 입지 않도록 일시적으로 피하는 것’을 말함
 - 재난이 발생하면 일시적 또는 장기적인 대피가 필요함. 정부는 국민의 안전을 위하여 안전시설 설치 및 안내 체계를 구축하고 대피 가능한 공간을 마련하고 있음

3) 입소(入所)

- 주로 훈련소, 연구소, 교도소 따위에 들어가는 것을 말함. 본 연구에서는 ‘들어감’, ‘들어옴’이라는 보행자의 행동을 표현하기 위하여 순화하여 사용하였음
 - 공간의 외부에서 내부로 들어가는 대피 현상을 입소라는 단어로 함축하고자 함

4) 병목현상

- Bottle neck이라고 부르며, 넓은 길이 갑자기 좁아짐으로써 일어나는 교통정체 현상을 말함
 - 긴급 상황 시 대피 보행 형태를 분석하는 데 병목현상의 특징을 반영함

5) 안전디자인

- 국내에서는 안전디자인이라는 용어를 사용한지 15년 쯤 되어가며 안전 달성도를 높이기 위해 디자인의 특성을 적용한 프로세스를 의미함
 - 생활환경에서 발생하는 모든 위험을 디자인의 시각으로 해결하려는 노력이며 해외에서는 다양한 성공 사례가 있음. 상품의 가치를 높이기 위한 디자인의 역할이 단순히 미적인 부분을 넘어 환경과 사용자, 기능과 사용성에 적합하도록 변화되어 왔음
- 정부 및 타 지자체의 안전디자인 관련 진행 상황
 - 서울시는 2022년 11월에 지하 현장에 근로자 안전을 위한 안전 디자인을 전국 최초로 개발함
 - 산업통상자원부는 2023년 8월, 서울시와 12개의 공공기관·디자인단체 등이 참여하여 넛지 디자인(Nudge Design) 프로젝트 추진단을 구성하여 산업·생활 및 안전 향상을 위한 사회적 문제 해결에 활용방안을 구체화하는 프로젝트를 계획할 것을 발표함

2. 국내 대피 공간 기준과 매뉴얼

1) 대피 공간 기준

- 대피소의 종류는 재난 유형별로 구분됨. 현재 국내에서 운영되는 대피소는 민방위 대피소, 구호소, 지진해일 긴급대피장소, 지진 옥외장소가 있음. 대피시설의 용도는 아니지만 재난으로 인하여 주거공간에 피해가 발생한 이재민에게 임시 생활공간으로 제공되는 임시주거시설이 있음¹⁾

표 2-2 | 대피시설 종류 및 기준

구분	민방위 대피시설 (공공용)	방사능 재난구호소	지진해일 긴급대피장소	지진 옥외대피장소	임시주거시설
대피인원	주민등록인구	비상계획구역 16방위 중 최대인구	없음	없음	없음
면적	1인당 0.825㎡	2㎡당 1명	2㎡당 1명	0.825㎡당 1명	초기 2.6㎡당 1명 복구기 3.6㎡당 1명
설치장소	-도보로 5분 이내 대피 가능 지역	-비상계획구역 외부 에 우선 지정 -원전시설로부터 원 거리 시설	-기준파고 보다 최 소 2m이상 여유고 지역 지정 -해발고도 10m 이 상 언덕과 야산	-야외공터, 운동장 -모든 방향에서 접 근이 용이한 곳 -위험물 시설로부터 안전거리 30m 이 상 확보	-급식·급수 설치가 가능한 시설 -생활필수시설 설치가 가능한 시설 -도로, 차량과 접근 이 용이한 시설 -내진성능 확보
필수시설	별도 시설기준 없음, 건축기준 있음	식사, 잠자리 등 제 공 가능 시설	대피장소 안내 표지 판	대피장소 안내 표지 판	식사, 잠자리 등 제 공 가능 시설
비상용품	비축 권장	방호약품 의무 비축, 구호물품 일정분량 비축	없음	없음	없음(요청 시 구호기 관에서 지원)

자료 : 박상현. (2021). 대규모 재난 대피시설 선정·평가·운영 기술개발. 국립재난안전연구원. pp.11-16 참고하여 재작성

- 현재 우리나라에 지정되어 있는 대피소의 대부분은 대피소의 역할을 기대하기 어려운 곳이 많고 그마저도 관리가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정임. 특히 원전시설 폭발이나 군사위협에 의한 재난에 대비하여 국민의 안전을 보장이 가능한 1등급 대피소는 전무함. 국내 기존 건축물의 지하 공간을 1등급 수준의 대피소로 활용하기 위해서는 국내·외 지하대피소 건축 사례 분석이 필요함²⁾

1) 박상현. (2021). 대규모 재난 대피시설 선정·평가·운영 기술개발. 국립재난안전연구원. pp.11-16

2) 유동완. (2019). 긴급재난 대비 지하대피소 건축 사례 및 계획요소 분석 연구. 한국방재학회논문집(97). pp.137-142

2) 민방위 대피소

□ 민방위에 대한 개념은 행정안전부에서 다음과 같이 정의함

□ 민방위 기본법 제2조

1. “민방위”란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 상황(이하 “민방위사태”라 한다)으로부터 주민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 정부의 지도하에 주민이 수행하여야 할 방공, 응급적인 방재·구조·복구 및 군사 작전상 필요한 노력 지원 등의 모든 자위적 활동을 말한다.

가. 전시·사변 또는 이에 준하는 비상사태

나. 「통합방위법」 제2조제3호에 따른 통합방위사태

다. 「재난 및 안전관리 기본법」 제36조제1항에 따른 재난사태 선포 또는 같은 법 제60조제1항에 따른 특별재난지역 선포 등의 국가적 재난, 그 밖에 행정안전부장관이 정하는 재난사태

□ 시민들의 안전한 대피를 위하여 거주지 인근 병커로 이용 가능한 건축물과 시설이 민방위 대피소로 지정되어 있으며 위급상황에 대피시설로 전환됨. 전국 민방위 대피소 위치는 국민재난안전포털³⁾에서 검색하여 확인이 가능함

○ 민방위 대피소는 「건축법」 제2조 제1항 제5호에 따른 지하층을 두고 있는 건축물, 「소방시설 설치 및 관리에 관한 법률」 제12조 및 「화재의 예방 및 안전관리에 관한 법률」 제18조에 따라 소방시설을 설치하거나 유지·관리하여야 하는 건축물 및 시설물이 해당됨

○ 수원시 민방위 대피소는 장안구, 영통구, 권선구, 팔달구의 4개 구를 합산하여 총 306개가 지정되어 있으며, 10만 명 이상 수용 가능한 시설은 8개임⁴⁾

표 2-3 | 수원시 민방위 대피소 현황

구분	전체 대피소(개)	10만 명 이상 수용 시설 현황		
		명칭	면적(㎡)	수용인원(명)
장안구	79	수원 SK 스카이뷰 지하주차장	161227	195426
		천천 푸르지오 지하 공용주차장	126910	153830
영통구	81	광고e편한세상1차 지하주차장	120647	146238
		매탄위브하늘채 지하주차장	108160	131103
권선구	90	롯데몰 수원점 1층, 2층 지하주차장	96155	116551

3) 국민재난안전포털. 국내 민방위 대피소 현황. [웹사이트]. <https://www.safekorea.go.kr>, 2023년 3월 16일 검색

4) 경기데이터드림. 수원시 민방위 대피시설별 대피가능인원.(23년 3월 기준 자료). [웹사이트]. <https://data.gg.go.kr>

팔달구	56	수원역 푸르지오 자이 지하주차장	155236	188164
		동수원 월드메르디앙 지하주차장	83927	101729
		힐스테이트 푸르지오 1단지 지하주차장	98470	119357
총계	306	8개		

자료 : 국민재난안전포털 홈페이지(<https://www.safekorea.go.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 1월 6일 검색

3) 지진 옥외 대피소

- 지진 발생 초기 운동장, 공터 등 구조물 파손 및 낙하물로부터 안전한 외부 대피장소로서 고층 건물과의 거리를 감안하고 주민의 접근성을 고려한 대피 공간임
- 지진 발생으로 인한 위험으로부터 주민의 안전을 확보하기 위한 일시적 대피장소로 지자체가 지정 관리하도록 하고 있음. 지진이 발생하면 실내구호소와 옥외대피소가 가동되는데, 옥외대피소는 지진 발생 초기 및 여진에 의해 발생하는 건물 파손 및 낙하물로부터 안전한 외부 대피장소의 역할을 함⁵⁾
- 지진으로 인한 피해를 최소화하기 위하여 주로 건축물이 많은 곳에 지정됨. 또한 화학물질을 사용하는 시설과는 일정 거리 이상 이격 거리를 두고 있음. 이는 2차적인 화재나 폭발사고를 예방하기 위함
- 국민안전처는 2016년 12월 지진에 대비하기 위해 학교 운동장, 공터 등 구조물 파손 및 낙하로부터 안전한 외부 장소를 대상으로 전국 5,532개소를 지정하였음⁶⁾

표 2-4 | 지진 옥외 대피소 지정 기준

구분	지정기준	
지진 옥외 대피소	장소	학교 운동장, 공설운동장, 공원, 기타 *전국 평균 옥외 지진대피소 1개당 커버리지는 반경 약2.4km
	이격거리	주변 건축물 높이의 1.5배 이격거리를 감안하여 선정
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	

자료 : 세종시 피난소 설치현황 및 개선방안. pp.646-659 참고하여 재작성

5) 배준수, 김남훈, 손홍규. (2018). 유전자 알고리즘을 이용한 지진 옥외대피소 추가 선정. 대한공간정보학회. pp.174-175

6) 이상화. (2017). 세종시 피난소 설치현황 및 개선방안. 대한교통학회. pp.646-659

- 수원시는 지진 발생 시 시민 안전을 담보할 옥외대피소를 42곳→130곳으로, 실내구호소를 3곳→50곳으로 확대할 것을 발표함⁷⁾

표 2-5 | 수원시 옥외 대피소 현황

구분	장안구	권선구	팔달구	영통구
옥외 대피소	25	51	14	32

자료 : 통계로 보는 수원(<https://www.suwon.go.kr/>) 참고하여 재작성, 2023년 1월 10일 검색

4) 공공서비스 시설의 대피 공간 및 시설 디자인 기준

- 국내 공공서비스 시설은 일반 건축물에 비하여 사고 발생 시 심각한 인명 손실과 피해에 대한 우려가 크므로 철저한 공간적 대응이 요구됨. 이에 따라 안전한 대피 공간 및 시설물 디자인을 위해 공공서비스시설의 공간 안전 디자인을 위한 5가지 원칙에 따름⁸⁾
 - 식별성
 - 피난자가 안전 대피시설 및 공간으로 이동하는데 해당 공간에 대한 인지성이 우수한 디자인과 즉각적인 식별이 가능하도록 정보를 최적화하는 환경조성과 관련된 특성임
 - 접근성
 - 피난시설 혹은 소화시설, 안전시설 등에 신속하게 접근하고 사용 가능할 수 있게 하는 환경조성과 관련된 요소임
 - 대응성
 - 생명이 위급한 상황에서 즉각적인 대처 행동을 가능하게 하는 환경조성과 관련된 항목임
 - 직관성
 - 안전 시설물을 보고, 사용 방법을 한눈에 이해할 수 있는 전달력 높은 디자인과 쉬운 작동 방법에 관련된 요소임
 - 연속성
 - 안전 취약계층들을 포함한 모든 이가 피난 장소까지 신속하게 이동하기 위해 연속적인 대피 경로의 구성과 관련된 요소임

7) 고영규. (2018. 1.11.). 수원시, 지진 대피소·구호소 180곳으로 확대. [신문기사]. OBS뉴스

8) 이석현 외. (2021). 사회적 약자를 고려한 공공 행정서비스시설 재난대응 안전디자인 평가

표 2-6 | 공공서비스시설의 공간 안전디자인을 위한 5가지 요소

평가요소	공공디자인 특성
식별성 (Cognition)	안전대피시설로의 이동과 사용이 용이하도록 정보의 최적화 인지환경 조성과 관련된 특성
접근성 (Accessibility)	피난시설과 공간 혹은 소화시설까지 빠르게 접근 가능한 환경의 조성과 관련된 특성
대응성 (Responsiveness)	위급상황에서 즉각적인 대응이 가능하도록 하는 환경조성과 관련된 특성
직관성 (Intuition)	소화설비의 사용과 피난설비의 사용 시 사용자가 직관적으로 이용 가능한 디자인과 관련된 특성
연속성 (Sequency)	재난 발생 시 모든 피난자들이 신속한 이동을 가능하도록 하기 위해 대피경로의 연속성 있는 환경조성과 관련된 특성

자료 : 사회적 약자를 고려한 공공 행정서비스시설 재난대응 안전디자인 평가. pp 172 참고하여 재작성

5) 국민안전처(2015), 재해구호계획 수립지침

- 2016년 4월 사회재난 이재민까지 구호 범위를 확대하기 위한 재해구호법이 개정되면서 국민안전처는 사회재난으로 인한 이재민 발생 시 자연 재난 구호기준에 준하여 적용될 것을 권고함⁹⁾
 - 재난으로 피해를 입은 이재민은 재난 유형과 관계없이 재해구호를 받을 수 있게 함
 - 재난 상황에 맞춰 학교, 사회복지시설, 마을회관, 경로당, 관공서, 임시 주거용 조립주택, 민간 숙박업소 등을 임시주거시설의 종류에 추가하였음
 - 지금까지 자연 재난으로 피해를 입은 이재민에게만 응급구호세트 및 임시주거시설이 제공되었으나, 갑작스러운 재난으로 인해 주거시설이 유실되거나 침수, 붕괴 등의 피해를 입은 사람과 감염병 격리자 또는 재난 실종자 및 사망자 유가족은 자연 재난 이재민과 동일하게 구호를 받을 수 있게 됨
 - 구호약자(중증장애인, 노인 등과 장기요양급여 대상자, 임산부 등)에게는 병원급 의료시설을 제공하는 맞춤형 구호를 실시함. 소요 비용은 재해구호기금을 사용하도록 함

표 2-7 | 국내 재해구호계획 수립지침 중 임시주거시설 관련 주요 내용

평가요소	공공디자인 특성
임시주거시설 지정기준	수용시설 종류 <ul style="list-style-type: none"> - 수용이 용이하고 구조상 안전한 건물로 공공 건축물, 학교, 교회, 마을회관 등 - 중앙행정기관, 공공기관, 지자체 운영 숙박시설. 교육훈련시설·연수시설 내의 숙박시설 - 우선지정사항: 급식 및 부대시설 갖추어진 곳, 구호차량 진입이 용이한 곳
	수용시설 <ul style="list-style-type: none"> - 지진해일, 상습침수 등 재해로부터 안전한 고지대로 지정, 저지대 등 상습 재해발생지역

9) 국민안전처. (2015), 재해구호계획수립지침, pp.36-40

	입지조건	<p>내의 시설은 지정하지 않음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 모든 방향에서 접근이 양호한 지역을 선정해야 함 - 지진 발생시 주변에 고층건물이 있을시 이격거리를 감안하여 대피면적을 산출 - (이격거리) 대피장소에 건축물이 있을 경우 건축물로부터 건축물 높이의 1.5배를 제외한 대피면적 산출 - 대규모 임시주거시설의 설치가 가능한 장소로 지정해야 함 - 지진 피해로 임시거주가 필요할 경우 기존 임시주거시설 중 관공서 등 내진설계가 된 건축물이나 텐트를 활용 (수용면적: 1인당 3.3㎡ 이상)
임시주거시설 관리기준	시설관리기준	<ul style="list-style-type: none"> - 이재민 발생 즉시 수용 및 대피가 가능하도록 관리 상태를 수시로 점검해야함
	설비기준	<ul style="list-style-type: none"> - 이재민에게 정보를 제공하는 안내도를 작성 및 비치해야 함 - 환기·조명·보온 등 생활환경을 양호하게 유지하기 위한 설비를 확보하고 화장실, 간이목욕실 등 부대시설을 설치해야함 - 간이 급수시설 설치, 급수차량을 운영해야함 - 적절한 통풍유지 및 철저한 화재예방시설을 완비해야 함

자료 : 국민안전처. (2015), 재해구호계획수립지침, pp.36-40 참고하여 재작성

3. 국외 대피 공간 기준과 매뉴얼

1) FEMA 361(2021), Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes

□ 본 매뉴얼은 Safe Room의 계획, 설계, 건설 및 운영에 대한 FEMA(Federal Emergency Management Agency)의 지침을 제공하고, 토네이도 및 허리케인과 같은 강풍이 불 때 사람들을 보호할 주거 및 커뮤니티 Safe Room의 설계 및 시공에 대한 중요한 정보를 제공함

□ 매뉴얼에 수록된 대표 장의 내용은 다음과 같음

○ Application and Administration

- Safe Room의 성능 관련 다년간의 현장 관찰 및 조사를 기반으로 한 Safe Room 적용 및 관리에 대한 지침이 제공됨. 폭풍 대피소 용도로 설계된 건물의 경우, 대피소 디자인 및 시공에 대한 ICC 500 표준의 조항을 준수한다는 내용과 발행 연도를 명시

○ Occupant Density, Access, Accessibility, Egress, and Signage

- 소유자, 계획자 및 설계 전문가가 문제를 이해하는데 도움이 되는 배경정보 제공, Safe Room 관련 거주자 밀도, 접근, 접근성, 비상 출구 및 표지판에 대한 지침
- 모든 커뮤니티 Safe Room에는 디자인 정보 표지판, Safe Room 입구 표지판 및 Safe Room 주변 표지판이 있어야 함

○ Test Methods for Impact and Pressure Testing

- 바람에 날리는 잔해, 건물에 미치는 영향, 토네이도 및 허리케인 안전실 충격 테스트에 사용되는 대표적인 테스트에 대한 정보 제공. Safe Room은 풍압을 견디도록 설계된 후에는 제안된 벽 및 지붕 조립뿐만 아니라 충격 보호 시스템에 대해 평가되어야 함

그림 2-1 | FEMA361 매뉴얼

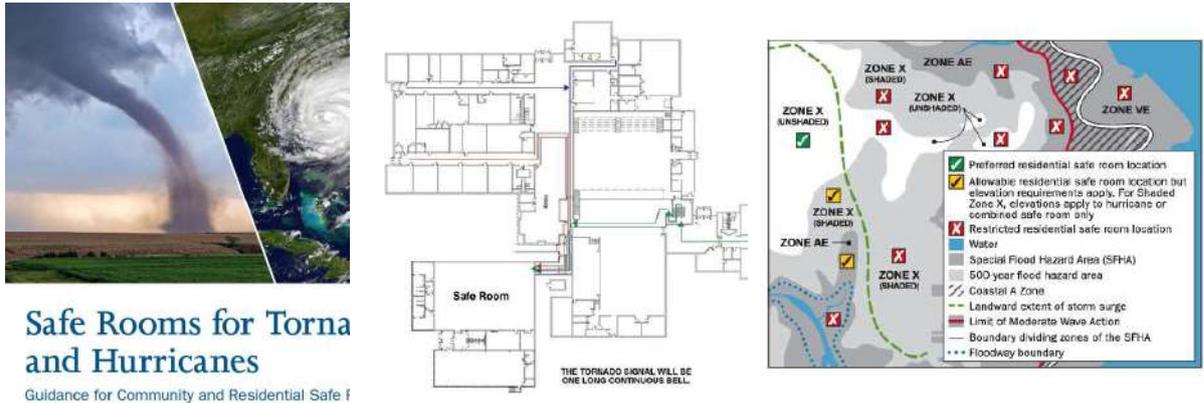
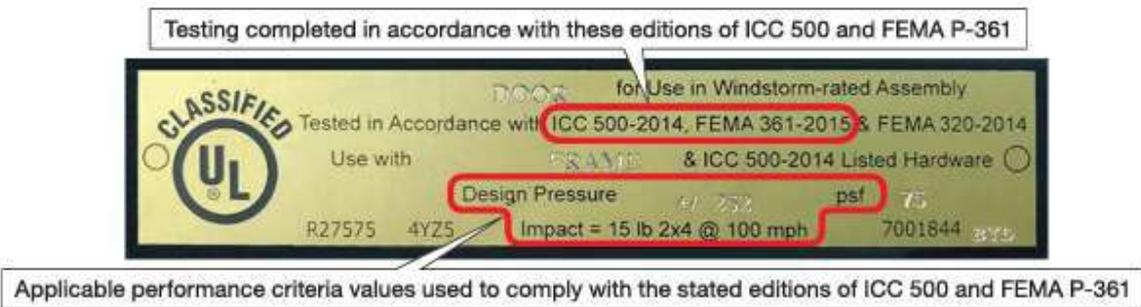


그림 2-2 | Safe room 표지판



그림 2-3 | 안전 테스트가 완료된 출입문 안내 라벨



자료 : FEMA 361(2021), Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes

2) FEMA 453(2006), Design Guidance for Shelters and Safe Rooms

- ▣ 본 매뉴얼은 FEMA 361, 지역사회 대피소를 위한 설계 및 건설 지침 및 FEMA 320, 집 안에 Safe Room 만들기에 제공된 정보를 보완함. 건물의 대피소 및 안전실(Safe Room)을 설계하는 지침을 제공하기 위한 것임

 - 총 4개의 챕터로 구분되며 사용자가 개별 상황에 적합한 방법과 조치를 선택할 수 있음
 - 설계 고려 사항, 잠재적 위협, 보호 수준, 대피소 유형, 부지, 점유 기간, 대피소에 대한 인적 요소 기준(대피소 거주자 당 면적, 거리/이동 시간 및 접근성, 특수 요구 사항, 조명, 비상 전원, 경로 표시 및 길 찾기, 표지판, 대피 고려 사항 등)에 대한 내용 기술
- ▣ 매뉴얼에 수록된 대표 장의 내용은 다음과 같음

 - SITING
 - 현장의 대피소 위치와 수용 인원은 모든 사람이 최소한의 이동시간으로 대피소에 도착할 수 있도록 위치해야 함. 대피소 위치 분석에는 CBRE 효과 평가가 포함되어야 함
 - 대피소로 가는 경로는 쉽게 접근할 수 있고 잘 표시되어 있어야 함. 피난처의 출구 경로는 위협으로부터 멀어지는 방향이어야 하며, 위험 표지판은 환경 설계를 통한 범죄 예방(CPTED) 원칙에 따라 자연적 접근 통제, 자연적 감시 및 영역에 따라 위치해야 함
 - Other design design considerations
 - 비상 조명과 전원, 백업 전원, 경로 표시 및 길찾기, 표지판도 대피소 설계에 포함되어야 함
 - Evacuation considerations
 - 피난자가 안전하게 대피할 수 있도록 건물 인구를 수용할 수 있는 적절한 폭의 충분한 수의 출구가 제공되어야 함. 출구는 건물의 다른 모든 부분과 분리되어 출구 배출구로 안전하게 이동하는 방법을 제공해야 함
 - 대피소 또는 Safe Room에 화학적, 생물학적 및 방사선(CBR) 보호 기능을 추가하는 방법을 설명. 또한 대피소를 운영하는 데 필요한 공기 여과, Safe Room 기준, 설계 요구 사항, 운영 및 유지 관리, 시 운전 및 교육에 대한 내용 기술
 - 비상 관리 고려 사항, 연방 CBRE 대응팀, 비상 대응 및 대규모 관리, 커뮤니티 보호소 운영 계획, 팀 구성원의 책임 설명, 보호소 장비 및 공급품, 유지 관리 계획 및 상업용 건물 보호소 운영 계획에 대해 설명하며, 주요 장비 고려 사항 및 교육에 대한 내용 기술

그림 2-4 | FEMA453 매뉴얼

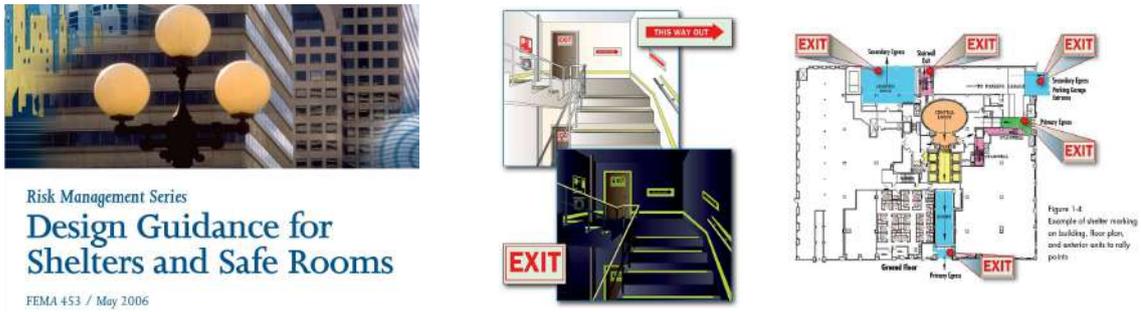
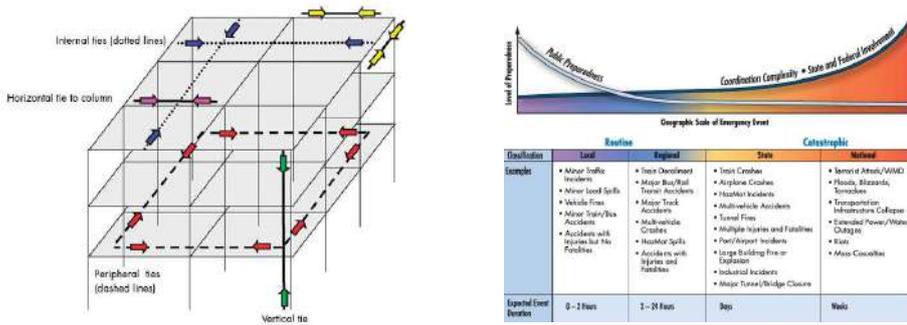


그림 2-5 | 피난 구조 도식화 및 재난 스케일별 대응 프로세스



자료 : FEMA 453(2006), Design Guidance for Shelters and Safe Rooms

3) QTCCC(2006), Design Guidelines for Queensland Public Cyclone Shelters

- 본 매뉴얼은 “Design Guidelines for Australian Public Cyclone Shelters”을 기반으로 하며 퀸즐랜드 열대 사이클론 조정 위원회(QTCCC)의 권장 사항을 통합하였으며, 공공 사이클론 대피소 설계 요건에 대한 지침을 제공함
 - 관리 및 운영 측면을 포함하여 부지 선택, 새 건물 설계, 기존 건물 평가 및 업그레이드에 대한 지침이 포함되어 있음
 - 대피소 위치, 구조, 인적 요소, 기타 요소로 구성됨
- 매뉴얼에 수록된 대표 장의 내용은 다음과 같음
 - Access
 - 대피소는 사이클론 이벤트 전후에 대피소에 대한 접근이 유지되도록 위치해야 하며, 버스 하차에 적합한 장소는 대피소 입구 근처에 위치해야 함
 - Area per Occupant
 - 대피소 설계 밀도는 1인당 최소 바닥 면적 1m²임

○ Occupancy Duration

- 대피소는 두 기간 동안 거주하도록 설계되어야 하며 설계 총 거주기간은 36시간임. 바람이 시속 100km의 돌풍에 도달하기 전 기간, 바람이 더 강할 때 대피소 폐쇄 기간, 바람이 약해진 후 대피소를 떠나는 사람들을 고려하여 돌풍 속도 100km/hr 이상의 바람으로부터 보호하기 위해 창문과 문을 닫는 설계 잠금 기간은 최대 18시간임

○ Lighting

- 필요한 최소 조명 수준은 40 lux이며, 응급 처치를 위한 공간, 다실, 거주자가 읽고 쓰고자 하는 공간에 보조 작업 조명이 있음. 비상 조명은 최소 24시간 동안 배터리로 작동해야 함. 최소 비상 조명 수준은 일반적으로 1 lux, 작업 영역에서는 15lux이며, 대피소 입구에는 외부 조명이 필요함

○ Access for People with Disabilities

- 쉼터 구역에 대한 장애인의 접근은 현행 건축 규정을 준수하는지 평가해야 하며, 대피소 구역과 건물 내에 존재하는 편의시설 사이에 접근 가능한 이동 경로가 제공되어야 함

○ Emergency Power

- 많은 인원을 수용하도록 설계된 대피소에는 비상 발전기가 제공되는 것을 권장함. 비상 발전기를 연결할 수 있도록 수동 전환 스위치에 연결된 외부 발전기 입구 소켓을 마련해야 하고, 발전기와 연료 탱크는 바람, 비에 의한 파편의 영향으로부터 보호되어야 함

○ Signage

- 대피소의 위치, 제한 사항, 최대 수용 인원 및 비상구에 명확하게 명시해야함

그림 2-6 | QTCCC 매뉴얼



Table of Contents	
1	Introduction.....
2	Objective.....
3	Design Guidelines.....
3.1	Shelter Location.....
(a)	Access.....
(b)	Storm Tide.....
(c)	Flood.....
(d)	Land slip.....
(e)	Other.....
3.2	Structure.....
(a)	Wind Loads.....
(b)	Debris Loads.....
(c)	Earthquake Loads.....
(d)	Permanent and Imposed Loads.....
(e)	Wave and Flood Flow Loads.....
3.3	Human Factors.....
(a)	Area per Occupant.....
(b)	Occupancy Duration.....
(c)	Lighting.....
(d)	Safe Movement and Access.....

3 Design Guidelines

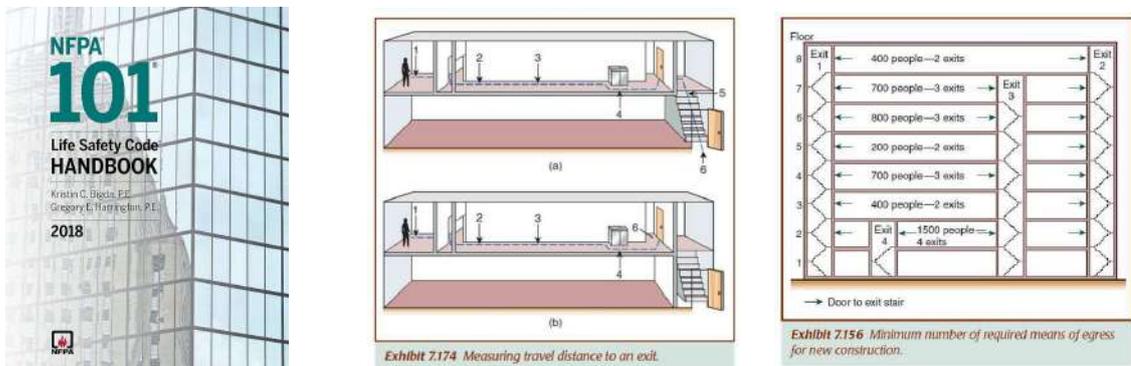
Design guidelines primarily address the safety of people for the purpose of storage of property. It is intended that personal effects (e.g. waterproof satchel containing personal papers and passports; special medicines and baby need light snacks and drinks).

자료 : QTCCC(2006), Design Guidelines for Queensland Public Cyclone Shelters

4) NFPA 101, IBC

- 본 매뉴얼은 life safety code(이하 NFPA 101)는 원래 Building Exit code로 시작하여 발전해온 규정으로, 미국의 많은 지역에서 지키고 있는 피난안전법규임
- 화재 시 건물에 있는 사람들이 무사히 빠져나가기 위해 어떻게 건물을 설계하고 방호해야 하는지에 대해 폭넓게 규정하고 있음
- 매뉴얼에 수록된 대표 장의 내용은 다음과 같음
 - 피난안전을 위해 필요한 건축적인 요구조건과 화재의 경보, 진압에 관한 규정들을 동일 주체(NFPA)에서 동일 규정(NFPA 101)에 일체화시켜 피난안전을 위해 필요한 건물의 설계를 위한 종합적인 해답을 찾고 있음
 - 국내 건축법규와는 달리 용도별로 어떤 특성의 사람이 얼마나 모일 것인가를 반영하여 피난로의 폭과 보행거리 등에 차등을 주어 설계함
 - 피난의 시작(Exit Access)부터 종료(Exit Discharge)까지 온전한 보호가 될 수 있도록 각 부분에 대한 방호 규정을 두고 있음

그림 2-7 | NFPA101 매뉴얼



자료 : NFPA 101, IBC

4. 종합

1) 국내·외 대피 공간 기준 및 매뉴얼 분석 종합¹⁰⁾

(1) 미국

- 허리케인, 토네이도 같은 대규모 태풍에 대응하기 위한 응급 대피 공간을 규정하며, 지역 규모에 따라 근린차원(Neighborhood level), 대피지역 차원 (Refuge zone level), 지역 차원(Regional or wider level)으로 분류하고 있음. 이중 지역차원의 응급대피공간의 규정은 FMA 361 (2008)이 적용됨

(2) 호주

- 태풍 및 화재대응 지침을 제시하고 있으나, 공공시설의 응급대피공간의 규정은 태풍 대응 지침으로 건축법(Building Code of Australia) 16항, 17항에 따른 지침서 역할을 수행함. 응급대피공간으로 활용되는 시설 분류는 지침이 아닌 건축법(Building Legislation)에서 공공시설 별로 규정함

(3) 일본

- 후생성 관할 재해구조법에 의거하여 각 도도부현은 화재, 풍수해 및 지진에 대응한 응급 대피장소의 지침서를 제시함. 일시적으로 대피하는 공간으로서 거주기능이 없는 대피소와 거주기능이 포함된 대피소로 분류되며, 일시 집합 장소와 광역대피 장소로 세분됨. 미국과 유사하게 재해 지역 규모에 따라 근린차원, 커뮤니티차원, 지역차원으로 구분되어 공공시설의 응급대피공간의 지침이 되는 지방자치단체의 조례가 구체적임

(4) 국내

- 재해관련법규 또는 건축법규 등으로 규정하지 않고 있고, 안전대책 본부의 소방방재청 제공 지침으로서 역할을 함

10) 김민경, 문혁, 김혜정, 김경숙. (2011). 재해재난 시 응급대피공간의 거주 계획요소에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 vol27(6). pp.93-102

2) 상세 항목별 종합

(1) 대지 기준

- 대지 기준은 위치, 최대 점유시간, 대피 거리 및 시간 등을 규정함. 대지위치는 주로 대중교통 접근 편리성, 재해로부터 안전한 장소, 주차장까지 연계나 위생시설, 급·배수시설과 연계에 대하여 규정하고 있음
- 응급대피 공간의 최대 점유시간(대피 공간에 머무는 시간)은 재해 지속 기간을 고려하여 제시되며, 미국과 호주의 경우 최대 36시간을 기준으로 하여 앉은 상태에서 대피하는 것을 기준으로 하는 반면, 일본 및 국제연합은 일정기간동안 취침을 제공하는 거주를 전제로 한다는 차이가 있음
- 대피 거리 및 시간에 대하여 미국은 재해 특징을 반영하여 빠른 대피가 필요한 토네이도를 대상으로 대피 시간을 제시하는 반면 일본은 대지 상황에 따라 시간과 거리 기준을 기술하고 있음

(2) 면적 기준

- 면적 기준은 1인당 거주 공간의 점유 바닥 면적과 면적당 수용 인원을 규정함
- 면적은 최대 점유시간에 따라 앉아서 대치 상태를 기초로 하는 미국, 호주 지침에 비해 거주를 전제로 하는 일본, 국제연합 지침이 넓은 면적을 제시하고 있음

(3) 성능 기준

- 성능 기준은 환기, 조명, 프라이버시 확보, 장애인의 대응 등임
- 환기 기준은 국내와 미국, 호주 지침이 있으며, 국내는 구체적인 기준을 제시하지 않음
 - 미국은 대피소에 부여된 기존 목적과 용도에 따라 환기방법을 규정하는 반면, 호주는 환기시스템에 따른 구체적인 기준을 제시하고 있음
- 조명기준의 경우 한국 및 국제연합 기준은 조명설치의 필요성만 기술하는 반면, 일본은 복도의 점등 상태 유지와 거주 구역의 조도 감소를 권장하고 있음
 - 미국 및 호주, 일본 지침은 비상조명 설치, 배터리 구동시스템, 보조 발전기 설치를 권장하며 호주는 구체적인 조명 레벨을 규정하고 있음
 - 문의 내구성 및 유입 인원에 대한 안전성을 높이는 계획 방법이라고 판단됨

표 2-8 | 국내외 응급대피 공간 관련 지침 및 규정 항목

관련기구	연방재난관리청 (FEMA)	퀸즐랜드 열대태풍 조정위원회(QTCCC)	각 지방자치단체	소방방재청	
지침명	FEMA 361(2008), ARC 4495, 지역지침문서	태풍대피소(PCS: Public Cyclone Shelters) 지침, 2006	아이치현 대피소 관리 매뉴얼(아이치현 재해구호부, 2005)	재해구호사업 지침(2010)	
응급대피 공간분류	- 근린차원 - 대피지역 차원 - 지역 차원	- 응급대피공간으로 활용되는 공공시설	- 일시집합장소 - 광역대피장소 - 대피소	- 대피장소 - 수용시설	
특징	- 재해유형(허리케인, 토네이도)/대응시간에 따른 규정 - 장애인 등 대응	- 태풍, 화재대응 - 장애인 등 대응	- 지진/풍수해 대응 - 구호단계별 규정 - 장애인 등 대응	- 대응하는 구체적인 재해유형은 없음 - 항목별 구체적 기준은 제시하지 않음	
규정내용	대지입지/ 배치	- 대피소 위치(접근성, 안전성) - 최대점유시간 - 대피거리/ 시간	- 대피소 위치(접근성, 편리성) - 최대점유시간	- 최대점유시간 - 대피거리/ 시간 - 이재민의 출입금지 공간 지정	- 대피소 위치(접근성, 보건성, 안전성)
	점유바닥 면적	- 거주기간/재해종류 기준 - 1인당 면적	- 거주기간 기준 - 1인당 면적	- 거주기간 기준 - 1인당 면적	- 1인당 면적
	부대시설	- 급배수설비(급수, 오폐수처리) - 위생시설(화장실) - 커뮤니케이션 장치	- 위생시설(화장실) - 커뮤니케이션 장치	- 급배수설비 - 위생시설(화장실, 가설목욕탕, 세탁, 쓰레기 처리) - 커뮤니티시설(어린이 놀이방)	- 급수설비(급수) - 위생시설(화장실, 목욕실)
	거주성능	- 통풍/ 환기 - 조명/ 채광 - 비상전력 - 장애인의 접근/이용	- 환기 - 방수/비바람 대응 - 조명 - 비상전력 - 거주공간 칸막이설치 - 장애인의 접근/이용	- 통풍 - 동계시 난방 - 거주공간 칸막이설치 - 수유장소(탈의실) - 장애인의 접근/이용 - 화재예방	- 통풍 - 화재예방
기타	- 비상구호품 - 비상공급을 위한 장치(라디오, 손전등 등)	- 비상구호품	- 형태, 구조 - 시설 지정 - 신호	- 시설 지정	

자료 : 김민경 외. (2011), 재해재난시 응급대피공간의 거주계획요소에 관한 연구

제2절 대피 관련 실험 연구

1. 국내 대피 관련 실험 연구

1) 김영휘(2022), Evacuation of Shelter in Place at Subway Transfer Stations Based on BIM and Proposal of a Strengthening Method

□ 배경 및 목표

- 고층빌딩, 터널, 지하철역 등의 대피소의 위치는 시민의 안전에 중요한 요소이나 지하철 대피도는 대피소의 위치를 고려하지 않고 지면이나 승강장 터널로 유도하는 경우가 많음.
- 피난과 관련된 개선 방안을 제안하고 지하철역 대피소의 구조 요건을 만족시키기 위한 실험

□ 연구 범위 및 방법

- 본 연구는 지하철에서 비상대피 상황이 발생할 경우 대피소로 대피하는 시간을 6분으로 제한하고 시뮬레이션 실험함. 비상 상황 시 외부로 이동하거나 대피소를 위한 피난 공간 지정 시 대피소로 이동하는 것 중 가장 효율적인 방법을 비교 분석함

□ 연구 결과

- 외부 출구로 대피하는 데 걸리는 시간은 대피소로 이동하는 시간보다 더 길고, 외부로 이동할 때 좁은 출구를 통해 많은 사람들이 대기해 계단과 지하철 게이트 등에서 병목현상이 발생함. 따라서 지하철 내부의 비상시에는 외부로 이동하는 것보다 정해진 대피소 내부로 이동하는 것이 훨씬 효율적임을 알 수 있음
- 기존 지하철역에 제공되는 피난 지도에는 대피소의 위치가 명시되어 있지 않기 때문에 대피소의 적절한 위치를 제시하는 것이 필요함

그림 2-8 | 3호선 탑승자 배치도

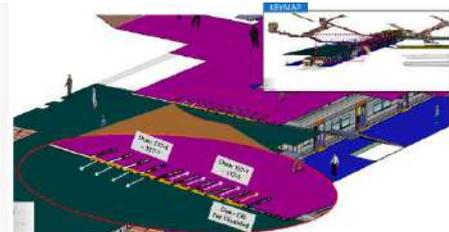
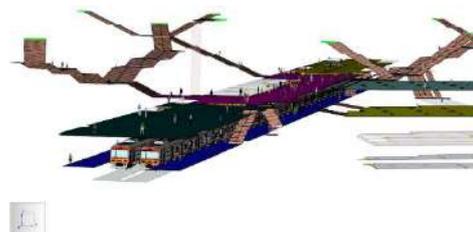


그림 2-9 | 3호선 대피소 위치 및 지역



자료 : 김영휘(2022), Evacuation of Shelter in Place at Subway Transfer Stations Based on BIM and Proposal of a Strengthening Method

2) 김동식(2021), 몰입형 가상현실 기법을 활용한 비상시 도심지역 지하철역 지하 출입구 대피시설 표식의 식별성에 관한 연구

□ 배경 및 목표

- 자연재해 및 재난 발생이 증가함에 따라 시각 요소는 비상시 대피 안내와 같은 생명과도 직결된 역할을 하므로 시각적 요소들의 중요성은 더욱 부각됨. 지하 대피는 특수한 성격을 나타내어 시각적인 식별성을 고려한 대피시설 표식 구축이 체계적이어야 한다고 판단됨
- 본 연구는 몰입형 가상현실 기법을 통해 지하 공간의 안전성을 보장하면서도 대피시설 표식에 대한 식별성을 높여 중요성 인지에 대한 방안을 제시

□ 연구 범위 및 방법

- 도시철도 중 가장 큰 규모를 지니면서도 유동 인구가 가장 많은 서울시의 지하철역의 특징을 참고하여 실제 상황과 유사하게 구축. 부착 빈도수가 높은 안전 표지판 및 유도 표지판을 크게 4가지 유형으로 정립, 지하철역 입면 형태 유형을 3가지로 정립하여 가상현실 공간 구축. 총 12가지 유형에 대하여 실험 후 설문조사 데이터를 토대로 지하철역 지하 출입구의 대피시설 표시 식별성 및 선호도 분석

□ 연구 결과

- 지하 출입구 진입 시 보편적으로 대피시설 표식보다는 역사 명칭 안내 사인이나 광고물을 먼저 인지하는 것으로 나타남
- VR 실험 결과 평상시 지하철 이용 시 대피시설 표식을 크게 의식하지 못하는 것으로 나타남. 상대적으로 크기가 작은 유도 표지판보다 큰 크기로 부착된 안내 표지판의 식별성이 더 높으므로 대피시설 표식의 크기에 대한 고려가 이루어져야 할 것으로 판단됨

그림 2-10 | 좌) VR 실험 영상, 우) VR 실험 진행 과정



자료 : 김동식(2021), 몰입형 가상현실 기법을 활용한 비상시 도심지역 지하철역 지하 출입구 대피시설 표식의 식별성에 관한 연구

3) 최준호(2016), 대구 지하철 역사의 입지조건과 이용객의 층별 분포 조사를 통한 피난 소요 시간 및 계단부 에이전트 유동률 평가에 관한 연구

□ 배경 및 목표

- 지하철 역사는 자연채광이 존재하지 않고 출입구와 이동 경로가 제한적이며 불특정 다수의 유동 인구를 수용하기 때문에 화재 발생 시 큰 인명피해의 위험성이 있음. 사상자를 최소화하기 위해 건축계획 및 설계단계에서 층별 이용자 수와 동선을 예측하고, 재난 시 피난로에 대한 계단 배치와 수용 인원 치수 계획이 적절한지 검토해야 함
- 본 연구는 입지 조건이 다른 역사의 이용자 분포를 실측하고 수집한 자료를 토대로 역사의 피난 시간과 이동 경로를 시뮬레이션을 통해 평가함

□ 연구 범위 및 방법

- 입지 특성이 뚜렷한 역사를 선정하여 Simulex를 사용하여 층별 이용자가 지상으로 피난하는 이용자의 피난 동선과 층간 이동시간, 계단 내 체류 시간 등을 분석. 피난 소요시간을 예측하고 이용자의 피난 행동, 계단의 피난자 수용 능력과 유동률($p/m \cdot s$) 등을 분석

□ 연구 결과

- 각 역사의 절대 이용자 수는 피난 완료 시간과 큰 연관성이 없으며 이는 역사의 설계단계에서부터 예측된 이용자 수를 기준으로 동선과 계단의 규모를 고려했기 때문으로 추정
- 역사 설계단계에서부터 정확한 이용자 수 예측을 통해 피난계단의 위치 및 규모를 산정할 필요가 있으며, 현장 실험이나 시뮬레이션 툴을 이용하여 이용자의 대피 상황에 대한 예측과 검증이 필요함

그림 2-11 | FDS 화재 시뮬레이션 모델링에서 사용 가능한 안전한 탈출시간 계산 (ASET=25sec)

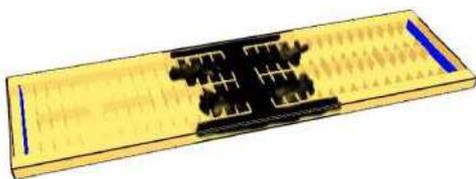
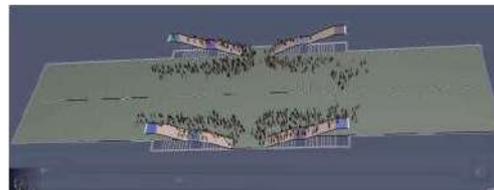


그림 2-12 | Pathfinder 대피 시뮬레이션 모델링에서 필요한 안전 탈출 시간 계산 (RSET=187초)



자료 : 최준호(2016), 대구 지하철 역사의 입지조건과 이용객의 층별 분포 조사를 통한 피난 소요 시간 및 계단부 에이전트 유동률 평가에 관한 연구

4) 이호연(2014), building EXODUS를 이용한 에스컬레이터 피난 모델링에 관한 연구

□ 배경 및 목표

- 에스컬레이터는 대기 시간이 짧고 동 시간 다수의 사람들을 운송시키는 장점이 있으나 재난 시 오작동에 의한 안전 문제로 에스컬레이터 피난 전략에 관한 연구가 부족
- 본 연구는 에스컬레이터를 새로운 피난 수단으로 도입하기 위한 당위성을 제시하고, 에스컬레이터를 이용하여 안전하고 빠른 피난 전략을 제안함

□ 연구 범위 및 방법

- 피난 상황에서 일어나는 대규모 인구 이동과 유사한 상황을 관측하기 위해 지하철 역사를 대상으로 수행함. 현장 조사를 통해 에스컬레이터의 제원과 이용 특성을 조사하고, building EXODUS를 사용하여 시뮬레이션 작업을 실시하여 안전하고 빠른 최적의 피난 시나리오를 제시함. 시나리오는 에스컬레이터와 계단의 비율, Walker와 Rider의 비율, 에스컬레이터의 작동 유무로 구분

□ 연구 결과

- 에스컬레이터와 계단을 적절한 비율로 사용하고 에스컬레이터가 움직이면서 모든 재실자들이 Walker 상태일 때, 가장 빠른 대피 시간으로 나타남
- 위급상황 시 에스컬레이터가 가동된 상태이지만 에스컬레이터를 사용하는 재실자들이 Rider 상태가 최적의 시나리오임. 에스컬레이터가 정지된 상황보다 대피 시간을 1.4% 단축함

그림 2-13 | 지하철 반월당역 내부 안내도

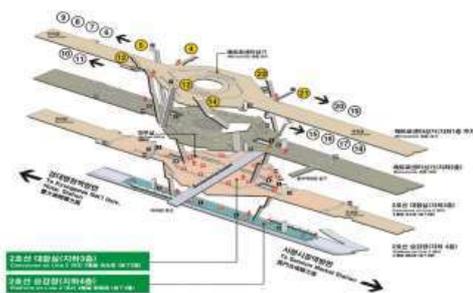
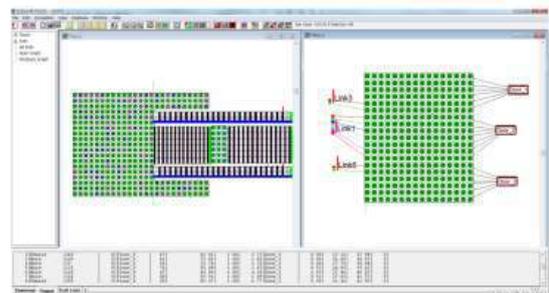


그림 2-14 | buildingEXODUS 구동화면



자료 : 이호연(2014), building EXODUS를 이용한 에스컬레이터 피난 모델링에 관한 연구

5) 박병직 외(2012), 테러 및 화재 시 지하철 역사 유형별 피난 성능에 관한 연구

□ 배경 및 목표

- 지하철 역사는 대규모 지하 공공시설로 화재나 테러가 발생하면 많은 사람들이 동시에 피난하기 때문에 피난 속도가 저하되는 특정 구간과 장소에서는 병목현상이 발생하여 대규모 인명피해가 발생하게 됨
- 본 연구는 지하철 역사에서 나타나는 피난 계획의 특징을 알아보고, 개선안을 제안하여 지하철 재해 시 인명피해를 줄일 수 있는 건축계획을 할 수 있도록 제안하였음

□ 연구 범위 및 방법

- 120개의 역사를 10가지 유형으로 분류하고 3가지 유형의 역사를 대상으로 폭발물, 인화물질에 의한 방화, 생화학 테러가 열차 내부에서 발생한 이후의 피난을 연구범위로 한정
- 시뮬레이션 툴은 Simulex를 사용하였고, 지하철 승강장에서 상행선과 하행선 모두 정차하여 피난자 모두 지상으로 대피하는 상황으로 설정함. 피난 종료시간, 출구별 피난 인원수, 초당 누적 피난 인원, 평균 흐름율, ASET과 RSET 값을 분석

□ 연구 결과

- 개찰구 주변의 장애물이 없도록 계획하여 최단 거리 피난을 하도록 배치하고 대합실로 올라오는 계단, 엘리베이터, 개찰구 공간은 충분한 여유 공간을 갖도록 이격거리를 확보함
- 탈출구를 향하는 피난동선 및 시선을 방해하는 시설 배치 및 계획 지양, 피난 시 출구별 이용률을 균등하게 하기 위하여 적절한 장소에 피난 지시 및 표시 등의 사인시스템 설치

그림 2-15 | 삼성역 대합실과 승강장의 피난 모습

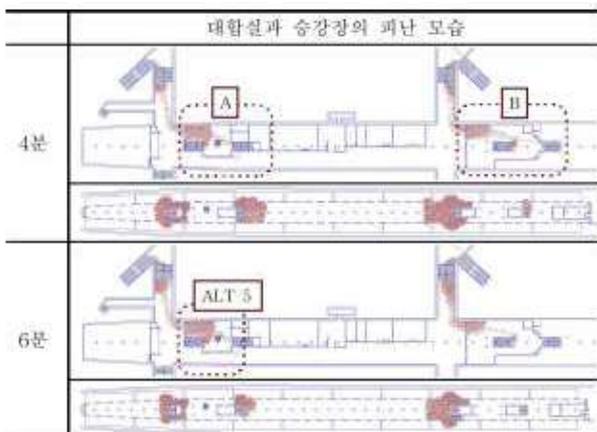
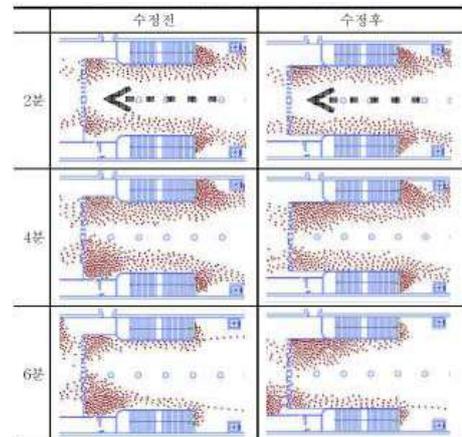


그림 2-16 | 매봉역 개선안



자료 : 박병직 외(2012), 테러 및 화재 시 지하철 역사 유형별 피난 성능에 관한 연구

6) 최석용(2010), 지하 역사 재난 상황에 대한 피난시뮬레이션 툴의 비교 검토

□ 배경 및 목표

- 재실자와 공간에 대한 치수·밀도·친숙도 등의 공간에 따른 영향, 재실자 간의 관계와 재실자의 지각판단능력, 재실자의 피난 속도에 의한 영향이 고려된 재실자의 피난행동 영향요인 파악이 피난성능평가에 중요해지고 있음
- 본 연구는 지하역사 재난 상황 시 동일조건인 재실자 입력값과 재난상황에서 나타나는 군중심리를 행동 변수값으로 반영한 Simulex와 Building EXODUS의 피난 경로와 피난 완료시간의 결과를 비교함. 이를 통해 차이점과 행동특성이 결과에 미치는 영향을 분석하였음

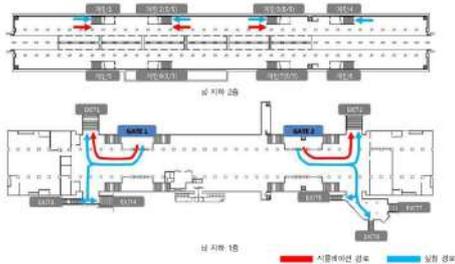
□ 연구 범위 및 방법

- 연구 대상지는 지하역사로 지하2층의 계단 8개소를 통하여 승강장을 통과하며, 지하1층의 계단 7개소를 통해 최종피난을 완료하는 것으로 설정함. 에스컬레이터와 엘리베이터는 모두 정지하는 것으로 설정하였음. Simulex와 Building EXODUS 피난 시간 비교 분석, 행동 특성에 따른 시뮬레이션 영향 분석, 실제 피난 실험과 시뮬레이션의 피난 경로 비교 분석

□ 연구 결과

- Simulex와 Building EXODUS 동일 조건인 재실자 입력변수인 경우 피난 시간의 차이는 거의 없으며, 피난 경로는 모두 최단거리로만 피난함
- 병목현상은 두 시뮬레이션 모두 지하2층과 지하1층의 연결계단과 게이트 앞에서 발생함. 재실인원이 많은 지하철 화재 사고에서 반응시간에 따른 최종 피난시간은 크게 영향을 미치지 않음. 재실자 위치에서 가장 가까운 출구로 피난하는 다양한 피난심리가 반영되지 못한 시뮬레이션은 실제 피난 실험에서의 경로와 차이를 보임

그림 2-17 | V시뮬레이션과 실험의 경로 비교 그림 2-18 | V행동변수에 따른 피난 완료 시간



자료 : 최석용(2010), 지하 역사 재난 상황에 대한 피난시뮬레이션 툴의 비교 검토

표 2-9 | 국내 선행연구

연구자	제목	주요 내용
김영휘(2022)	Evacuation of Shelter in Place at Subway Transfer Stations Based on BIM and Proposal of a Strengthening Method	실험을 통해 지하철역 대피소의 효과적인 활용을 위한 조건에 대한 구체화와 비상상황 시 내부 피난의 효과를 발견함. 이에 따라 사전 대피소 지정을 통한 피난 효율 향상과 피난 안내의 중요성을 강조
김동식(2021)	몰입형 가상현실 기법을 활용한 비상시 도심지역 지하철역 지하 출입구 대피시설 표시의 식별성에 관한 연구	안전 표지판 및 유도표지판을 크게 4가지 유형으로 정립, 지하철역 입면 형태 유형을 3가지로 정립하여 가상현실 공간 구축하여 지하철역 출입구의 대피시설 표시의 식별성과 선호도를 분석
최준호(2016)	대구 지하철 역사의 입지조건과 이용객의 층별 분포 조사를 통한 피난소요시간 및 계단부 에이전트 유동률 평가에 관한 연구	입지 조건이 다른 각 역사의 이용자 분포를 실측하고 이를 토대로 각 역사의 피난 시간과 이동 경로를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 평가함. 이를 통해 피난 계단의 위치와 규모 산정의 중요성을 강조
이호연(2014)	building EXODUS를 이용한 에스컬레이터 피난 모델링에 관한 연구	현장조사를 통해 에스컬레이터의 이용 특성을 조사하고, 조사 결과로 얻어진 데이터를 대상으로 buildingEXODUS를 사용하여 시뮬레이션 작업을 실시하여 안전하고 빠른 최적의 피난 시나리오 제시
박병직(2012)	테러 및 화재 시 지하철 역사 유형별 피난 성능에 관한 연구	시뮬레이션 툴 Simulex를 사용하여, 지하철 승강장에서 지상으로 대피하는 상황으로 설정하였으며, 피난 종료시간, 출구 별 피난 인원수, 초당 누적 피난 인원, 평균 흐름율, ASET과 RSET 값을 분석
최석용(2010)	지하역사 재난 상황에 대한 피난시뮬레이션 툴의 비교 검토	지하 역사 재난 상황 시 동일 조건으로 재실자와 재난 상황의 군중심리를 행동 변수 값으로 반영한 SIMULEX와 Building EXODUS의 피난 경로와 피난 완료 시간의 결과를 비교하고, 시뮬레이션과 피난 실험과의 피난 경로를 비교하여 두 시뮬레이션의 차이점과 행동 특성이 결과에 미치는 영향을 분석
전규엽(2005)	모의실험을 통한 지하공간에서의 연령별 피난 행동 특성에 관한 연구	실제 지하 공간을 대상으로 지하 공간 화재 시 이용자의 피난 시간, 피난 방법, 피난자의 피난 경로 선택과 이동 경로의 분포, 유도설비가 피난 행동에 영향을 미치는 효과를 연령대별로 분석

2. 국외 대피 관련 실험 연구

1) Hua Chen et al.(2023), Simulation of Fire emergency evacuation in a large-passenger-flow subway station based on the on-site measured data of shenzhen metro

□ 배경 및 목표

- 대규모 인명피해가 발생하기 쉬운 지하철역의 지하공간은 화재로 인한 인명피해가 발생하기 전에 효율적이고 신속하게 승객을 대피하는 방안, 지하철역 설계, 유지 및 운영관리가 중요함
- 본 연구의 목적은 실제 현장 실측 데이터를 활용하여 다양한 화재 시나리오를 고려한 피난 모델을 구축하는 것임

□ 연구 범위 및 방법

- 본 연구는 Pathfinder 소프트웨어와 Pingzhou역의 현장 측정 데이터를 활용하여 승객이 많은 지하철역에서 화재 비상 대피를 시뮬레이션함. 열차화재, 승강장 화재, 홀 화재의 세 가지 화재 대피 시나리오에 대해 RSET(Required Safe Egress Time), 승객 수, 계단 및 에스컬레이터의 유속을 분석함

□ 연구 결과

- Pathfinder 시뮬레이션 실험 결과 모델에서 얻은 결과가 실제 사례와 일치함
- 유동인구가 많은 지하철역의 비상피난을 기준으로 6분 이내에 탑승자가 피난을 완료하지 못하는 것으로 나타남. 승객 흐름이 계단과 에스컬레이터의 대피용량을 초과하면 심각한 병목현상이 발생하므로 직원이 대피 유도를 수행하는 것은 혼잡이 331초 이상 지속되므로 역내 승객 흐름을 제한하는 것이 피크 시간대에 역의 화재 안전을 보장하는 효과적인 방법임

그림 2-19 | 대피 시나리오별 화재 현황

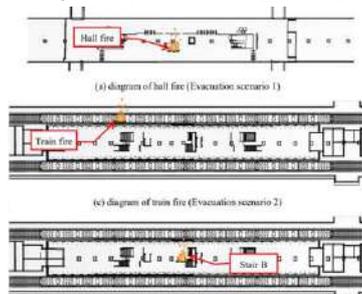
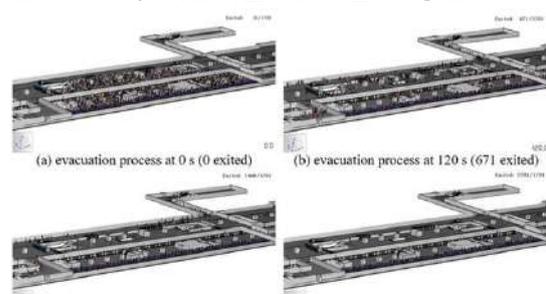


그림 2-20 | 시간대별 대피 절차 장면



자료 : Hua Chen et al.(2023), Simulation of Fire emergency evacuation in a large-passenger-flow subway station based on the on-site measured data of shenzhen metro

2) Qiao, Y. et al.(2023), Fault tree analysis for subway fire evacuation with agent-based modeling

□ 배경 및 목표

- 지하철 자체가 제한된 공간과 높은 승객 밀도의 특성을 가지고 있기 때문에 화재로 인한 인명 및 재산피해를 줄이기 위해 적극적인 대피계획을 세우는 것이 중요
- 본 연구는 지하철 내 통행 불가로 인한 대피 실패 시나리오를 파악하기 위한 fault tree analysis 방법을 개발함

□ 연구 범위 및 방법

- 지역 대피 행동을 모델링하기 위한 승객에 대한 직접 데이터를 얻기 위해 설문조사를 통해 승객의 기본 대피 특성을 수집함. 수집된 승객 특성을 통해 대피 행동을 보정함
- 화재 통과 불가 시나리오는 확립된 에이전트 모델을 사용하여 평가하고 대피 실패로 이어지는 시나리오 식별 위해 fault tree analysis 분석함. 또한 피난시설(계단, 에스컬레이터)의 이용과 피난 결과의 관계를 알아보기 위해 역내 모든 승객이 6분 이내에 피난할 수 있는지 여부를 최적의 피난 기준으로 설정함

□ 연구 결과

- 에스컬레이터의 통행성은 성공적인 대피에 필수적이며 화재가 발생해 에스컬레이터 통행이 불가능해지면 대피는 실패하게 되므로 에스컬레이터 시설관리에 각별한 주의가 필요함
- 화재 시 에스컬레이터를 정지시키는 것이 중요하며 승객과 직원에게 안전한 대피에 대한 지식을 대중화해야 함. 승객의 기본적 특성 중 성별, 연령, 학력, 지하철 이용빈도, 대피경험 등이 비상대응에 영향을 미칠 수 있으므로 인구통계학적 특성을 분석하여 대비해야 함

그림 2-21 | 플랫폼 및 역 홀의 개략도

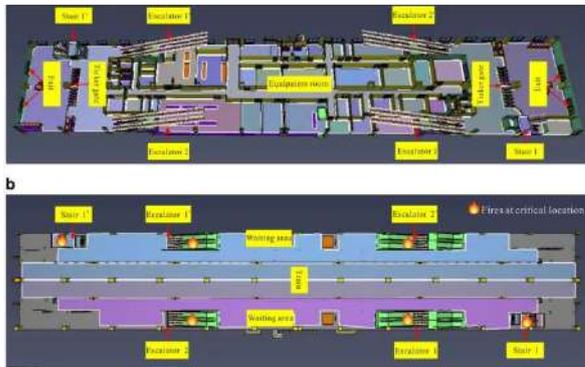
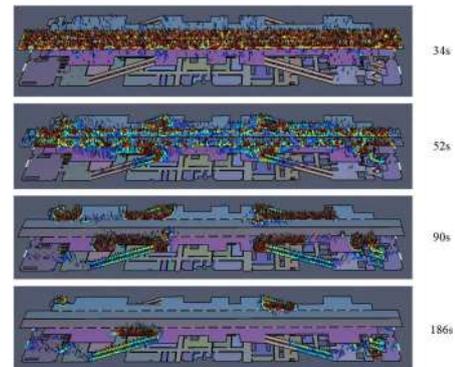


그림 2-22 | 실험 장면



자료 : Qiao, Y. et al.(2023), Fault tree analysis for subway fire evacuation with agent-based modeling

3) Yang Hui(2023), Data-driven Time Model for Subway Emergency Evacuation: A Case Study and Simulation

□ 배경 및 목표

- 비상 시 대피가 필요한 경우 지하철역의 좁은 공간과 높은 승객 흐름은 운영 상 안전 문제를 발생시킴. 따라서 운영과정에서 지하철역 비상대피시간과 수용능력을 종합적으로 평가하여 안전하고 과학적이며 합리적인 설계가 되도록 하는 것이 필요함
- 본 연구는 지하철역의 다중 요소 특성을 다양하게 고려하여 전체 대피 시간 모델을 제안함

□ 연구 범위 및 방법

- Xi'an Wulukou Subway Station을 대상으로 승객의 수평 이동 속도, 지하철 장비 매개변수, 인구 밀도 등의 요소를 통합하여 5단계 병목 현상의 다양성을 기반으로 전체 비상 대피 시간 모델 수립. Pathfinder 소프트웨어에 대한 이론적 모델의 결과를 검증하고 계단 및 출구의 대피 조건에 대한 추가 분석을 수행하여 이론적 비상대피시간과 모의대피시간의 차이를 검증함

□ 연구 결과

- 피난 시간은 주로 수평보행거리, 수평 유속, 열차크기, 계단의 물리적인 변수에 의해 영향을 받음. 비상 대피 모델은 병목 지점 위치를 예측할 수 있었고, (게이트>자동차문>계단) 순으로 발생함
- 수학적 모델에 의해 계단 된 대피시간은 Pathfinder 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션 실험에서 얻은 시간과 5.4%의 오차로 일치하였음

그림 2-23 | 역 홀 개략도

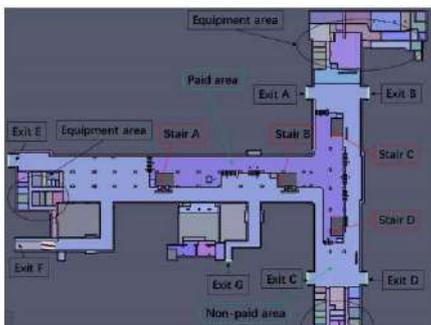


그림 2-24 | Line 1 플랫폼 개략도

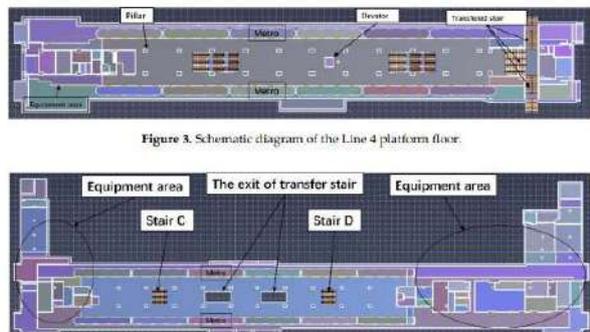


Figure 3. Schematic diagrams of the Line 4 platform floor.

자료 : Yang Hui(2023), Data-driven Time Model for Subway Emergency Evacuation: A Case Study and Simulation

4) Junjie W. et al.(2022), Study on emergency evacuation in underground urban complexes

□ 배경 및 목표

- 점진적인 도시화와 도시 지하공간의 개발 및 활용으로 인해 지하도시단지(UCC)의 사용이 증가함. 밀폐된 특성과 복잡성으로 인해 사상자를 방지하고 비상 시 신속하고 안전한 대피가 시급한 문제로 대두됨
- 본 연구는 스티어링 모델을 기반으로 모의 피난 조치, 정체 및 주출구의 총 피난 시간 및 보행자 흐름의 변화를 비교 분석함

□ 연구 범위 및 방법

- Pathfinder의 조향 모델을 기반의 대피 시뮬레이션 실험은 사람들의 움직임이 경로 계획, 조향 메커니즘 및 충돌 처리에 의해 제어되는 스티어링 모드를 사용함
- 현 위치와 목표 지점을 연결하는 경로를 이동하면서 전체 경로를 제어했음. 피난자와 가장 가까운 지점 사이의 거리가 미리 정해진 임계값을 초과 시 초기 계획된 피난 경로는 새로운 상태를 수용하도록 재설계됨

□ 연구 결과

- 계단, 출구 게이트 및 슈퍼마켓 계산대 위치는 병목 현상이 발생하기 쉽고 심각한 혼잡을 야기하므로 위치 선정이 중요하며 비상 대피 프로세스에 집중해야 함. 출구 폭을 늘리거나 보조 대피 경로를 설정하여 대피 효율성을 향상시켜 비상 대피에 유리함
- UUCs에서 대피 시 대피 균중심리로 인한 방향성 종속과 거리적 종속은 고유의 공간 환경과 비상시 현장 환경으로 인해 비상관리 효율성에 영향을 미쳤음

그림 2-25 | 지하단지 개략도

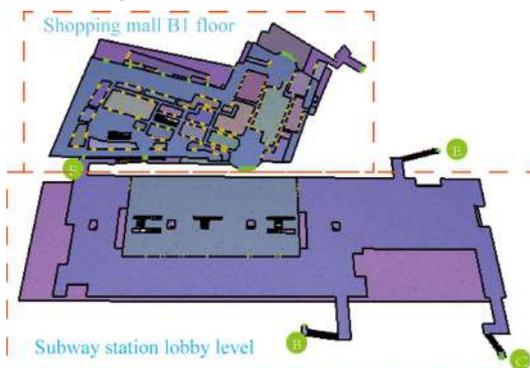
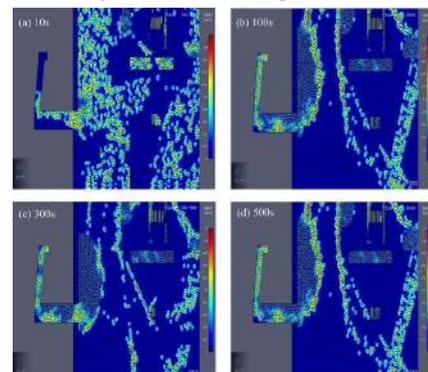


그림 2-26 | 시뮬레이션 장면



자료 : Junjie W. et al.(2022), Study on emergency evacuation in underground urban complexes

5) Jiawen Q. et al.(2020), Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder

□ 배경 및 목표

- 지하철은 일종의 대용량 지하 차량으로 도시의 교통 압박을 크게 완화 시키지만 밀폐된 공간으로 화재가 발생하면 많은 사상자가 발생할 수 있다는 주요 결함이 있음
- 본 연구는 Pathfinder 소프트웨어를 활용하여 특수 지하철역에서의 대피 시뮬레이션을 수행함. 화재 시나리오를 설정하고 스테이션의 유속을 변경하여 다른 상태의 대피를 분석함

□ 연구 범위 및 방법

- 본 연구는 상하이 지하철 열차 A형을 채택하였고, 지하2층에 있는 이중 아일랜드 구조의 역임. 대피 경로 선택은 SFPE 모드에서 도보 길이를 기본 참조 표준으로 사용하도록 정의됨
- 거주자는 가까운 원칙에 따라 출구를 선택하는 것이고, 시뮬레이션 과정에서 피난 공간 밀도를 자동으로 식별하여 탑승자의 속도 조정할 수 있음. 대피 전략은 경로 계획과 탑승자 충돌을 결합하여 공식화되며 대피 거리와 탑승자 간 거리에 따라 경로가 결정됨

□ 연구 결과

- 승강장에서 화재가 발생하면 탑승자의 대피 시간은 사람들이 화재 원을 견디는 시간보다 훨씬 길고 두개 열차가 동시에 도착하는 것은 지양해야 함
- 복도에 대피 병목 현상은 없었으나 승강장 계단에서 군집과 밀집 현상이 나타남. 피난 계획의 초점은 계단에서 병목현상을 완화시키는 것임. 따라서 열차가 만석일 때 플랫폼에 있는 사람들의 수는 120명 이내로 통제하며, 열차 탑승 인원이 1542명에 도달하면 플랫폼 탑승 인원은 480명으로 제한해야 함. 열차 탑승 인원이 906명 이하인 경우 규제 조치를 취할 필요는 없는 것으로 나타남

그림 2-27 | 대피 시뮬레이션 계획

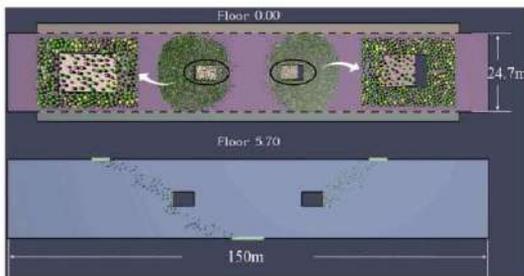
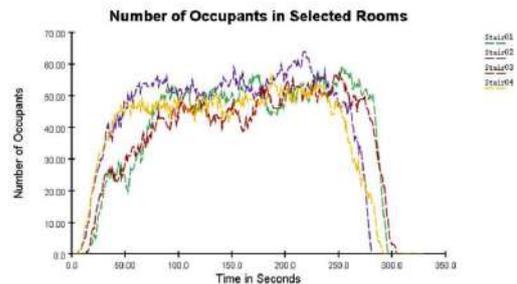


그림 2-28 | 각 계단의 흐름-시간 차트



자료 : Jiawen Q. et al.(2020), Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder

표 2-10 | 해외 선행연구

연구자	제목	주요내용
Hua Chen et al.(2023)	Simulation of Fire emergency evacuation in a large-passenger-flow subway station based on the on-site measured data of shenzhen metro	실제 현장 실측 데이터를 활용하여 다양한 화재 시나리오를 고려한 피난 모델을 구축
Qiao, Y. et al.(2023)	Fault tree analysis for subway fire evacuation with agent-based modeling	화재로 인한 지하철 내 통행 불가로 인한 대피 실패 시나리오를 파악하기 위한 fault tree analysis 방법을 개발
Yang Hui(2023)	Data-driven Time Model for Subway Emergency Evacuation: A Case Study and Simulation	지하철역의 다중 요소 특성을 여러 세그먼트로 고려한 전체 대피 시간 모델을 제안
Junjie W. et al.(2022)	Study on emergency evacuation in underground urban complexes	사람들의 움직임이 경로 계획, 조향 메커니즘 및 충돌 처리에 의해 제어되는 스티어링 모드를 사용하여 UCC의 계단, 출구 게이트의 병목현상을 개선함
Jiawen Q. et al.(2020)	Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder	시뮬레이션을 통해 복도에 대피 병목현상은 없었으나 승강장 계단에서 군집과 밀집 현상이 나타남. 피난 계획의 초점은 계단에서 병목현상을 완화하는 것의 필요성 제시
Zhen-yu Li et al. (2016)	Numerical Simulation of Evacuation in a Subway Station	Agent의 기술을 기반의 Pathfinder 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 지하철역에서 인원의 대피 과정을 시뮬레이션하여 역이 지하철 설계 표준 사항을 준수하는지 테스트, 최적 피난을 위해 개선사항 제시
Sheng Z. et al.(2014)	Safe evacuation from subway platform under fire	Building Exodus에 의한 이론적 분석과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 필요한 탈출 시간 연구하여 임계 화재 위험 조건을 제안하고 대피 시간 계산 방법을 제시
Manabu T.(2011)	Effectiveness of downward evacuation in a large-scale subway fire using Fire Dynamics Simulator	Fire Dynamics Simulator를 이용하여 대규모 지하철 화재에서 연기, 온도, 유독가스의 거동을 계산하여 부양 연기 흐름과 반대되는 하향 대피의 유효성을 연구함
C.S.Jiang et al.(2010)	Effect of varying two key parameters in simulating evacuation for subway stations in China	지하철역의 승객 밀도가 상대적으로 높을수록 역에서 승객의 평균 대피 거리가 길어지며 승강장 계단 출구에서 계단 입구까지의 피난 경로가 길수록 전체 대피 성능에 미치는 영향은 작은 것으로 나타남

3. 종합

- 국내 피난 상황에서의 대피 실험연구는 화재 발생으로 인해 인명 및 재산 피해 규모가 크게 나타날 수 있는 다중이용공간, 지하철역, 학교, 대규모 건축물 등을 대상으로 수행되었음
- 과거에는 기존 화재 사고에 대한 현황조사나 국외 연구를 모사하는 수준이었으나, 점차적으로 모의 대피 실험을 수행하거나 시뮬레이션 소프트웨어를 활용하여 대피 실험을 실시하는 등 다양한 방법론을 통한 다각도적 연구가 시도되고 있으며, 피난 행동 데이터 수집 및 분석이 체계적으로 이루어지고 있음
- 세부적으로 기존 연구의 주제가 화재 시 재실자의 피난 행동 및 경로 선택 특성을 확인하기 위해 화재사례 및 화재 대피 훈련 등을 통해 파악했다면, 최근에는 모의실험, 실물 실험 등의 실험 환경을 구축하여 실험 참가자를 통해 피난 행동을 관찰하는 연구들이 중심을 이루고 있고, 실제 화재 상황에서 느끼는 압박감이나 두려움과 같은 심리적 제약을 극복하기 위한 시도로 가상현실 기술을 활용하여 실제와 유사한 재난 상황을 경험하면서 나타나는 피난 행동에 대해 검증하는 시도도 이루어지고 있음
- 또한, 피난 시뮬레이션 소프트웨어는 인간의 여러 속성을 설정하도록 지속적으로 개발하고 있으며, 실제 대피 상황에서 대피자가 보이는 행동 반응, 환경 정보에 따른 의사결정에 관한 알고리즘을 반영하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있음
- 국내 대피 공간 실험 사례 유형은 크게 ①실물 실험 & 모의실험, ②시뮬레이션 실험, ③VR 실험으로 구분되었는데, 실물 실험은 실제 환경에서 수행한 실험을 의미하며, 모의실험은 실제 환경을 모의 제작한 환경이나 실내 공간모형을 제작하여 실험한 것을 뜻함. 시뮬레이션 실험은 buildingEXODUS, SIMULEX, Pathfinder 등과 같은 시뮬레이션 소프트웨어 도구를 활용한 실험이며, VR 실험은 가상현실 기술을 활용하여 화재 상황을 재현한 상황에서 수행한 실험을 의미함
- 지하 공간이나 지하 역사를 공간적 범위로 설정하여 수행한 실험연구 사례는 대부분 피난 시뮬레이션 소프트웨어를 활용한 연구가 주를 이룸

제3절 대피 동선 개선 관련

1. 국내 대피 동선 개선

1) 서울연구원(2019), 안전취약계층의 대피로 및 대피소 실태와 개선방안

□ 비상 상황에 대비한 주민 대피 계획 상세화

- 비상 상황에서 나타날 혼란과 필요 사항을 사전계획 단계에서 예상하고, 지역의 특성에 맞는 대피 계획을 세우는 것이 필요
- 비상 상황에 대비한 주민 대피 계획은 재난을 유형별로 분류하여 이용이 가능한 또는 불가능한 대피소를 파악하여 대피 계획에 반영하는 것이 중요하며, 대피 계획에 따라 밀집 구간을 예측하고 차량 통제가 필요한 구간을 대상으로 계획하는 것이 필요함
- 또한, 재난이 발생할 경우 신체 약자를 위한 콜택시에 대한 수요가 동시다발적으로 발생하여 공급 부족으로 이용하지 못하는 시민이 발생하기 때문에 사전에 안전취약계층에 대한 차량제공 계획을 포함하는 것이 필요함. 대피동선 계획은 시뮬레이션 연구, 훈련 등을 통해 지역의 특성에 맞게 지속적으로 보완될 수 있음

□ 가로환경 정비 및 교통안전시설 설치

- 난우중학교 정문으로 향하는 진입로처럼 시야가 제한적인 골목길과 삼거리의 반사경과 같은 교통안전시설물을 설치하는 것이 적절함. 반사경을 통해 운전자 및 보행자가 상대 차량 위치를 즉각적으로 파악할 수 있어 사고발생 위험을 낮춤
- 취약지역에서 쉽게 발견할 수 있는 노후계단은 재정비를 통해 보행편의를 증진시키고, 가능하다면 안전취약계층도 이용할 수 있도록 유니버설 (universal) 디자인을 적용하는 것이 필요함

그림 2-29 | 대피 계획 그림 2-30 | 가로환경 정비 제안 (반사경 설치)



자료 : 서울연구원. (2019), 장애물이 없는 도시: 안전취약계층의 대피로 및 대피소 실태와 개선방안

2) 코엑스몰 방재계획¹¹⁾

- 코엑스몰은 국내 지하 공간 안전 계획의 대표 사례로 평균적으로 27,000 여명의 불특정 다수가 이용하는 공간임
- 이에 따라 비상 대피 상황에 대한 공간 마련과 방화 계획을 구획하여 통로 부분의 피난 장애 요소를 최소화함. 쇼핑몰 내의 에스컬레이터 주변은 지하 2층과 지상 1층에서 층별 방화를 구획하여 지하1층 부분을 피난로로 사용할 수 있도록 함
- 코엑스몰의 방재계획 주요 사항
 - 피난을 고려한 방화구획
 - 쇼핑몰과 타 용도의 실과 방화 구획하여 통로 부분의 피난 장애 최소화. 판매시설 바닥 면적 500㎡, 유흥주점 바닥 면적 200㎡ 이상인 부분은 타 부분과 방화구획
 - Safe Zone을 설정하여 대피 공간으로 활용
 - 주요 통로는 신속한 피난을 위하여 방화구획 완화하고 각 통로의 끝부분은 Sunken Garden으로 이동할 수 있는 인접 건물로 연결함. 비상시 에스컬레이터를 정지하여 피난 수단으로 활용하도록 함
 - 시뮬레이션을 이용하여 피난통로와 폭, 계단까지의 거리, 계단의 수 결정

그림 2-31 | 코엑스몰 소화방재시설



자료 : 서울시정개발연구원(2010). 서울시 지하공간의 안전체계 구축방안

11) 안태영 외. (2010), 사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구, 한국화재소방학회 춘계학술대회논문집, pp.297-302

3) 한국화재소방학회(2013), 지하공간 위험 특성 분석 및 제도개선 방안 연구

□ 배경 및 목표

- 지하 공간 위험 특성 분석을 통한 안전관리 방안 마련
 - 지하 역사, 지하도상가, 대심도 등 위험 특성 분석 제시
- 지하 공간에 대한 「초고층특별법」 적용방안 마련
 - 「초고층특별법」 적용 대상 지하 공간 기준 및 적용 세부 사항 검토
- 지하연계복합건축물 재난관리 강화 및 초고층특별법 제도개선
 - “선큰”의 규모(면적) 및 형태에 대한 산정 기준 및 지하 연계 부분의 안전관리 방안을 검토함
 - 종합방재설 설비 세부 기준 및 사전 재난 영향성 검토 협의 개선책 마련

□ 연구 범위 및 방법

- 지하 공간 위험 특성 및 재난 안전관리 실태 분석
- 지하와 연계된 복합 건축물에 대한 관리 강화 및 「초고층특별법」 개선 방안 연구

□ 연구 결과

- 지하 공간의 재난 위험성에 따른 대피자 특성을 고려할 때 지하층에 설치되는 피난 안전 구역 설치는 지양하고 선큰 설치를 허용하는 방안
- 선큰 설치가 불가할 경우 피난 안전 구역에서 지상으로 연결되는 특별피난계단을 설치하는 방안. 이 경우, 피난 안전 구역을 전실로 활용하여 실질적인 피난 안전 성능을 확보하도록 유도하며 지상층에 설치하는 피난 안전 구역 규정과 달리함
- 대심도 지하 공간 적용설비는 공간 및 재난 특성을 고려하여 다음 표와 같이 제안

표 2-11 | 국내 대심도 지하 공간 피난설비 개선 제안

구분	문제점	제안사항	비고
설계단계	- 대심도 지하 공간에 대한 피난 안전성을 추가로 검증할 필요가 있음	- 화재 및 피난 시뮬레이션을 통한 피난 안정성 검증	- NFPA는 지하 공간에서 안전 구역 피난 권장 시간을 6분으로 규정함
화재 초기 감지	- 대심도 지하 공간은 수직적 피난 거리가 길어짐 - 상가 및 건축물과 연계 시 비화재보로 인한 혼란방지	- 신뢰성이 높은 아날로그 감지기 등을 설치	- 현재 30층 이상 고층 건물은 아날로그 감지기 설치가 의무화됨

구분	문제점	제안사항	비고
화재 초기 소화	- 초기 소화 실패 시 대구지하철과 같이 대규모 인명피해가 발생할 가능성이 있음	- 지하철 객실 내 소화기 - 승강장, 대합실 등 지하역사시설에는 스프링클러 설비 - 신뢰성이 높은 자동화 수계 소화설비를 설치	- 현재 투척용 소화기는 노유자 시설에만 의무적으로 설치
연기 제어	- 연기로 인한 인명피해가 대부분이므로 화재 구역에 대한 구간별 제연설비가 요구됨	- 감지기와 연동하여 구역별 댐퍼 개방 - 화재 시 공조 설비에 비상 전원을 공급하여 연기 배출	
통신 수단	- 양방향 통신수단을 갖춰 소방대는 신속한 화재 상황 파악 및 통보가 필요함	- 비상전화를 피난계단 및 피난안전구역에 설치	- 양방향 통신수단 확보
피난 유도	- 도심도 지하공간은 피난 수직거리가 길어지고 유동 인구가 많으므로 명확한 피난 유도가 요구됨	- 피난 안내도 발광형 - 바닥 피난유도선 설치 - 발광형 물질을 이용한 인접 건물로 연결된 계단과 EXIT 계단 구분	
소방대 진입	- 연기배출 경로가 소방대 진입 경로와 겹침	- 비상용 엘리베이터 - 소방대 전용 계단	- 건축법 제64조
피난 약자 고려	- 특히 피난 약자는 피난에 어려움이 있으므로 비장애인과의 다른 피난 방법의 이용이 필요함	- 피난용 엘리베이터 - 피난 안전구역(피난약자 전용)	

자료 : 한국화재소방학회. (2013), 지하공간 위험 특성 분석 및 제도개선 방안 연구

4) 대전세종연구원(2014), 재난대응 민관협력활동 활성화 방안

□ 배경 및 목표

- 본 연구는 시민들의 일상생활이 이루어지는 도시공간인 지하상가의 안전을 위한 기본적인 연구이며, 빈번하게 발생하는 생활 속 재난인 화재에 대해 안전한 지하상가 환경을 구현할 수 있는 방안을 모색하고자 함
- 실제 발생한 화재사례와 새롭게 구상한 시나리오를 토대로 한 체크리스트를 제공하여 민관 협력의 화재 예방 방안을 제안함

□ 연구 범위 및 방법

- 공간적 범위는 대전시에 위치한 중앙로지하상가를 사례 연구 대상으로 하되, 사례 조사 중

국내·외 조사에서는 도시 안전에 대해 정책적·기술적으로 앞서있는 일본을 중점적 분석 대상으로 하며, 참고 가능한 타시도 사례를 포함

- 화재 사고를 중심으로 이론 및 현황조사, 의식조사, 소프트웨어와 하드웨어의 안전관리 방안을 검토하고, 향후 지하상가에서의 화재대응에 대하여 민관협력대응 방안을 제시함

□ 연구 결과

- 효율적 화재 예방 및 관리체계의 미비를 들 수 있으며 인적 재난의 대표적인 화재를 예방하는 구체적인 기준과 화재를 초기 진압할 수 있는 조직체계 마련이 필요함
- 화재 상황을 대비한 지하 상가의 상인들의 전문 지식·교육·훈련이 미약함. 전문가에 의한 현실적인 화재 예방을 위한 시설관리의 정기적인 점검과 상인들의 전문지식·교육·훈련(재난 예방 교육·홍보, 재난 대비 훈련)등이 필요함

표 2-12 | 지하 공간 피난 안전 개선 방안

구분	개선 방안
수용인원 산정기준	수용인원을 산정 시 다양한 용도로 분류하여 용도별 특성을 나타낼 수 있도록 개선
피난경로의 크기 기준신설	수용인원계수를 세분화하여 피난경로의 폭에 대한 기준을 다양하게 규정할 필요가 있음
피난경로의 수 선정방법 개선	용도와 바닥 면적만을 기준으로 피난경로의 수를 선정하였는데 용도별 수용인원과 바닥 면적별 수용인원을 고려할 필요가 있음
피난경로 배치기준의 개선	내화구조 또는 불연 재료만을 고려하여 피난경로를 배치하였으나 건축물의 용도, 설비 피난성능 등 다양한 요인을 고려할 필요가 있음
성능위주 설계의 도입	소방분 아니라 건축분야에서도 성능위주의 설계 도입이 필요

자료 : 배윤신. (2011). 서울시 지하공간의 안전체계 구축방안. 서울연구원. pp.1-183

2. 국외 대피 동선 개선

1) 일본 廣島 紙屋町地下街 「샤레오」 방재계획

- 「샤레오」 계획은 도로 아래에 계획하는 지하 2층, 지상 1층의 지하가(상업시설) 외, 신교통 시스템의 지하역, 국토교통성의 지하 주차장 및 주변 빌딩 등과 지하로 연결되는 지하 보행자 네트워크를 형성¹²⁾하고 있음. 따라서 통상의 건축물과는 다르게 주변 시설과의 안전한 연결 계획 및 소방설비의 일원화를 포함한 높은 방화·안전대책이 요구됨¹³⁾

- 「샤레오」 방재계획의 주요 사항

12) 안태영 외. (2010), 사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구, 한국화재소방학회 춘계학술대회논문집, pp.297-302

13) 이광훈. (2020), 화재안전기준 규제영향분석에 관한 연구, KAU 산학협력단

○ 공공 지하보도의 안전 계획

- 지하가 이용자가 쉽게 위치 및 방향 확인이 가능하도록 명쾌한 평면계획
- 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 30m 이내 직통계단 설치. 공공 지하보도 300m²이내마다 방연 구획 설치
- 피난 시 안전성 확보 관점에서 방화셔터 설치 제외

○ 공공 지하광장의 안전 계획

- 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 50m 이내의 위치에 타 부분과 방화구획된 방재상 유효한 광장을 설치
- 광장은 자연 배기구 설치, 일부 광장에는 자연채광 투입. 각 광장에서 직접 지상으로 통하는 출입구 2개소 이상 설치. 2,000m²의 광대한 중앙광장은 피난 경로 이용 부분은 자연배연, 피난 상 지장이 없는 부분에는 축연 능력을 유효하게 사용한 기계배연 설치

그림 2-32 | 사레오 지하상가 환경디자인 이미지 및 공간구획도



자료 : 안태영 외. (2010), 사레를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구

2) 일본 「시부야」 계획

□ 「시부야」 역의 도시 재생 안전 확보 계획 개요

- 시부야역은 일본 최대 철도교통 운영기관인 JR동일본을 비롯하여 도쿄 메트로, 도큐 전철, 케이오 전철 등 4개 철도회사의 8개 노선이 집합해 있는 일본 수도권 최대의 역세권 중 하나임. 일일 승객수는 약 227만 명인데 동 일본대지진 발생 당시 역 주변에 귀가를 서두르는 인파 가 몰려 매우 큰 혼잡이 발생¹⁴⁾하였고, 약 6000여 명은 귀가를 하지 못한 이른바 '귀가 곤란자'(역세권내 체류자)가 되어 시부야역의 주변에서 체류하는 사태가 벌어졌음

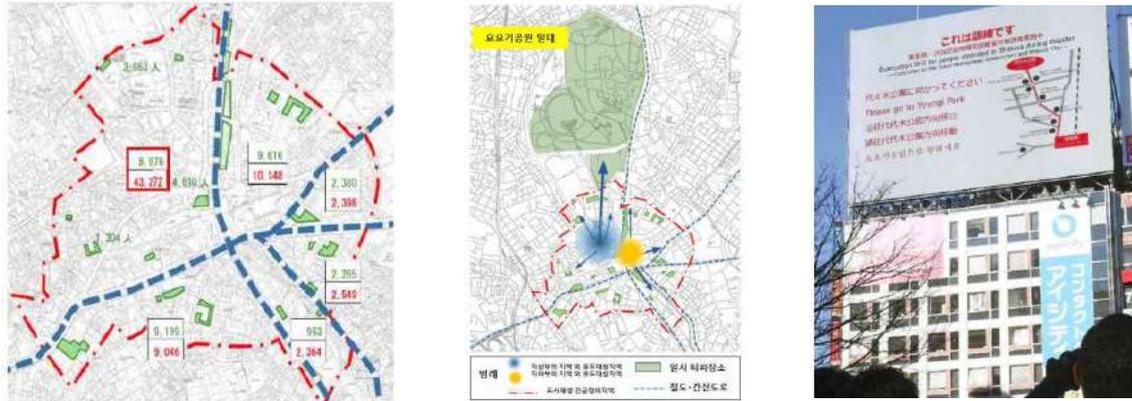
14) 일본대지진 당시 시부야역 모습. [웹사이트]. <https://www.youtube.com/watch?v=UJQBsa6iX8>, 2023년 2월 23일 검색

□ 혼잡 예방을 위한 대피 유도 방안

- 혼잡 예방을 위한 대피 유도 방안은 시부야 계획의 핵심이라 할 수 있음. 시부야 계획은 역세권에 있는 사람들이 재난 발생 시 일정 시간을 체류하는 상황을 중점적으로 계획하여 수립됨
- 이를 위해 우선 시부야역의 역세권 내 인파가 몰리는 장소를 사전에 파악하고 혼란이 발생하지 않도록 고려하였음. 노선을 경계로 삼아 여섯 개의 대피 구역으로 역세권을 나눔. 시부야 계획에서는 34,300여 명의 대피를 위해 다음과 같은 방안을 준비함¹⁵⁾
- 방안 1: 대체 시설의 사전지정
 - 이동 시 방해할 초래하지 않는 범위 내에서 많은 인원이 대피할 수 있는 대체 시설을 찾는 것임. 시부야 계획에서 탐색한 적절한 대피소는 도시재생 긴급정비구역으로 지정된 범위(적색 파선)의 바로 위쪽에 위치한 요요기 경기장과 메이지 신궁임
- 방안 2: 역할의 사전 분담
 - 많은 인원의 대피를 위해서 구체적인 상황을 설정하여 그에 맞는 역할을 사전에 분담함. 예를 들어 경찰과 시부야 구청 공무원은 재난 발생 후 시부야역으로 향하는 사람들을 유도하고, 대체 시설로 가는 입구에 도보 다리가 하나뿐인 경우에는 지도원이 유입을 조절함
 - 주변 상가사업자는 구역 내 대 피소를 지시하며, 소방차 출동을 위한 안전 확보 등의 자원 봉사를 실시함
 - 이를 위해 구역의 특색을 반영한 간단한 매뉴얼을 사전에 작성하거나 확성기, 깃발들을 사전에 준비하는 등의 방안을 준비하였고 역세권 내의 대형 간판을 이용한 대피 유도하는 방안도 마련하였음
- 방안 3: 재난 발생 대응의 시계열 정리
 - 상술한 대피 유도과 역할 분담 등을 시간에 따라 작성하여 체계적이고 총괄적으로 관리할 수 있도록 시간에 따른 대응 방안을 작성하였음

15) 김재열. (2022). 일본의 보행 밀집 지역 보행자 안전 대책. 한국교통연구원 교통사고제रो화 브리프 vol.9 (4), pp.2-5

그림 2-33 | 시부아역 부근 대피 계획 모습



자료 : 시부아역 대피계획, 2023년 2월 23일 검색

3. 종합

- 미국은 허리케인, 토네이도에 대응하는 응급대피 공간을 규정하며, 응급대피 공간은 지역의 규모에 따라 근린 차원(Neighborhood level), 대피지역 차원 (Refuge zone level), 지역 차원 (Regional or wider level)으로 분류하고 있으며, 이중 지역 차원의 응급대피 공간의 규정은 FMA 361(2018)이 적용됨
- 호주는 태풍 및 화재 대응 지침을 제시하고 있으나, 공공시설의 응급대피 공간의 규정은 태풍대응 지침으로 건축법(Building Code of Australia) 16, 17항의 지침서 역할을 수행함. 따라서 응급대피 공간으로 활용되는 시설 분류는 지침이 아닌 건축법(Building Legislation)에서 공공시설별로 규정함
- 일본은 후생성 관할 재해구조법에 의거하여 각 도도부현은 화재, 풍수해 및 지진에 대응한 응급 대피장소의 지침서를 제시하고 있음. 대피소는 일시적으로 대피하는 공간으로 거주 기능이 없는 대피소와 거주 기능이 포함된 대피소로 분류되며, 전자는 일시 집합 장소, 광역대피 장소로 세분됨. 또한, 미국과 유사하게 재해 지역 규모에 따라 근린 차원, 커뮤니티 차원, 지역 차원으로 구분되며, 공공시설의 응급대피 공간의 지침이 되는 것은 근린 차원으로서 지방자치단체의 조례가 구체적임
- 국내 지침은 재해관련법규 또는 건축법규 등으로 규정하지 않고 있고, 안전대책 본부의 소방방재청 제공 지침으로서 역할을 함

제3장

연구 대상지 관련 현황 분석

제1절 대상지 및 안전 관련 현황

제2절 수원역 유동 인구

제3장 연구 대상지 관련 현황 분석

제1절 대상지 및 안전 관련 현황

1. 대상지

1) 수원역

- 수원역은 1905년에 준공되어 수도권 전철 1호선, 수인·분당선이 있는 환승역이자 KTX를 포함한 모든 여객열차, 버스가 정차하는 대규모 역사임
- 2003년 2월, 대규모 쇼핑 공간이 있는 현대식 민자 역사로 거듭나면서 일 방문객이 14만 명이 넘으며 전국 최고의 환승 이용객을 자랑하고 있음
- 지하 4층에서 지상 2층 규모의 경기도 최대 철도역임. 지하역과 지상역이 공존하다 보니 복잡한 동선이 혼재되어 있고 경유 경로가 혼잡함
- 민방위 대피시설로 대피만으로도 인명피해를 50~70% 줄일 수 있으나 대다수의 시민들은 이를 인지하지 못하고 기능을 제대로 할 수 있는지에 대한 확인도 필요함

2. 안전 관련 현황

1) 안전 점검 결과

- 수원역은 안전성 강화가 지속적으로 보완되고 있는 상황임. 2016년도에 안전 D등급을 받아 지하 상가 시설 보수가 실시되었음. 수원역 환승센터를 공사를 추진하면서 전체 건축물 정밀안전 점검을 2년마다 실시하였고, 2023년도 현재 최상 상태인 A등급을 받음
- 수원시 시설물 안전관리 현황(21년 2월 기준 자료)¹⁶⁾에 따르면 수원 지하 역사의 안전 등급은 ‘보통’으로 확인됨
- 규모에 비하여 대피 공간과 대피시설에 대한 안내가 없고 역사 일부 출구에만 대피소 안내표지판만 부착된 상태임

16) 경기데이터드림. [웹사이트]. <https://data.gg.go.kr/>, 2023년 5월 22일 검색

2) 안전시설

- 수원역을 대상으로 비상 상황 및 응급 시 필요한 안전시설 현황 검토를 위한 현장 조사 실시
- 재난 상황 및 시민 대피를 대비하는 수원역사의 대피 관련 전반적인 시설과 안내 체계 검토

표 3-1 | 수원역 안전시설 현황

구분	구분	현황
대피소 표지판		<ul style="list-style-type: none"> • 외부 출구에 1개가 배치되며 다른 각도에서는 확인이 어려움 • 역사 내부에는 표지판 없음
대피시설 안내사인		<ul style="list-style-type: none"> • 대피시설이라는 표기가 되어있으나 개방되지 않음 • 대피시설 위치와 이동 경로에 대한 안내표지판 없음
피난 안내도		<ul style="list-style-type: none"> • 역사 구조 안내도는 복잡하여 이해하기 어려움 • 대피를 위한 피난 경로에 대한 안내가 눈에 띄지 않음
피난 유도 시스템		<ul style="list-style-type: none"> • 출입구를 연결하는 주요 통로에 피난 유도등 없음 • 발빠짐 위험이 있는 계단 틈을 주의하는 안내선이나 유도등 없음
비상용품 관리		<ul style="list-style-type: none"> • 상점 주변에 위치할 경우 가려져서 위급 시 즉각적인 사용이 어려움 • 제동기 바로 위에만 안내표기가 있음
소화기		<ul style="list-style-type: none"> • 납작한 형태로 벽면에 배치되어 있음 • 다른 각도에서는 확인이 어려움
비상구		<ul style="list-style-type: none"> • 출입구 문 앞에 바로 배치됨 • 크기가 큰 다른 표지판과 같은 구간에 있어 눈에 띄지 않음

자료 : 연구자가 직접 촬영

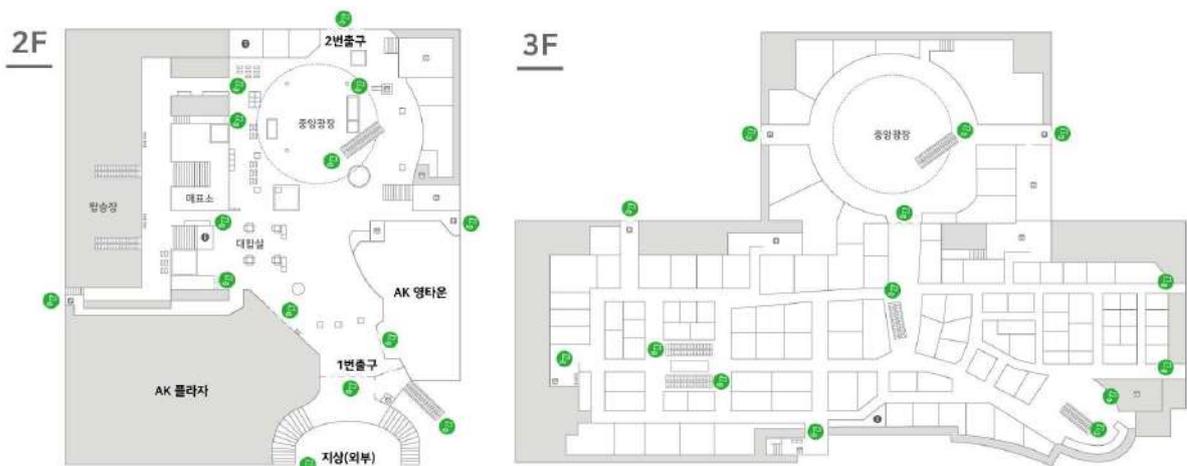
제2절 수원역 유동 인구

1. 주요 유입통로

1) 출입구 현황

- 수원역은 전국 최고의 이용객 수를 보유한 대규모 역사로 역사 내부로 출입하는 출입구가 다양함
- 연구 대상지인 내부 공간(2층, 3층)은 지상(외부)과 연결된 출구, 버스환승센터, 지하철 개찰구, 열차 탑승장 출구, 주차장, 쇼핑센터를 통해 유입 가능함
- 이에 내부 공간으로 유입할 수 있는 출입구 조사를 함. 조사 결과를 종합하여 보행 시뮬레이션 실험에 활용하기 위한 주요 유입통로를 선정하였음
 - 내부 공간 2층으로 유입할 수 있는 출입구는 총 14개임. 주 출구인 1번, 2번 출구와 AK쇼핑몰과 연결된 출입구 외에 지하철 개찰구 3개, 기차 탑승장 출입구, 주차장 연결통로, 지상 및 3층과 연결된 에스컬레이터, 계단 등이 이에 해당됨
 - 내부 공간 3층으로 유입할 수 있는 출입구는 총 14개임. 주요 출입문과 다른 층과 연결된 에스컬레이터 5개, 주차장과 연결된 통로 4개 외에 승강기, 옆 건물 연결로가 이에 해당됨
- 최종적으로 외부에서 내부로 유입하는 대표 출입구를 선정하였음. 수원역사 내부로 유입하는 유동 인구 확인을 위하여 출입구별 시간대별 유동 인구 조사를 수행함

그림 3-1 | 수원 역사 내부로 유입가능한 전체 출입구 현황(2층, 3층)



자료 : 연구자 제작

2. 시간대별 유동 인구

1) 조사 개요

- 조사 명 : 수원역사 시간대별 유동 인구 조사
- 조사 대상 : 외부에서 수원역사 내부로 유입하는 모든 이용객
- 조사 기간 : 2023.03.14.~2023.03.15.(1차) / 2023.05.02.~2023.05.03.(2차)
- 조사 규모 : 수원역 주요 출입구(4개)의 시간대별 유동 인구 조사를 수행함. 주요 출입구는 수원역 동측과 서측을 연결하는 1번, 2번 출구와 민자 역사 특성을 반영하여 AK 쇼핑몰 출입구(2개)를 조사지로 선정함
- 조사 목적 : 수원역 보행자 데이터를 수집하여 보행 시뮬레이션 실험에 현실감 반영
- 조사 방법 : 평일(08:00~18:00) 동안 현장(출입구)에 상주하여 시간대별 유동 인구수를 실시간 집계함. 보행자의 주요 특징을 수집함
- 조사내용 : 각 출구 별로 수원역 내부로 입소하는 인구를 측정하고, 유동 인구가 가장 많은 시간대인 첨두시(16:00~18:00)를 도출함

2) 수원역 유동 인구 현황조사

- 수원역은 다양한 종류의 간선 여객(KTX, 새마을, 무궁화, ITX-새마을)이 운영되며 광역전철 2개 노선(경부선, 분당선)이 모두 통과하는 대형 역사임. 수원역 유동 인구 조사를 위하여 수원역 승하차 인원 현황¹⁷⁾을 검토함
- 수원역 월별 승하차 인원 통계와 시간대별 승하차 인원 통계 확인 결과, 유동 인구가 가장 많은 출근 시간대(07:00~09:00)와 퇴근 시간대(18:00~20:00)가 첨두시로 확인됨
- 첨두시 승하차 인원 분석 결과, 간선 여객 총 승하차 인원은 2,345,558명이며 일 평균 6,426명으로 나타남. 광역전철 총 승하차 인원은 8,529,103명이며 일 평균 23,367명으로 나타남

17) 한국철도공사 철도통계연보. [웹사이트] <https://info.korail.com>. 2023년 2월 9일 검색

표 3-2 | 수원역 월별 승하차 인원 통계

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
KTX	승차	48,540	39,179	36,788	501,120	62,396	58,720	65,258	62,366	61,673	70,795	59,287	69,344
	하차	49,723	44,282	38,211	50,111	63,532	59,409	66,150	67,718	63,836	71,987	62,346	70,286
새마을호	승차	18,961	15,446	16,718	21,802	26,515	25,379	24,434	21,763	23,770	28,050	24,303	26,271
	하차	17,039	14,198	15,200	19,439	24,197	22,605	22,081	20,753	22,372	25,586	22,431	24,619
무궁화호	승차	187,113	161,436	184,105	214,010	248,372	230,313	231,426	225,265	238,111	258,912	220,637	235,382
	하차	188,587	164,701	187,050	214,956	249,117	232,913	231,126	227,440	240,942	260,577	220,028	234,925
ITX-새마을	승차	64,772	52,917	57,698	74,429	91,390	83,226	84,453	82,870	86,057	99,649	92,453	97,704
	하차	67,072	56,180	60,691	77,806	96,362	87,747	88,086	87,910	91,087	103,898	96,360	100,776
경부선	승차	748,625	635,131	758,236	864,306	996,789	888,653	880,353	833,950	920,617	976,499	926,165	922,490
	하차	761,071	639,627	770,043	889,144	1,021,254	908,478	905,933	856,065	948,271	1,004,105	956,689	954,510
분당선	승차	406,818	341,999	401,329	453,220	519,130	465,252	468,351	449,016	484,428	514,515	486,809	505,451
	하차	417,258	346,061	407,396	463,868	528,871	477,976	481,804	459,419	496,505	526,900	501,653	518,938

자료 : 한국철도공사 홈페이지 및 영업처 담당자 자료 제공(2022년도 기준), 2023년 1월 5일

표 3-3 | 수원역 첨두시 승하차 인원 통계

구분	시간대	승하차인원 합계	일평균
간선여객 (KTX, 새마을, 무궁화, ITX-새마을)	07:00~08:00	350,772	961
	08:00~09:00	549,271	1,505
	18:00~19:00	733,370	2,009
	19:00~20:00	712,145	1,951
광역전철 (경부선)	07:00~08:00	1,318,835	3,613
	08:00~09:00	1,535,004	4,205
	18:00~19:00	2,317,235	6,349
	19:00~20:00	1,765,764	4,838
광역전철 (분당선)	07:00~08:00	346,523	949
	08:00~09:00	408,539	1,119
	18:00~19:00	489,334	1,341
	19:00~20:00	347,869	953

자료 : 한국철도공사 홈페이지 및 영업처 담당자 자료 제공(2022년도 기준), 2023년 1월 5일

3) 수원역 유동 인구 현장 조사

- 수원역 통계자료를 기반으로 첨두시 범위를 확인함. 실제 현장과 일치하는지 검증하기 위하여 실제 현장에 방문하여 실시간 유동 인구 조사를 수행함

□ 동 시간대 유동 인구를 비교하기 위하여 1차시와 2차시로 나누어 조사함

□ 유동 인구 조사(1차)

- 외부와 역사를 연결하는 주요 통로인 수원역 동측과 서측 출입구인 1번 출구와 2번 출구를 대상으로 유동 인구 조사(1차)를 실시함. 시간대별(08:00~18:00)로 수원역 1번 출구와 2번 출구를 통해 수원역 내부로 입소하는 유동 인구를 집계함

□ 유동 인구 조사(2차)

- 민자 역사인 수원역은 쇼핑센터와 연결되어 이용객들이 해당 출입구를 활발히 이용하고 있음. 이에 2층 역사 내부와 연결된 AK PLAZA 출입구와 AK Young Town 출입구를 대상으로 유동 인구 조사(2차)를 실시함. 1차 유동 인구 조사에서 도출한 첨두시(16:00~18:00)를 기준으로 유동 인구를 집계함

표 3-4 | 수원역 출구별 첨두시 유동 인구

구분		시간대(첨두시)	유동 인구(명)	주요 특징
1번 출구		16:00-17:00	838	<ul style="list-style-type: none"> 하교하는 학생 자전거 소지
		17:00-18:00	1818	<ul style="list-style-type: none"> 귀가를 위하여 몰려 들어옴 통로로 사용하는 인구 캐리어나 짐 소지
2번 출구		16:00-17:00	3405	<ul style="list-style-type: none"> 유동 인구 매우 많음 출입구 추가 개방 캐리어 소지
		17:00-18:00	2840	<ul style="list-style-type: none"> 귀가를 위하여 몰려 들어옴 출입 비율 유사 통로로 사용하는 인구
AK PLAZA 출입구		16:00-17:00	774	<ul style="list-style-type: none"> 입장 후 일시 정지 유모차와 여성
		17:00-18:00	705	<ul style="list-style-type: none"> 캐리어 소지 한 명 또는 가족 단위 17:30 이후 유입 급증
AK Young Town 출입구		16:00-17:00	667	<ul style="list-style-type: none"> 입장 후 중앙광장 이동 캐리어 소지 창고로 가는 직원
		17:00-18:00	552	<ul style="list-style-type: none"> 짐 소지 통화하는 인구 많음 17:30 이후 유입 급증

자료 : 연구자가 직접 촬영 및 조사

3. 종합

- 수원역 외부에 대피소 표지판은 한 개뿐이라 이를 보고 수원역이 민방위 대피시설임을 인지하기는 어려운 상황이고 내부에는 그조차도 있지 않음
- 내부 대피 공간의 위치와 비상시 행동 지침 및 대피 경로에 대한 안내가 없어 내부로 이동한다 해도 경로에 대한 계획을 세울 수가 없으며 조명이 소등되면 피난 유도등이 모든 장소에 설치되어 있지 않아 사실상 이동이 불가능해 보임
- 현재 위치가 피난 안내도에 반영이 되어있지 않으며 다른 위치인데 같은 지도가 부착되어 있어 이 안내도를 기반으로서는 사실상 이동이 불가능할 것으로 판단됨
- 비상용품은 상점들이 물건들로 가려두면서 잘 보이지 않아 이를 인지하기가 어렵고 한국철도공사에서 제시한 새로운 디자인 안이 아직 수원역에는 적용되지 않았음
- 비상구의 표기도 다른 곳에서 비상구를 유도하는 것이 아닌 출입구 바로 상단에 비치되어 있고 크기가 다른 표지판에 비해 작고 눈에 띄지 않아 비상탈출 시에 한 번에 인식할 수 있을지 의문임
- 현장 조사를 통해 수원 역사 내부로 유입가능한 주요 출입구를 확인하고 시간대별 유동 인구를 집계함으로써 현장 데이터를 수집함
- 수집한 데이터를 기반으로 현장과 동일한 조건으로 보행 시뮬레이션에 적용하여 현실감 있는 실험 검증에 활용하고자 함

제4장

수원역 이용객 설문조사

제1절 설문조사 개요

제2절 설문조사 분석 결과

제4장 수원역 이용객 설문조사

제1절 설문조사 개요

1. 설문조사 목적 및 방법

1) 개요

- 조사명 : 수원역 공간 및 대피 안내 관련 이용객 설문조사
- 조사대상 : 수원역 이용한 경험이 있는 만 19세 이상 성인 남녀
- 조사기간 : 2023.05.19.~ 26.(7일간)
- 조사규모 : 총 629명
- 조사목적 : 수원역이 도시 재난에 대응하는 안전한 대피 공간이 되기 위해 개선해야 할 사항들과 실제 현황에 대한 수원역 이용객들의 의식을 알아보기 위함
- 조사방법 : 수원시정연구원 패널 활용을 통한 온라인 설문조사
- 설문내용 : 수원역 대피 공간 인식 조사, 수원역 내부 대피 공간의 필요성 확인, 수원역 피난 안내사인 평가, 수원역 대피 공간 안전대책 관련 의식 조사

표 4-1 | 설문조사 문항

구분	설문내용
응답자 일반 특성	성별, 연령, 학력, 직업, 역사 내부 피난 경험, 수원역 방문 빈도, 수원역 이용 목적
수원역 공간에 대한 인식	재난 발생 시 수원역 대피 의사, 역사 내부 피난에 대한 교육 이력, 피난관련 정보 인지 여부, 수원역 공간에 대한 안전 인식, 수원역 내부 대피 시 장소 선정, 수원역 내부 대피공간의 필요성, 수원역 내부 대피공간의 존재에 대한 인지도
수원역 피난 안내 사인 인식	수원역 내부의 피난안내사인 식별성 및 가독성, 피난안내사인 설치 만족도, 피난안내 사인 정비 만족도, 피난안내사인 주변 환경 문제, 피난안내사인에 대한 감정, 피난안내 사인 정비 필요성, 안전 시스템(비상조명등, 비상 요원, 통합 감시시스템 등) 구축의 필요성
수원역 내부 대피 동선 체계 및 장애물 인식	수원역 내부 동선 체계 만족도, 수원역 장애물 현황에 대한 만족도, 수원역 동선 체계 정비의 중요도, 혼잡 구간 내 동선 분리 필요성, 대피 경로를 안내하는 안내사인에 대한 만족도, 경로 방해 요소 정비 필요성, 피난 안내체계 구축 시 의견

2) 설문조사 분석 방법

- 설문조사 결과 분석은 표본의 특성 분석을 위한 빈도분석, 개선 방안 도출을 위한 중요도-성취도 분석(Importance-Performance Analysis), 만족도에 영향을 미치는 요인 도출을 위한 다중회귀 분석(Multiple linear regression analysis) 등의 통계 분석 방법을 활용하였음

2. 선행연구 검토를 통한 설문 항목 도출

- 선행연구에서 제시하는 설문 항목과 분석 내용을 바탕으로 설문조사 항목을 구성하였음

표 4-2 | 선행연구 검토를 통한 설문 항목 도출

연구자(연도)	설문조사 항목 및 분석 내용
박재성 외(2004)	피난 유도에 대한 지식 및 대응, 피난 경로 선택, 피난 장애요인 인식
김동원(2010)	지하 역사 동선 체계 문제점, 이용객 흐름 방해 요인, 지하 역사 동선 개선 방안
백은선(2011)	화재 피해 경험 및 지식, 화재 발생 시 방해 요소, 피난 유도 시스템 효과
윤호주 외(2012)	피난 방법 계획 관련 인식, 피난 공간의 필요성, 화재 발생 시 피난 방법, 피난 어려움
진승희(2017)	피난시설 종류 인식, 피난 시설 사용 방법, 피난 시설 활용 방안, 피난설비 관련 인식
최준호 외(2018)	대도시 역세권 재난 발생 시 대책, 역세권 내 대피방안, 대피시설 인프라 개선 방안
황현배(2018)	지하 역사의 피난 장애요인, 피난 안전구역 설치 필요성
고왕렬(2019)	소방 설비계획 인식, 소방설비 인식, 화재 발생 시 행동
박종호(2021)	지하 역사 소방설비 관련 인식, 지하 역사 피난 안정성 관련 인식
이진경 외(2021)	지하 연계 역사 피난 경로 계획 방안, 안전 구역 계획 방안

제2절 설문조사 분석 결과

1. 설문 응답자 특성

- 설문 응답자는 총 629명으로 수원역 방문 횟수 64.7%, 한 달에 1-4회 정도를 방문하는 것으로 나타났음. 수원역과 같은 지하 역사로의 피난 경험 여부를 설문한 결과, 12.6%의 응답자가 '경험 있음', 87.4%의 응답자가 '경험 없음'으로 응답함

표 4-3 | 설문 응답자 일반사항 (N=629)

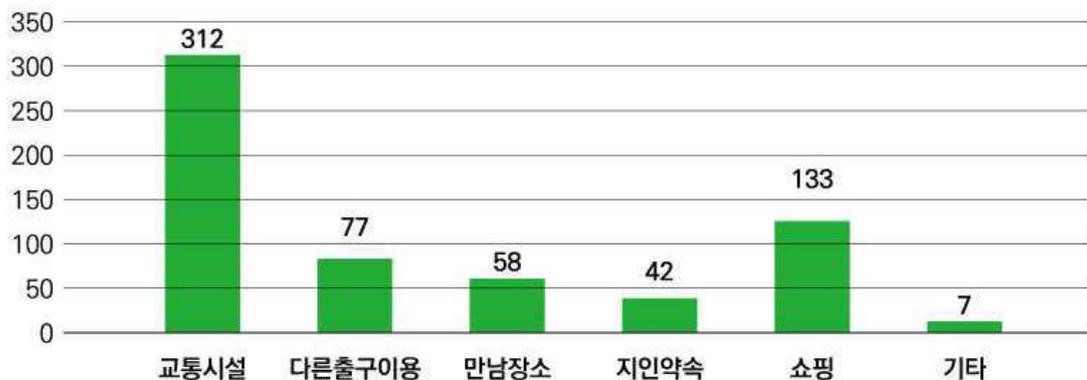
구분		빈도(%)	구분		빈도(%)
성별	남	228(36.2)	직업	학생	27(4.3)
	여	401(63.8)		주부	118(18.8)
연령	20대	69(11.0)		직장인	390(62.0)
	30대	183(29.1)		자영업	45(7.2)
	40대	176(28.0)		무직	24(3.8)
	50대	139(22.1)		기타	25(4.0)
	60대 이상	62(9.9)		피난 경험	경험 있음
학력	고졸	58(9.2)	경험 없음		550(87.4)
	대학재학	23(3.7)	수원역 방문 횟수	거의 매일	58(9.2)
	대졸	442(70.3)		일주일에 1-3회	125(19.9)
	대학원 이상	101(16.1)		한 달에 1-4회	407(64.7)
	기타	5(0.8)		한 달에 5회 이상	39(6.2)

2. 수원역 이용목적 및 대피 공간 관련 인식

- 설문 응답자가 수원역을 이용하는 가장 큰 목적은 교통시설을 이용(49.6%)하기 위해 수원역을 방문하는 것으로 나타났고, 쇼핑을 위해 수원역을 이용하는 응답자는 21.14%로 나타났음

그림 4-1 | 수원역 이용목적

(단위 : 명)



- 도시재난이 발생할 시(화확테러, 전쟁, 지진 등) 수원역사 내부로 대피할 의사에 대한 설문에는 61.5%가 대피 의사가 있는 것으로 응답함. 대피 공간으로써 수원역의 현재 위치에 대한 만족도는

‘보통이다’가 50.1%로 나타났고, 29.1%의 응답자가 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’로 응답함

- 역사 내부 대피 정보를 접한 경험이 있는지에 대한 설문에 대해 60.9%의 응답자가 듣거나 본 적이 없다고 응답하였고, 수원역이 안전한 대피 공간이라고 생각하는지에 대한 설문에 대한 응답은 ‘보통이다’가 50.4%, ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’라고 응답한 응답자가 28.8%에 지나지 않아 인식을 바꾸기 위한 지자체와 학계의 노력이 필요할 것으로 판단됨

그림 4-2 | 수원역 진입 시 예상 이동 위치

(단위 : 명)

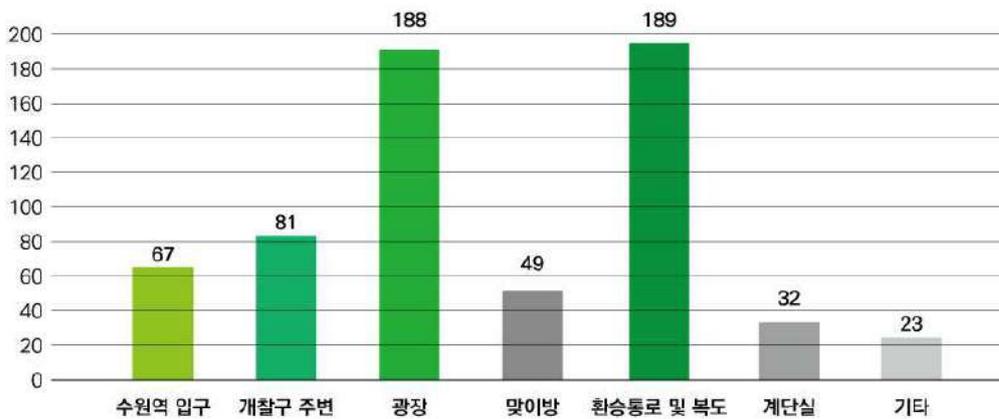


표 4-4 | 수원역 대피공간 인식

(N=629)

구분		빈도(%)	구분		빈도(%)
수원역 내부 대피 의사	있다	387(61.5)	역사 내부 대피 정보	듣거나 본 적이 있다	246(39.1)
	없다	106(16.9)		듣거나 본 적이 없다	383(60.9)
	잘 모르겠다	136(21.6)			
수원역 위치 만족도	전혀 그렇지 않다	27(4.3)	수원역 대피 공간 인식	전혀 그렇지 않다	22(3.5)
	그렇지 않다	104(16.5)		그렇지 않다	109(17.3)
	보통이다	315(50.1)		보통이다	317(50.4)
	그렇다	163(25.9)		그렇다	156(24.8)
	매우 그렇다	20(3.2)		매우 그렇다	25(4.0)

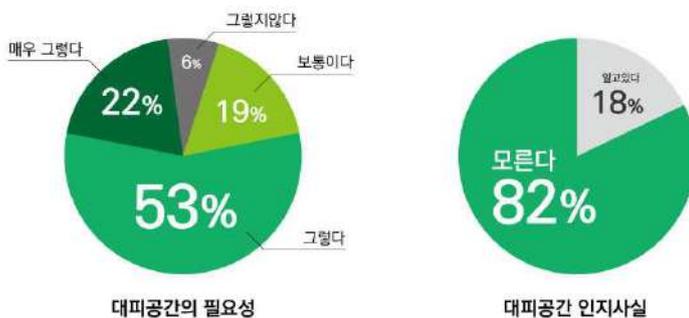
- 수원역 내부로 대피했을 시 응답자가 이동할 예상 공간에 대한 설문에는 ‘환승통로 및 복도’가 30.05%, ‘광장’이 29.89%로 나타나 대다수의 응답자가 환승 통로나 복도, 광장 같은 공간을 대피 공간으로 예상하고 있는 것이 확인되었음

- 즉, 수원역으로 진입한 대규모의 인원들이 이 공간으로 밀집될 수 있다는 점을 시사하는 바, 동선을

정비하고 가장 효율적인 경로를 배분하여 설계할 필요성이 있다고 판단됨

- 도시재난에 대피한 수원역 내부의 대피 공간 필요성을 묻는 문항에 대해서는 과반수 이상(75.51%) 이 ‘그렇다’와 ‘매우 그렇다’로 응답하였고, 실제 수원역 내부의 대피 공간이 존재하는 것을 인지하고 있는지를 묻는 문항에는 81.72%가 ‘모른다’로 답변하였음. 따라서 사전 교육을 통해 수원역 내부로 진입했을 때의 상황에서 대피 방법과 대피 공간에 대한 정보를 전달할 필요가 있을 것으로 판단됨

그림 4-3 | 수원역 내부 대피 공간의 필요성과 인지 사실



3. 수원역 대피 안내사인 평가

- 대피 안내사인 시인성에 대한 응답은 ‘보통이다’와 ‘눈에 띄지 않는 편이다’가 64.4%로 과반수를 차지해 수원역의 피난 안내 사인이 눈에 잘 띄도록 시인성을 높일 필요가 있는 것으로 나타났음
- 대피 안내사인 배치 만족도에 대한 응답은 ‘보통이다’와 ‘그렇지 않다’가 76.6%로 과반수를 차지했고, 사인물의 글자 크기 만족도도 ‘보통이다’와 ‘그렇지 않다’가 73.5%로 나타나 피난 안내 사인의 배치 및 글자 크기에 대한 정비 방안에 대한 논의도 필요한 것으로 확인됨
- 장애물로 인해 대피 안내 사인이 잘 보이지 않았던 경험에 대한 문항에는 ‘종종 있었다’가 49.9%를 차지했고, ‘대부분이 가려져 있었다’는 응답도 11.8%를 차지하였음

그림 4-4 | 대피 안내사인 예시



자료 : 대피 안내사인 이미지, 2023년 1월 30일 검색

표 4-5 | 수원역 피난 안내사인 평가

(N=629)

구분		빈도(%)	구분		빈도(%)
대피 안내사인 시인성	전혀 눈에 띄지 않는다	58(9.2)	대피 안내사인 글자 크기 만족도	전혀 그렇지 않다	42(6.7)
	눈에 띄지 않는 편이다	164(26.1)		그렇지 않다	213(33.9)
	보통이다	241(38.3)		보통이다	249(39.6)
	눈에 띄는 편이다	135(21.5)		그렇다	104(16.5)
	눈에 매우 잘 띄는 편이다	31(4.9)		매우 그렇다	21(3.3)
대피 안내사인 배치 만족도	전혀 그렇지 않다	41(6.5)	대피 안내사인 장애물 인지	전혀 없었다	68(10.8)
	그렇지 않다	205(32.6)		종종 있었다	314(49.9)
	보통이다	277(44.0)		대부분이 가려져 있었다	74(11.8)
	그렇다	86(13.7)		잘 모르겠다	173(27.5)
	매우 그렇다	20(3.2)			

4. 대피 공간 안전대책 관련 중요도 인식 분석

- 수원역이 도시 재난에 대응하는 안전한 대피 공간이 되기 위해 개선해야 할 사항들에 대한 중요도 인식 설문 결과, 전체 항목의 중요도 점수가 4점 이상으로 나타나 응답자들은 안전한 대피 공간 계획에 있어 모든 항목에 대해 중요하다고 생각하는 것으로 나타났음
- 연기 및 공기 배출 설비 재정비 항목이 평균 4.4점으로 응답자들이 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났고, 피난 동선 확보 및 정비가 4.34점으로 2순위, 소화설비 불량 배관 정비가 4.31점으로 3순위를 차지하였음
- 반면, 구조 대응 인력 및 장비 보강(4.12점), 종합사령실 설비 개선(4.01점), 재난 지원 인원 추가 배치(4.0점)과 같이 공간이나 장비를 보강하거나, 대응 인력을 추가 배치하는 것은 다른 항목에 비해 덜 중요하게 생각하는 것으로 나타났음

표 4-6 | 대피 공간 안전대책 관련 인식

(N=629)

구분	Mean	SD	Rank
화재감지기와 CCTV 연계시스템 구축	4.27	0.728	5
재난 지원 인원 추가 배치	4.0	0.797	10

구분	Mean	SD	Rank
조기 위험 감지 시스템 구축	4.2	0.740	7
비상조명등 확대 설치	4.25	0.728	6
연기 및 공기 배출 설비 재정비	4.4	0.713	1
피난 동선 확보 및 정비	4.34	0.709	2
피난 유도 시스템 확충	4.28	0.713	4
종합사령실 설비 개선	4.01	0.815	9
구조 대응 인력 및 장비 보강	4.12	0.755	8
소화설비 불량 배관 정비	4.31	0.741	3

5. 수원역 대피 동선 체계 정비 방안에 대한 중요도 분석

- 수원역의 대피 동선 체계 정비 방안의 중요도를 분석한 결과, 1순위로 생각하는 가장 중요한 정비 방안은 ‘대피 공간별 수용 가능 인원 파악’으로 나타남. 수원역 이용자들은 도시재난이 발생했을 시 수원역 내부에서 수용 가능한 실제 인원을 사전에 파악하는 것이 대피 동선을 정비하고 계획하는 데 있어 가장 중요한 사안으로 인식하고 있는 것이 확인되었음
- 2순위는 ‘대피 유도사인 설치’로 나타나 대피 공간까지 안전하게 도착할 수 있도록 유도사인의 설치를 중요하게 인식하고 있었으며, 3순위는 ‘사전 대피 교육 실시’로 역사 내부로 진입한 순간부터 대피 공간까지 어떠한 방식으로 이동하는지에 대해 사전 대피 교육을 실시하는 것이 하드웨어적인 정비 방안과 더불어 이용자들이 중요하게 인식하고 있는 정비 방안으로 나타났음

표 4-7 | 대피 동선 체계 정비 방안의 중요도

(N=629)

구분	Mean	SD	Rank
평일/휴일 수원역 이용 인구 예측	4.09	0.803	4
대피 공간별 수용 가능 인원 파악	4.21	0.751	1
사전 대피 교육 실시	4.11	0.719	3
피난 유도사인 설치	4.19	0.724	2
계단 및 수직 이동시설 적정 설치	4.06	0.765	6
승강장 폭 확대	4.03	0.814	7
계단까지의 승강장 폭 균등 계획	3.98	0.776	8
계단 및 수직 이동시설까지의 동선 정비	4.09	0.741	4

6. 수원역 대피 안내 사인에 대한 감정평가

- 설문을 통해 수원역 내부에 설치된 대피 안내 사인에 대한 이용객의 인식을 감정 평가를 통해 도출하였음. 이를 통해 수원역 대피 안내 사인의 문제와 개선 방향을 파악하고자 함

표 4-8 | 수원역 내부 대피 안내 사인에 대한 감정평가

감성평가 항목	평균	표준편차	수정된 항목-전체 상관관계	항목이 삭제된 경우 Cronbach 알파
여유 있는 / 여유 있지 않은	3.24	0.83	-.072	.745
복잡한 / 복잡하지 않은	2.80	0.99	.304	.709
불편한 / 불편하지 않은	2.98	0.92	.290	.711
편안한 / 편안하지 않은	3.24	0.80	.027	.735
안정적인 / 안정적이지 않은	3.15	0.82	.018	.736
트여있는 / 트여있지 않은	3.23	0.85	.139	.726
짜임새 있는 / 짜임새 있지 않은	3.20	0.84	.157	.724
넓은 / 넓지 않은	3.16	0.86	.153	.724
통행량이 많은 / 통행량이 많지 않은	2.40	1.01	.372	.701
긴장된 / 긴장되지 않은	2.90	0.94	.584	.676
불안한 / 불안하지 않은	2.98	0.92	.548	.681
신경이 곤두선 / 신경이 곤두서지 않은	3.02	0.92	.587	.676
피곤한 / 피곤하지 않은	2.97	0.96	.579	.676
지친 / 지치지 않은	2.99	0.96	.582	.675
초조한 / 초조하지 않은	3.15	0.91	.536	.683

그림 4-5 | 수원역 내부 대피 안내 사인에 대한 감정평가



제5장

보행 시뮬레이션 실험

제1절 보행 시뮬레이션 실험 개요

제2절 실험 결과 분석

제5장 보행 시뮬레이션 실험

제1절 보행 시뮬레이션 실험 개요

1. 실험 개요

- 실험 명 : 수원역 보행자 내부 대피 시뮬레이션 실험
- 실험 대상 : 수원역 내부로 대피하는 만 19세 이상 성인 남녀, 첨두시 기준 보행자 수, 보행자 1인당 차지하는 면적은 1㎡로 설정
- 수행 기간 : '23.4.26.~7.17. (2개월 20일)
- 실험 방법 : 시나리오 설계, 보행 시뮬레이션 프로그램 활용하여 도면상 실측값을 적용 및 실제 공간과 동일하게 구현하여 실험 수행
- 실험 도구 : 보행 시뮬레이션 프로그램 VISSIM(2D, 3D Animation), 다방향보행자모형 프로그램, Heatmap(히트맵) 시뮬레이션 프로그램 사용
 - VISSIM : 건물 내부나 특정 공간의 대피 계획을 수립하는 등 보행자 중심의 문제 대응에 효과적임. 보행 네트워크를 2D와 3D 형식으로 구축함
 - 다방향보행자모형 프로그램 : 보행자의 회전이나 움직임 등을 설명하고 다방향 및 보행 동선의 변화에 대한 편측 보행에 따른 효과를 분석
 - Heat map : 대피 시 보행자의 행동 패턴과 변화를 비주얼 그래픽으로 출력하여 병목현상이 발생하는 위험 구간과 정도를 패턴화함
- 실험 결과 활용 방안 : 내부 대피 상황 시 시간대별 보행자 동선 및 행동 패턴 등 보행자 데이터 수집, 보행자 데이터를 분석하여 시간 경과 별 진입 동선 및 점유율 비교, 장애물 유무에 따른 보행자 동선 비교. 이를 통해 수원역사 내부 대피 시 적합한 동선 설계에 활용함

2. 실험 목적

- 보행자 중심의 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 수원역사 내부 대피 시 보행자 동선에서 발생하는

주요 특징을 확인하고 안전을 위해 동선 배분 설계 계획에 활용함

- 또한, 보행자 동선 주변에 장애물과의 영향 관계를 확인함
- 수원역을 이용하는 보행자의 데이터를 활용하여 보행자 중심의 실험 연구 결과를 통해 수원역 대피 동선 설계 시 실증적으로 활용 가능한 데이터를 도출함

3. 실험 대상

- 보행자 중심의 시뮬레이션을 위한 실험 대상 구성은 현장 조사를 통해 수집한 침두시 유동 인구 데이터를 기준으로 실험 범위를 선정함
- 구체적인 구성은 국가통계포털¹⁸⁾ 데이터를 활용하여 시뮬레이션의 네트워크를 설정함. 보행자 구축을 위한 자료는 가장 최근의 자료가 기준이 되며, 각 기준 별로 기준 연도가 상이함
 - 수원시 남녀 인구 비율에 따라 남 50.35%, 여 49.65%로 설정함. [표 5-1] 참조
 - 어린이, 고령자 설정 시 어린이의 경우 9세 이하, 고령자의 경우 65세 이상으로 설정하였으며, 2020년 기준 수원시 나이대별 인구수 자료를 바탕으로 설정함. [표 5-2] 참조
 - 보행자 신장의 경우에는 2021년 기준 경기도 시도별 연령별 성별 평균 신장 데이터를 이용하여 적용함. [표 5-3] 참조

표 5-1 | 수원시 인구수(2023년도 기준)

총 인구수(명)	남성	여성
1,192,225	600,239	591,986

자료 : 국가통계포털 홈페이지(<https://kosis.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 4월 28일 검색

표 5-2 | 수원시 나이대별 인구수(2020년도 기준)

구분	인구수	비율
0~4세	41,118	3.47%
5~9세	55,996	4.72%
10~14세	57,373	4.84%
15~19세	60,956	5.14%
20~24세	85,645	7.22%
25~29세	100,960	8.51%

18) 국가통계포털. [웹사이트] <https://kosis.kr>, 2023년 4월 28일 검색

구분	인구수	비율
30~34세	84,758	7.15%
35~39세	93,829	7.91%
40~44세	97,545	8.22%
45~49세	105,292	8.88%
50~54세	103,675	8.74%
55~59세	92,821	7.83%
60~64세	74,174	6.25%
65~69세	46,122	3.89%
70~74 세	32,348	2.73%
75~79세	24,227	2.04%
80~84세	16,447	1.39%
85세 이상	12,792	1.08%
합계	1,186,078	100%

자료 : 국가통계포털 홈페이지(<https://kosis.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 4월 28일 검색

표 5-3 | 수원시 연령대별 성별 신장(2021년도 기준)

구분	합계 (cm)	남성 (cm)	여성 (cm)
전체	165.31	171.61	158.45
19세 이하	169.34	174.05	161.58
20대	167.86	174.26	161.80
30대	169.30	174.56	161.77
40대	167.47	173.34	160.36
50대	164.06	170.43	157.64
60대	161.25	167.74	155.11
70대	158.67	165.43	152.48
80대 이상	155.96	155.96	149.21

자료 : 국가통계포털 홈페이지(<https://kosis.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 4월 28일 검색

4. 실험 내용

1) 보행자 공간

□ 보행 시뮬레이션 실험 구축 시 수원역사 도면을 활용하여 실제 공간과 동일하게 구현함

○ 수원 역사는 2층과 3층으로 구성되어 있으며 수원역의 주요 거점인 열차 승강장이 있는

2층 광장과 에스컬레이터로 연결된 3층 통로 공간을 실험 대상으로 함 [그림 5-8] 참고

- 실제와 동일한 환경 설정 및 보행 실험자 샘플을 적용하여 보행자 중심의 네트워크와 보행 동선을 구축함
- 장애물 유무에 따른 보행 동선의 영향력과 차이를 검토하기 위하여 도면에 표기되지 않은 가건물의 위치와 면적을 측정하여 시뮬레이션에 적용하여 비교함
- 도면상 실측값을 적용하여 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM 내 보행 네트워크를 구축함
 - VISSIM은 복합수단 교통 운영을 모델링하는 보행 시뮬레이션 프로그램으로 지역 공공 및 민간 교통 간 상호작용을 시뮬레이션하고 건물 내부나 특정 공간의 대피 계획을 수립하는 등 보행자 중심의 문제 대응에 효과적임
- 보행자 공간(Pedestrian Areas)은 총 34개로 구분하여 구축됨. 같은 공간이더라도 Area를 구분하는 것이 보행 동선 구축 시 더욱 세밀하게 진행될 수 있음
 - 역사 내부로 유입가능한 주요 출입구를 설정하여 효율적인 대피 동선 배분 시 활용함
 - 설정한 각 출입구에서 진입한 대피 인구가 대피 완료 집결지까지 도달하는 전체 경로와 점유율을 시나리오별로 비교 분석함
 - 시뮬레이션 실험에서 보행자가 역사 내부로 유입하는 출입구는 수원역의 주요 출입구임. 2층에는 총 6개의 출입구, 3층에는 총 6개의 출입구로 설정함 [그림 5-1] 참고

그림 5-1 | 수원역 주요 출입구 (2층, 3층)

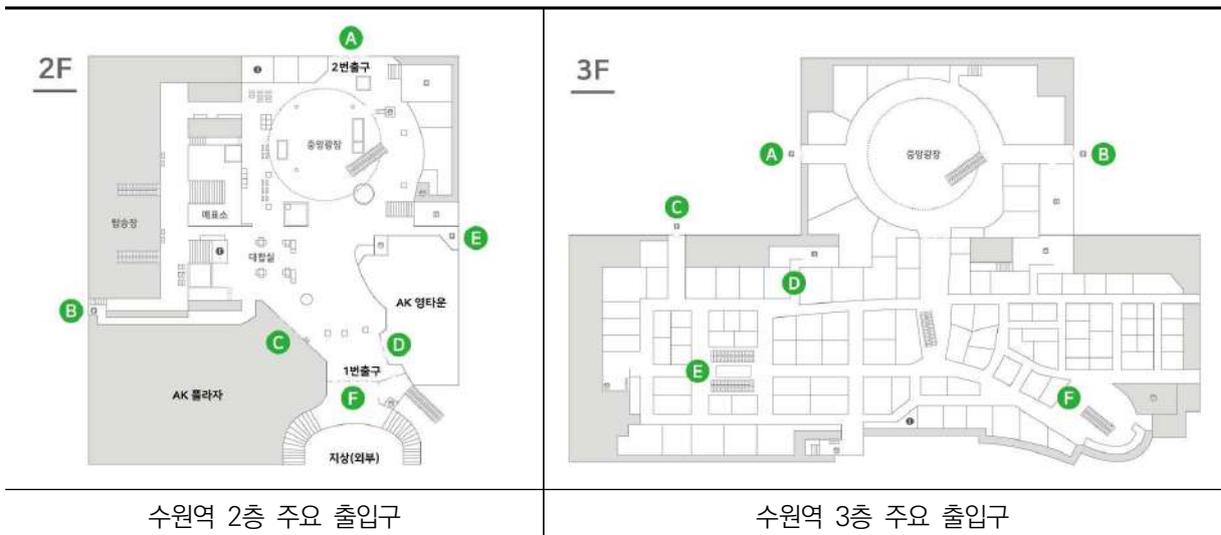
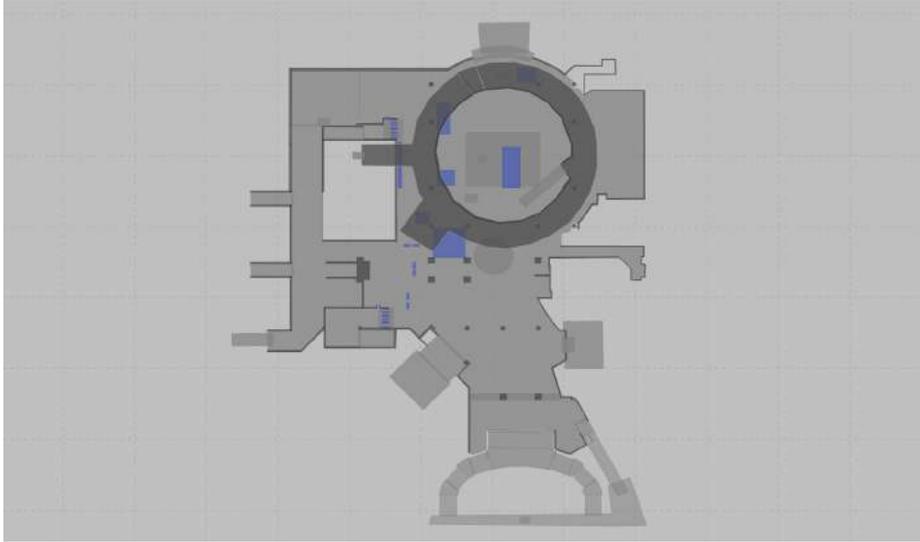


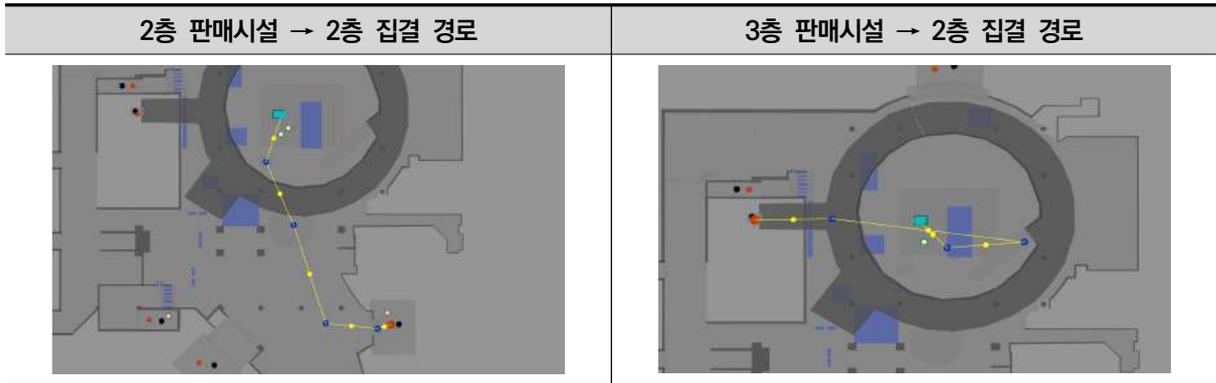
표 5-4 | 보행 네트워크 전경 이미지(2D, 3D)

구분	보행 네트워크 전경 이미지
2D	
3D	

3) 보행자 동선

- 대피 시 보행자의 동선이 겹쳐 인구 밀집이나 병목현상으로 인한 2차 사고 및 대피 실패가 발생하지 않도록 효율적인 동선 설계가 필요함
- 대피 집결 장소를 지정하여 보행자 동선을 배분함으로써 전체 경로를 단순화해야 함
- 보행 네트워크 구축 시 출발지로부터 지정된 집결지까지의 전체 경로를 연결하여 혼선 없는 보행자 동선을 설정함. [표 5-5] 참고

표 5-5 | 집결지에 따른 경로 설계 예시



4) 장애물

- 재난과 같은 위급한 상황에서 보행자의 대피경로에 장애물이 있을 경우, 제2의 사고가 발생할 수 있음. 이를 위한 대책 마련이 필요함
- 보행 네트워크 설계 시 장애물(Obstacles)을 구현하여 보행자의 동선을 방해하는 요소를 적용하여 실제 수원 역사 내 장애물과 일치하도록 배치함
- 역사 내 기둥, 건물 외벽, 적재 수화물 등의 장애물이 보행 동선에 영향을 주는 것을 확인하고, 장애물 유무에 따른 보행자의 행동과 대피 경로의 차이를 분석하는 데 활용함
 - 보행 시뮬레이션 실험을 위한 역사 내 장애물 현황을 조사하여 실제와 동일하게 구현함
 - 도면에 표기되지 않은 시설물과 역사 내 입점한 상점 및 무인기기, 지면에 설치된 대형 안내사인 등을 장애물로 설정하여 면적 측정

표 5-6 | 장애물 현황 목록

Obstacle List							Ramp & Stairs List							
Obstacles							Ramps & Stairs							
Count: 90							Count: 11							
No	Name	Level	zOffsetB	Height	DisplayType	GenBy	No	Name	StartLvl	StartZOffset	EndLvl	EndZOffset	Thickness	DisplayType
1	1	1: Base	20.000	4.00	51: Obstacle	User	1	3	3: 18	20.000	1: Base	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
2	2	1: Base	20.000	4.00	51: Obstacle	User	2	4	4: 16	20.000	3: 18	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
3	3	1: Base	20.000	4.00	51: Obstacle	User	3	5	4: 16	20.000	3: 18	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
4	4	1: Base	20.000	4.00	51: Obstacle	User	4	6	5: 14	20.000	4: 16	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
5	24	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	5	7	5: 14	20.000	4: 16	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
6	25	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	6	8	6: 12	20.000	5: 14	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
7	26	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	7	9	6: 12	20.000	5: 14	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
8	27	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	8	10	6: 12	20.000	1: Base	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
9	28	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	9	11	6: 12	20.000	1: Base	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
10	29	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	10	12	1: Base	20.000	2: 2f	20.000	0.050	21: Pedestrian ar
11	30	1: Base	20.000	1.00	62: obs	User	11	13	1: Base	20.000	2: 2f	20.000	0.050	21: Pedestrian ar

제2절 실험 결과 분석

1. 주요 출입구 설정 및 장애물 유무에 따른 동선 비교

- 주요 출입구를 설정하고 시나리오 1과 2로 구분하여 보행자 동선을 비교 분석함
 - 시나리오 1 : 2층(장애물 없음) + 3층(장애물 없음)
 - 시나리오 2 : 2층(장애물 있음) + 3층(장애물 없음)
- 수원역 2층 장애물의 유무에 따라 실내 대피 완료 시간과 완료 인원, 전체 면적 대비 실내 대피 인원의 점유율 차이를 보임
- 수원역 현황이 반영되어 장애물이 있을 경우 실내 대피 완료 시간을 지연시키므로 대피 동선을 파악하여 동선 내 장애물에 대한 정비가 필요할 것으로 판단됨

2. 시간 경과에 따른 실내 대피 비교 및 분석

- 대피 완료 시간 및 대피 완료 인원에 대한 설정은 다음과 같음
 - 실내 대피 완료 시간 : 사람들이 수원역으로 입소하는 출입구가 막혀 더 이상 진입을 못하고, 사람들이 모여 있는 집결지에 도달하여 사람들의 행동이 멈춘 값이 출입구까지 도달한 시간
 - 실내 대피 완료 인원 : 사람들이 모여 있는 집결지까지 이동하는 과정에서 주변 8칸 중 6칸 이상이 사람이 모여 있어 이동 행동을 멈춘 인원의 합계

1) 시나리오별 대피 완료 시간 및 대피 완료 인원, 점유율 비교

- 시나리오 1과 시나리오 2의 차이는 수원 역사 2층의 장애물 유무임
 - 시나리오 1의 실내 대피 완료 시간은 4,560초이고, 실내 대피 완료 인원은 25,109명으로 나타났으며 전체 면적 대비 입소자 점유율은 40.13%로 나타남
 - 시나리오 2의 실내 대피 완료 시간은 4,920초이고, 실내 대피 완료 인원은 25,263명으로 나타났으며 전체 면적 대비 입소자 점유율은 42.11%로 나타남
- 장애물 유무에 관계없이 공통 적으로 역사 내부로 입소한 인원의 전체 면적 대비 점유율이 50%가 되지 않은 상태에서 실험이 종료됨

표 5-7 | 시나리오별 대피 완료 시간 및 대피 완료 인원, 점유율 비교

	구분	대피 완료 시간	대피 완료 인원	전체 면적 대비 점유율(%)
시나리오 1	2층 (장애물 없음)	1530	9263	19.34
	3층 (장애물 없음)	3030	15846	20.79
	계	4560	25109	40.13
시나리오 2	2층 (장애물 있음)	1890	9417	21.32
	3층 (장애물 없음)	3030	15846	20.79
	계	4920	25263	42.11

2) 보행 동선 내 장애물의 영향 관계 확인 및 비교

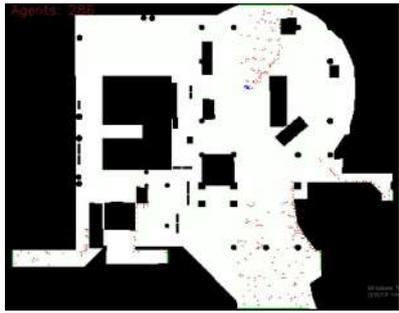
□ 장애물 유무에 따른 보행자의 동선과 보행자 동선 내 발생하는 현상을 확인함

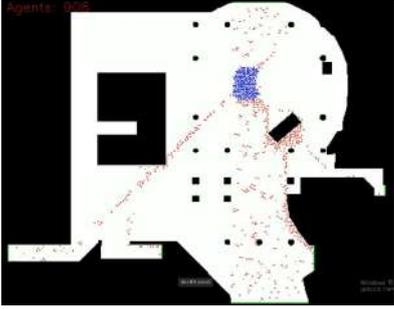
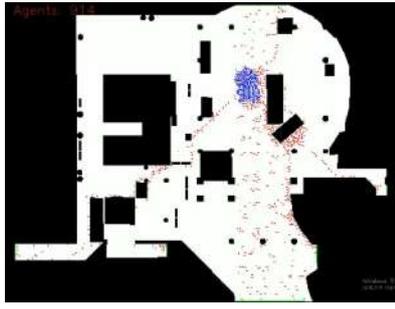
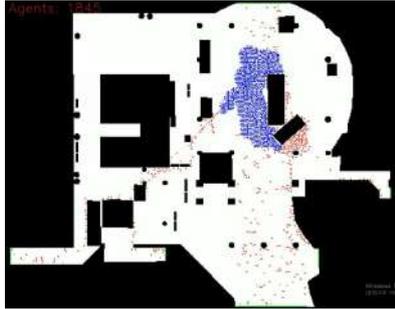
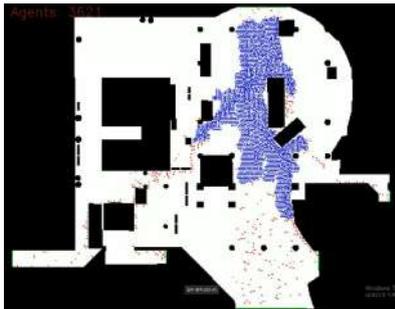
- 대피 완료 집결지를 역사 내 적정 위치에 배정하여 각 출입구에서 출발한 대피 인원(실험체)이 집결지로 도달하기까지의 전체 동선과 경로, 시간별 점유율 변화를 확인함
- 대피를 위하여 이동하는 실험체의 움직임을 붉은색(■)으로 표현함. 대피가 완료되어 움직임이 멈추면 푸른색(■)으로 변경됨
- 시간이 경과함에 따라 푸른색의 영역이 점차 확장되고 집결지는 초과되어 더 이상 대피 인원을 수용할 수 없게 됨. 더 이상 대피가 불가하다고 인식한 실험체는 특정 구역에서 혼돈한 움직임을 계속함

□ 시나리오를 설정하여 장애물의 영향 관계를 비교함

- 지하철 및 열차 탑승구, 백화점 출입구, 주차장 출입구가 있는 수원 역사 2층은 장애물이 있을 때 더욱 복잡한 실내 구조가 형성됨
- 2층은 장애물 유무로 구분함. 3층은 장애물 없음으로 시나리오를 설정함

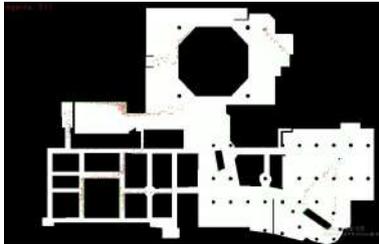
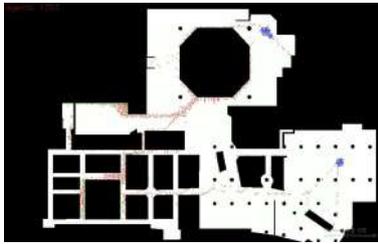
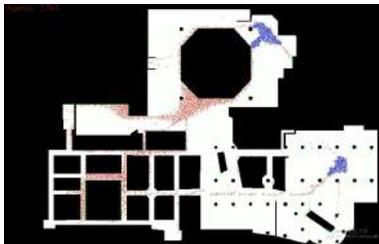
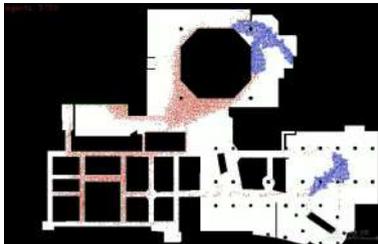
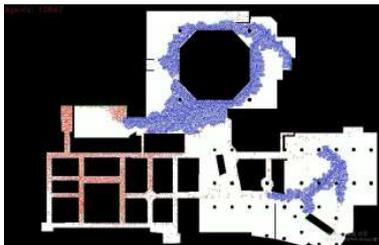
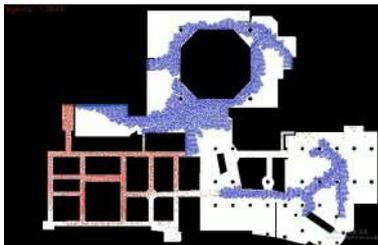
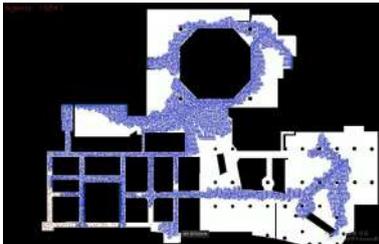
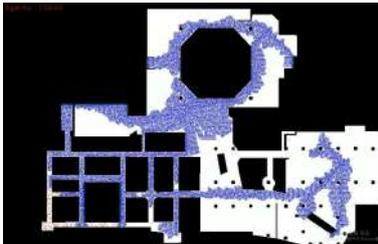
표 5-8 | 장애물 유무에 따른 시간 경과별 점유율 비교(2층)

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)
30초		

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)
90초		
180초		
360초		
720초		
1440초		

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)
종료		

표 5-9 | 시간 경과별 점유율(3층)

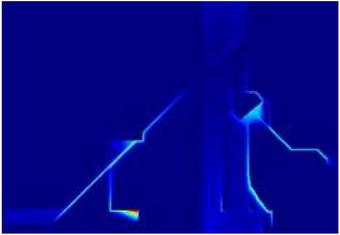
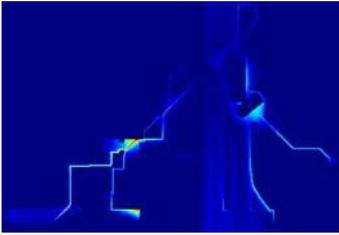
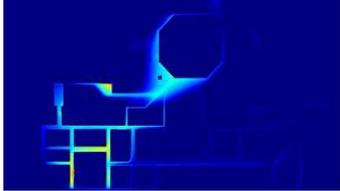
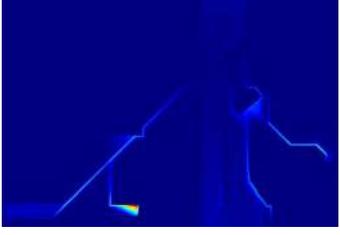
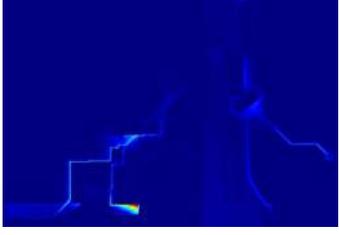
구분	3층 (장애물 없음)			
30초		90초		
180초		360초		
720초		1080초		
2520초		종료		

3) 대피 시간 경과에 따른 점유율 변화 비교 분석

- 히트맵(Heatmap)을 활용하여 색상으로 보행자 동선 데이터를 시각화하고, 대피 시간 경과에 따른 병목현상 발생 위치를 확인함
 - 실내 대피 인구가 밀집하면서 병목현상이 과열되어 붉은색(→)으로 표현됨
 - 시간이 경과에 따라 초기 발생 위치는 푸른색(←)으로 바뀌게 되며 다른 위치에 2차 병목현상이 발생함
- 장애물이 있을 경우, 대피 인구가 정체되는 속도가 장애물이 없을 때보다 빠르게 병목현상이 발생함. 직관적으로 위험 구간 확인 및 문제 개선의 필요성을 제시함

표 5-10 | 시간 경과에 따른 히트맵 이미지 비교(2층)

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)	3층(장애물 없음)
30초			
60초			
360초			
540초			

구분	2층(장애물 없음)	2층(장애물 있음)	3층(장애물 없음)
720초			
1800초			

4) 시간 경과에 따른 대피 완료 인원 및 점유율 비교

(1) 2층 장애물 없음

- 장애물이 없는 수원역 2층의 경우, 각 출입구를 통해 실내 대피한 인원들은 진입 시작과 동시에 ‘가’ 영역인 넓은 홀로 집결하기 시작함
- 수원역 2층은 복도에서의 체류 없이 각 출입구로 이동하여 ‘가’영역 → ‘나’영역 및 ‘라’영역 → ‘마’영역 → ‘다’영역 순으로 점유되는 것을 확인할 수 있음
- 출입구 A에서 출입구 F를 잇는 영역에 대피 완료 인원이 집중되면서 혼잡한 상황이 발생할 것으로 예상되므로, 그 외 영역으로의 집결을 유도할 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단됨

(2) 2층 장애물 있음

- 장애물이 있는 수원역 2층도 장애물이 없는 시나리오와 동일하게 각 출입구를 통해 실내 대피한 인원들은 진입 시작과 동시에 ‘가’영역인 넓은 홀로 집결하기 시작함
- 각 영역의 점유 순서를 보면 ‘가’영역 → ‘나’영역 및 ‘라’영역 → ‘마’영역 및 ‘다’영역 순으로 점유되어 장애물이 없는 경우와 미세한 차이를 보였음
- 대피 완료 인원이 장애물과 장애물 사이 공간을 점유하고 있는 상황이 발생하여 혼잡을 유발할 수 있을 것으로 판단됨. 출입구 A에서 출입구 F를 잇는 영역에 집중되면서 혼잡한 상황이 발생할 것으로 예상되므로, 그 외 영역으로의 집결을 유도할 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단됨

그림 5-2 | 수원역 2층 대피 시 점유율(장애물 없음)

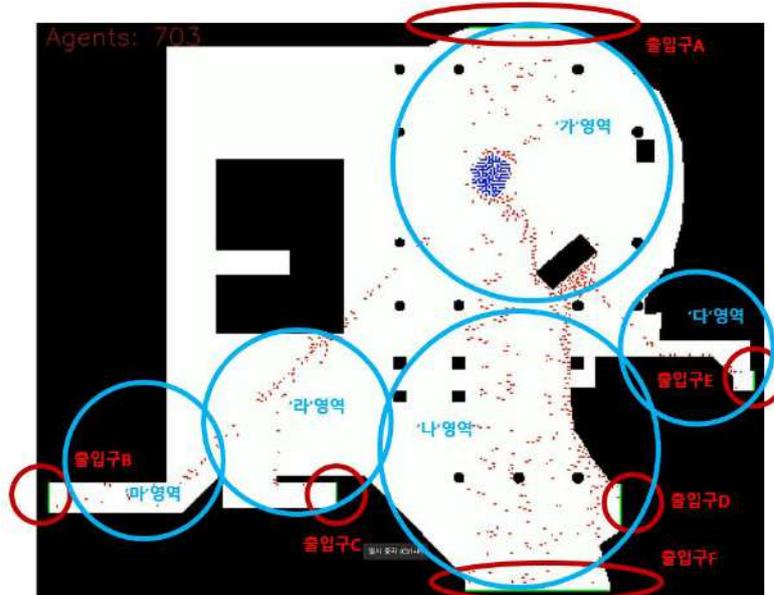


그림 5-3 | 수원역 2층 대피 시 점유율(장애물 있음)



(3) 3층 장애물 없음

- 장애물이 없는 수원역 3층은 각 출입구를 통해 입소한 인원들이 진입 시작과 동시에 '가' 영역과 '라' 영역의 넓은 홀로 집결하기 시작함
- 각 영역의 점유 순서를 보면 '가'영역 및 '라'영역 → '다'영역 → '나'영역 순으로 점유된 것으로 나타남

- 3층은 '나'영역의 복도 공간이 출입구 E에서 진입한 인원들로 매우 혼잡한 상황이 발생하여 사고가 발생할 확률이 매우 높을 것으로 판단됨. 또한 '가'영역과 '나'영역 사이 공간도 출입구 D에서 진입한 인원들로 인해 혼잡이 발생할 수 있음
- '다'영역과 '라'영역의 경우 상대적으로 넓은 공간임에도 출입구 F로 진입한 인원만이 집결되어 면적 대비 점유율이 매우 낮으므로 해당 공간으로 다른 영역에 밀집된 인원을 유도할 수 있는 방안 마련이 필요할 것으로 판단됨

그림 5-4 | 수원역 3층 대피 시 점유율(장애물 없음)

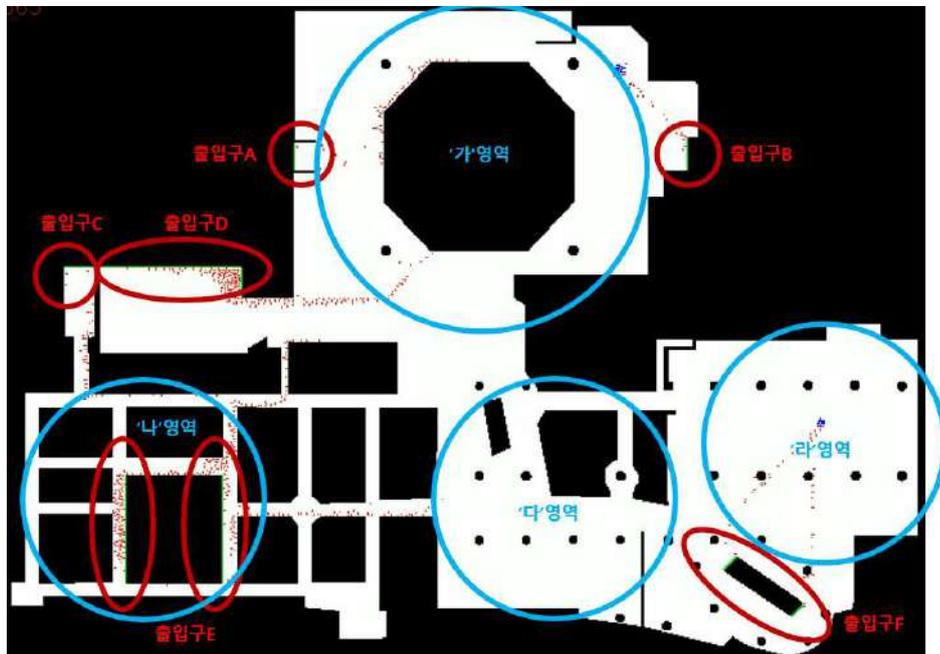


표 5-11 | 시간 경과에 따른 대피 완료 인원 및 점유율 비교

구분	대피 완료 인원 (명)			전체 면적 대비 점유율 (%)		
	2층 (장애물 없음)	2층 (장애물 있음)	3층 (장애물 없음)	2층 (장애물 없음)	2층 (장애물 있음)	3층 (장애물 없음)
30s	321	318	523	0.66	0.72	0.69
60s	661	661	991	1.37	1.44	1.27
90s	970	973	1466	1.97	2.17	1.85
120s	1297	1309	1959	2.70	2.93	2.48
180s	1960	1925	2911	4.07	4.34	3.70
360s	3879	3693	5884	8.16	8.39	7.43
540s	5665	5303	8549	11.88	12.00	10.91
720s	6871	6527	10090	14.42	14.81	14.44

구분	대피 완료 인원 (명)			전체 면적 대비 점유율 (%)		
	2층 (장애물 없음)	2층 (장애물 있음)	3층 (장애물 없음)	2층 (장애물 없음)	2층 (장애물 있음)	3층 (장애물 없음)
900s	7822	7589	12801	16.36	17.20	16.71
1080s	8436	8197	13849	17.65	18.54	18.07
1260s	8859	8556	14622	18.52	19.39	19.11
1440s	9188	8925	15307	19.19	20.20	20.01
1530s	9263(종료)	-	-	19.33(종료)	-	-
1620s	-	9223	155546	-	20.90	20.35
1800s	-	9318	15646	-	21.24	20.51
1890s	-	9417(종료)		-	21.32(종료)	
3030s	-	-	15846(종료)	-	-	20.80(종료)

5) 시간 경과에 따른 점유율 및 대피 완료 인원 분석

(1) 2층

- 시간의 흐름에 따라 실내 대피 완료 인원과 점유율은 동시에 증가하는 것으로 나타남. 그러나 입소 시작부터 종료까지 비례적으로 증가하지 않고, 일정 시간에서 증가 폭이 둔화하는 지점이 확인됨. 장애물의 유무에 따라 둔화 지점이 다르게 나타남
 - 장애물이 없는 경우, 약 8분, 약 14분, 약 21분 시간대에서 둔화함
 - 장애물이 있는 경우, 약 9분, 약 15분, 약 21분 시간대에서 둔화하는 것으로 나타남
- 실내 대피 완료 시간은 차이가 있으나, 약 21분 시간대에서 두 시나리오 모두 공통적으로 실내 대피 인원과 점유율이 둔화하는 것으로 나타남
- 입소 초기 시간과 확인된 시간대의 입소 지연 원인을 파악하고 특히, 병목현상이 나타나는 정확한 위치를 파악하여 집결지까지 안전하게 도착할 수 있도록 시간대별 집중관리가 필요함

(2) 3층

- 시간의 흐름에 따라 실내 대피 완료 인원과 전체 면적대비 점유율이 증가하다가 약 23분 이후부터 증가 폭이 급격하게 둔화하는 것으로 나타남
- 실내 대피 완료 시간은 약 50분 정도로 파악되었으나, 증가 폭이 둔화하는 지점부터 완료 시간까지

사실상 실내 대피 완료 인원과 면적 대비 점유율의 변화가 거의 없음

- 따라서 입소 초기 시간부터 약 23분까지 시간대에 입소 인원이 집결지까지 안전하게 도착할 수 있도록 방안을 마련하고, 이미 실내 대피 완료한 인원이 추가 대피 인원에게 의해 피해를 보지 않는 조치 방안에 대한 고려가 필요할 것으로 판단됨

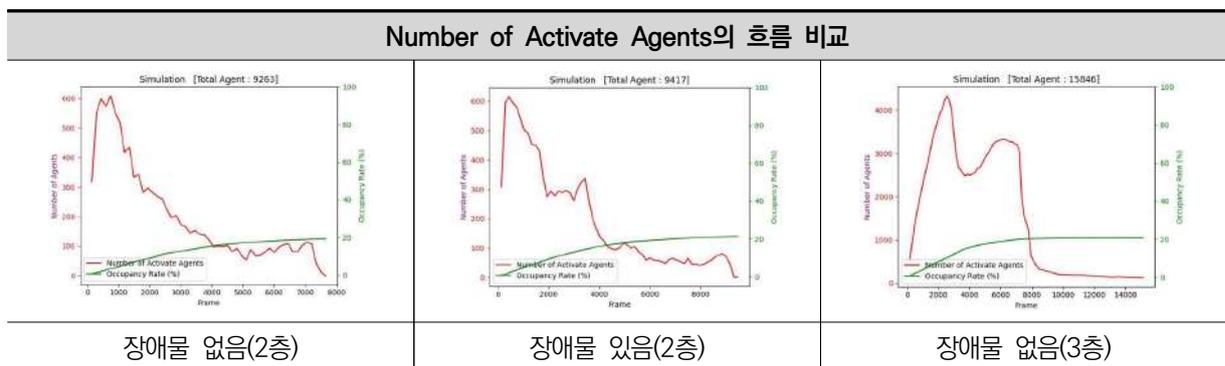
표 5-12 | 시간 경과에 따른 점유율 및 대피 완료 인원 비교

구분	시간 별 점유율 및 대피 완료 인원
<p>장애물 없음 (2층)</p>	<p style="text-align: center;">SF_S_1</p>
<p>장애물 있음 (2층)</p>	<p style="text-align: center;">SF_S_2</p>
<p>장애물 없음 (3층)</p>	<p style="text-align: center;">3F_S_1</p>

6) 시간 경과에 따른 실내 대피 행동 비교 분석

- 사람들이 모여 있는 곳으로 이동하려는 행동을 보이는 인원이 시간에 따라 어떠한 변화를 보이는지 분석한 결과, 장애물의 유무에 따라 다소 차이를 보이고 있음
- 공통적으로 진입 초기 시간대에는 진입 행동을 보이는 인원이 증가하였고, 시간에 흐름에 따라 줄어드는 양상을 보임
- 이는 출입구에서 진입하여 가까운 집결지에 도착하면 진입을 멈추는 행동을 보인 것으로 해석할 수 있음
- 즉, 출입구로 진입하여 멀리 있는 집결지까지 이동하는 것이 아니기 때문에 출입구 주변에 안전한 집결 공간을 마련하는 것이 필요할 것으로 판단됨
- 장애물이 있는 경우 진입 행동이 시간이 흐름에 따라 줄어들다가 다시 증가하거나 유지되는 양상을 보이는 지점이 확인되었음. 따라서 장애물의 유무는 진입 행동에 영향을 미치는 것이 확인되었음

표 5-13 | 시간 경과에 따른 실내 대피 행동 흐름



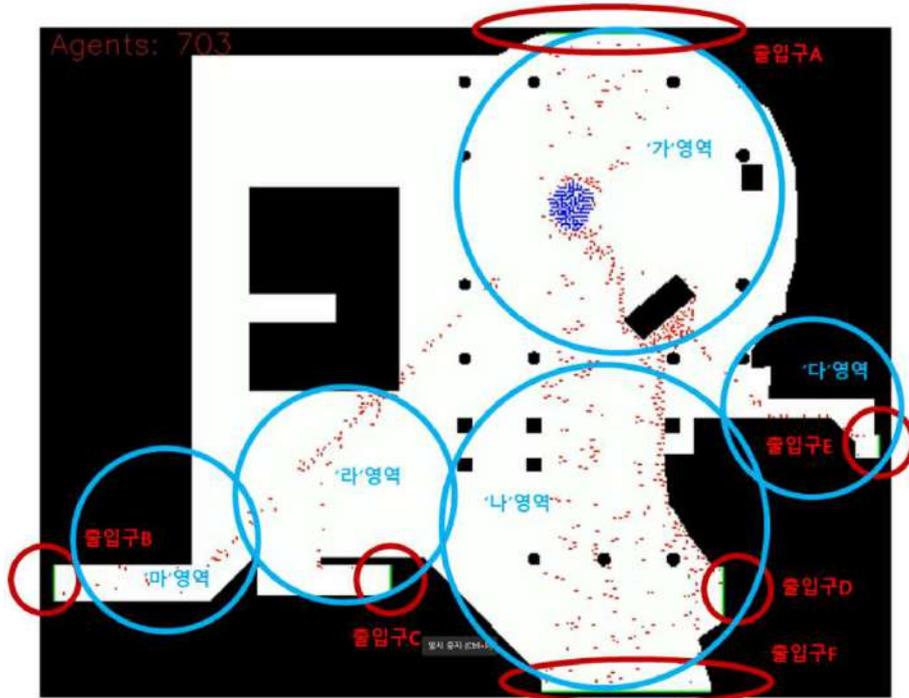
- 진입 행동이 시간이 흐름에 따라 줄어들다가 다시 증가하는 양상을 보이는 지점이 확인됨
 - 이러한 양상은 집결지에 도착한 인원이 다른 영역으로의 이동하거나 집결지로 인식하지 못해 방황하는 등의 행동으로 나타나는 것을 확인함
 - 시뮬레이션 결과를 바탕으로 수원역 현장에 방문하여 비교함
 - 특히 행동은 막다른 길과 같은 구조로 인하여 발생한 것을 확인함
- 출입구에서 집결지까지 효율적인 대피 행동이 이루어지도록 동선을 설계 방안이 마련되어야 함

3. 병목현상이 나타나는 위치 비교 분석

1) 장애물 없음(2층)

- 장애물이 없는 수원역 2층의 경우 출입구로 진입한 인원이 집중적으로 밀집되어 병목 현상이 발생한 부위는 초기 시간대에는 출입구 D 부근에 발생하였고, 약 1분 30초가 경과한 후 에스컬레이터 부근에서 발생하는 것으로 나타남
- 시간이 흐름에 따라 다시 출입구 D 부근에서 다시 병목 현상이 나타났고, 약 9분 이후로는 진입 완료 시간까지 출입구 C 부근에서 지속적으로 병목 현상이 발생하였음
- 결과적으로 주변 유동 인구와 진입 인원에 비해 상대적으로 좁은 출입구에서 병목 현상이 발생한 것이 확인되었음
- 이 현상은 진입 완료 시간의 증가 요인으로 작용하였으며, 이 위치에서 진입 행동을 지원하고 진입시간을 단축하기 위한 적극적인 대책 마련이 필요함

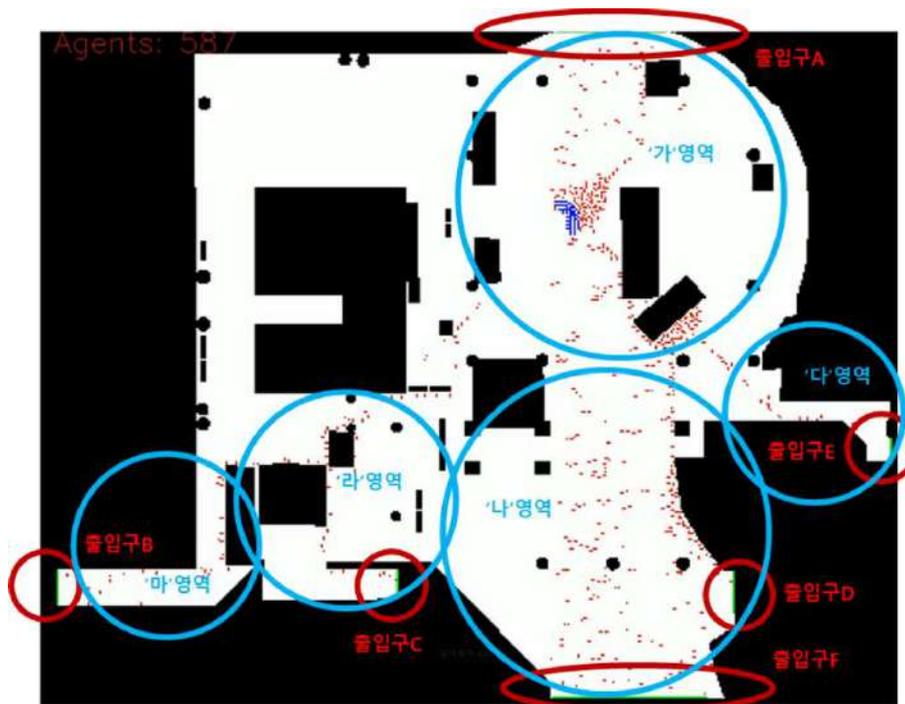
그림 5-5 | 수원역 2층 병목현상(장애물 없음)



2) 장애물 있음(2층)

- 장애물이 있는 수원역 2층의 경우 출입구로 진입한 인원이 집중적으로 밀집되어 병목 현상이 발생한 부위는 초기 시간대에는 출입구 D 부근에 발생하였고, 약 1분이 경과한 후 상점 앞 부근에서도 동시에 발생하는 것으로 나타남
- 약 1분 30초 이후에는 에스컬레이터 부근과 출입구 D 부근에서 발생하였고, 약 12분 이후에는 출입구 A 부근과 출입구 C 부근에서 병목현상이 발생하기 시작하여 진입 완료 시간까지 병목현상이 지속적으로 발생한 것으로 나타남
- 장애물이 있는 경우, 장애물이 없는 경우보다 병목현상이 가중된 것으로 나타났으며, 병목현상이 반복적으로 나타나는 위치가 확인되어 병목현상을 완화 시키는 방안에 대해 고려해야 함
- 장애물이 없을 경우의 진입 동선을 고려하여 장애물을 재배치할 필요가 있음

그림 5-6 | 수원역 2층 병목현상(장애물 있음)



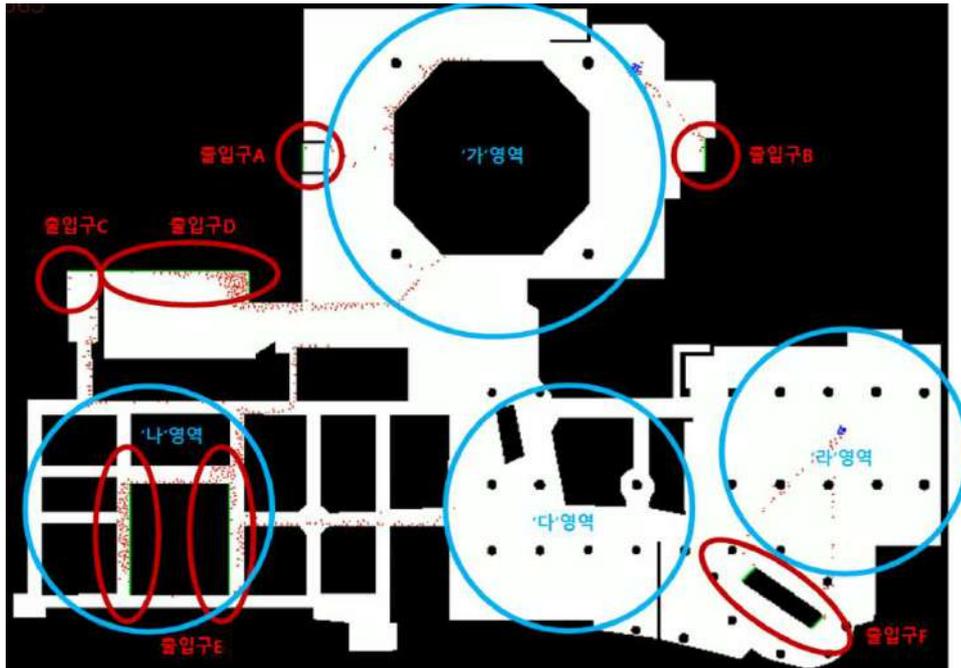
3) 장애물 없음(3층)

- 장애물이 없는 수원역 3층의 경우 출입구로 진입한 인원이 집중적으로 밀집되어 병목현상이 발생한 부위는 초기 시간대에는 출입구 D 부근에 발생하였고, 이후 출입구 E 부근에서 지속적인 병목현상

이 나타나는 것이 확인됨

- 복도 공간의 병목현상과 '가'영역과 '나'영역 사이 공간에서 진입 인원이 밀집되는 현상은 3층의 진입 완료 시간을 최대로 지연시키는 원인이 되었으므로 이 위치에 대한 병목현상을 완화 시키는 방안이 적극적으로 고려되어야 함

그림 5-7 | 수원역 3층 병목현상(장애물 없음)



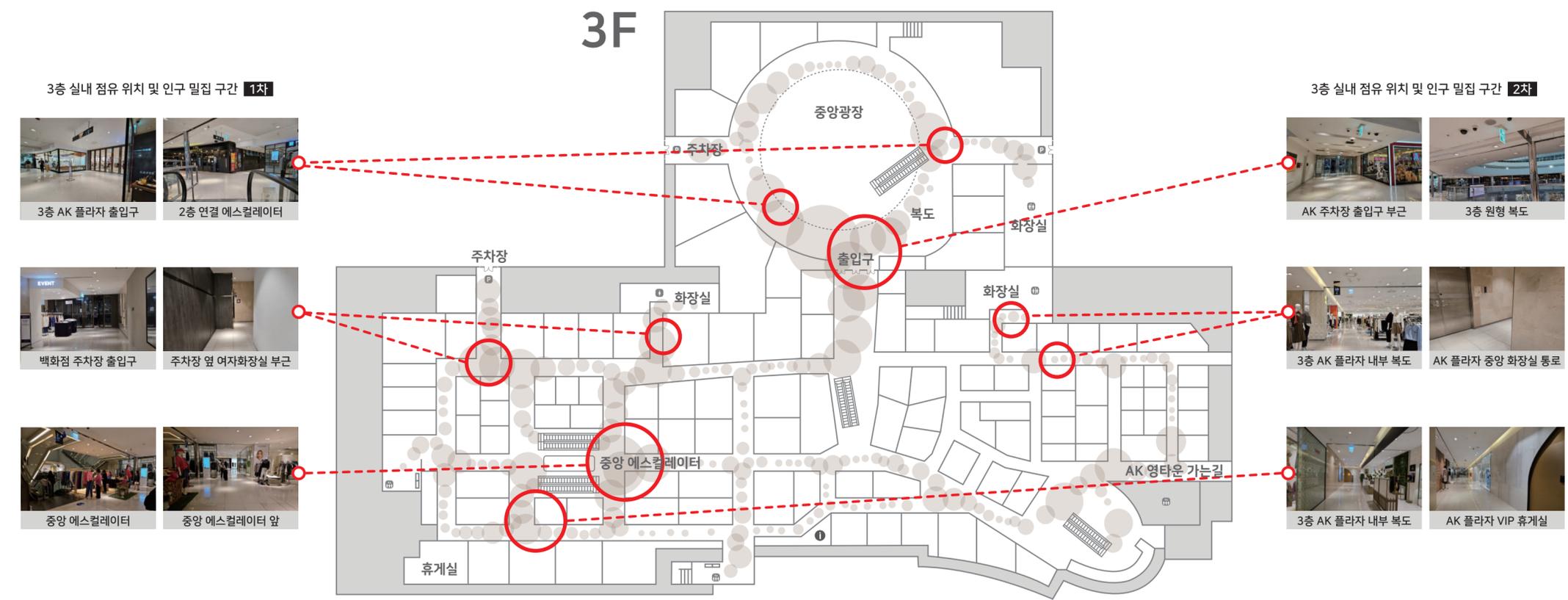
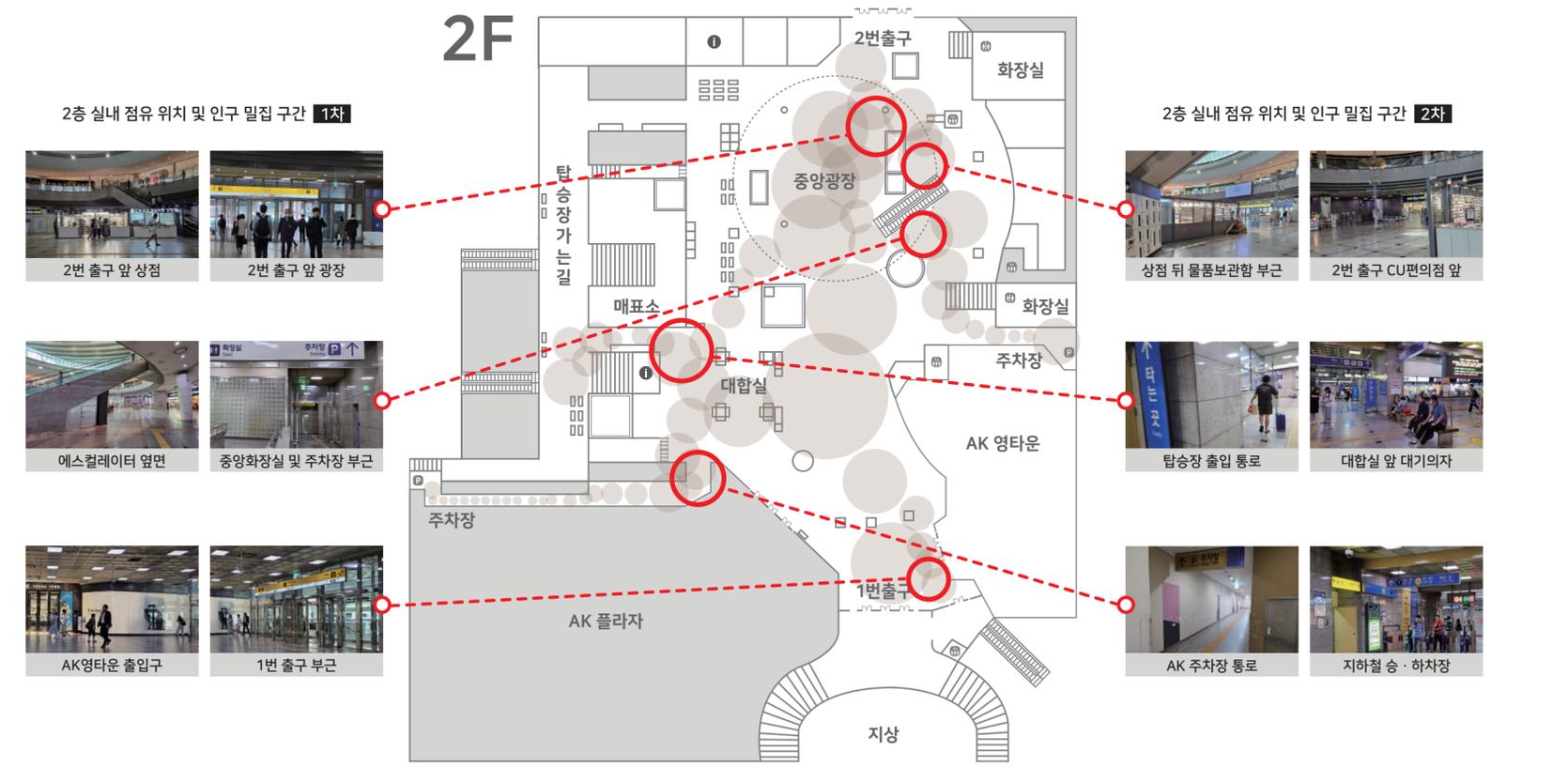
4. 종합

- 장애물의 유무에 따라 실내 대피 완료 시간과 완료 인원, 전체 면적 대비 입소자 점유율의 차이를 보임. 특히 수원역 현황이 반영되어 장애물이 있는 상태의 시나리오 2가 실내 대피 완료 시간을 지연시키므로 대피 동선을 파악하여 동선 내 장애물에 대한 정비가 필요할 것으로 판단됨
- 시뮬레이션 수행 중 더 이상의 실내 대피가 어려워 이동 행동을 멈추게 되는 현상이 나타났으며 이는 더 많은 인원이 수원역 내부의 안전한 공간으로 입소할 수 있는 구체적인 방안 마련이 필요함을 의미함
- 상업에 최적화 되어 배치된 에스컬레이터 등의 위치가 재난 상황에는 적절하지 못한 위치로 근처에 병목현상이 발생, 향후 민방위 시설의 실내 공간은 재난 상황도 고려하여 배치해볼 것을 권장함. 실내 대피 시 여러 곳에 포인트를 주어 진입 완료 인원이 공간을 점유하는 것을 예방하여 혼잡한 상황을 예방하여야 함

2) 수원역 내부 공간 (2층,3층)

그림 5-8 | 수원역 내부 현황

● 주요 동선 및 점유위치 ○ 인구 밀집 구간



제6장

수원역 실내 안전 대피 개선 방안

제1절 개선 방향

제2절 실내 안전 대피 디자인 제안(안)

제6장 수원역 실내 안전 대피 개선 방안

제1절 개선 방향

1. 행동 변화를 유도하여 시민의식을 변화시켜야 함

- 안전에 대한 디자인적 장치 마련하여 수원역이 대피 공간이라는 인지의 필요성을 가지도록 함
- ‘안심’이라는 의미를 가진 용어를 도출하고 시인성이 좋은 안내 체계를 마련하여 시민의 안전 인식을 미리 구축함
- 안심 포인트라는 장치를 마련하여 이용자가 수원역이 안전한 공간이라고 생각하도록 함. 디자인적 장치를 통해 수원역이 대피 공간이라는 인지를 하도록 함. 혼잡한 대피 상황에서도 대피 인원이 즉각적으로 안전 시스템을 인지하고 질서 있는 행동을 하도록 유도하여 안전 대피를 하도록 함

2. 안전 디자인을 위해 의미있는 컬러와 픽토그램을 활용

1) 색상

- 한국철도공사와 논의해본 결과 ‘서울 안전디자인 매뉴얼’에서 제시한 색상 기준에 따라 역사 내 안전표지 정비를 계획 중이라 연구 결과에도 동일한 색상 기준을 적용하며 명도 또는 채도 차이만 주고자 함
- 산업안전보건법 시행규칙 제38조에 따라 사용 목적에 따라 지정된 색채 규격을 검토하고 안전 디자인(안)에 적용함
 - 안전보건표지는 금지, 경고, 지시, 안내의 4가지 용도로 빨강, 노랑, 파랑, 초록을 주조색으로 표지 종류가 세부적으로 구분됨. 흰색과 검정색은 보조색으로 [표 6-1] 참고함
 - 색도 기준은 한국산업규격(KS)에 따른 색의 3속성에 의한 표시방법(KSA0062 기술표준원 고시 제2008-0759에 따름
- 2023년 2월, 서울시에서 발표한 ‘서울 안전디자인 매뉴얼’은 이를 준수하여 색약시각 변환 색상을 구체화하고 ‘서울 안전색’을 [표 6-2] 참고함

- 서울 안전색은 산업현장 및 다양한 위험요소 인지와 사고예방을 목적으로 개발됨. 유니버설 디자인을 고려하여 선정/개선된 안전 색상으로 일관되게 적용하여 안전에 대한 인지 및 인식이 확산되도록 활용을 계획함

표 6-1 | 안전보건표지의 색도 기준 및 용도

금지 표지	경고 표지	지시 표지	안내 표지
빨간색 (7.5R 4/14)	노란색 (5Y 8.5/12)	파란색 (2.5PB 4/10)	초록색 (2.5G 4/10)
정지신호, 소화설비 및 그 장소, 유해 행위의 금지, 화학물질 취급 장소에서의 유해 위험 경고	화학물질 취급 장소에서의 유해 위험 경고, 이외의 위험 경고, 주의 표지 또는 기계 방호물	특정 행위의 지시 및 사실의 고지	비상구 및 피난소, 사람 또는 차량의 통행 표지

자료 : 대한산업안전협회 홈페이지(<https://www.safety.or.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 10월 5일 검색

표 6-2 | 서울 안전색

구분	서울 안전색	구분	서울 안전색
경고	 서울 안전색 노랑 경고 Hex: #FFD700 CIE L*a*b*: 47.16, 13.24, 29.96 Munsell: 5.0Y 8.5/12 Pantone: 103 C RAL: 1013 CMYK: 0, 100, 100, 0 Pantone: 103 C RAL: 1013	금지	 서울 안전색 빨간 금지 Hex: #FF0000 CIE L*a*b*: 53.19, 37.56, 11.81 Munsell: 6.5R 4/14 Pantone: 186 C RAL: 3000 CMYK: 100, 0, 0, 0 Pantone: 186 C RAL: 3000
지시	 서울 안전색 파랑 지시 Hex: #0070C0 CIE L*a*b*: 40.11, 31.13, 23.95 Munsell: 2.5PB 4/10 Pantone: 286 C RAL: 5015 CMYK: 100, 0, 85, 0 Pantone: 286 C RAL: 5015	안내	 서울 안전색 초록 안내 Hex: #008000 CIE L*a*b*: 49.24, 44.26, 11.91 Munsell: 2.5G 4/10 Pantone: 342 C RAL: 6002 CMYK: 0, 100, 100, 0 Pantone: 342 C RAL: 6002
배경	 서울 안전색 해당 배경 Hex: #FFFFFF CIE L*a*b*: 99.46, 18.11, 8.29 Munsell: 100% R 5/0 Pantone: White (Paper) RAL: 9002 CMYK: 0, 0, 0, 0 Pantone: White (Paper) RAL: 9002	정보	 서울 안전색 검정 정보 Hex: #000000 CIE L*a*b*: 0.04, 0.04, 0.04 Munsell: 3.74/0.01/0.01 Pantone: Black (Text) RAL: 9005 CMYK: 100, 100, 100, 0 Pantone: Black (Text) RAL: 9005

자료 : 서울시 홈페이지(<https://news.seoul.go.kr>) 참고하여 재작성, 2023년 10월 5일 검색

2) 픽토그램

- 누구나 쉽게 이해할 수 있도록 단순한 용어와 픽토그램(Pictogram)¹⁹⁾을 활용하여 안내 사인을 구축하여 디자인적 시인성을 높임. 시민들이 일상생활에서 자연스럽게 인지하고 사용 방법을 간편

하게 이해할 수 있는 안전 디자인(안) 개발

- 병목현상으로 의한 위험 구간, 대피경로, 막다른 길에 대한 각각의 안내 체계를 개발하고 해당 구간에 설치함으로써 시민들에게 안전한 대피 동선을 제공함

3. 동선 배분을 위해 출구 근처에 안심 포인트 설치로 대피경로 분리

- 출구와 출구를 잇는 공간에 혼잡 대피 완료 인원이 장애물과 장애물 사이 공간을 점유하고 있는 상황이 발행하여 혼잡을 유발할 수 있어 출구 근처에 안심 포인트를 배치하여 최적화 동선을 구축함
- <표 6-3>에는 안심 포인트 설치 위치를 명명하였고 [그림 6-1]~[그림 6-6]은 다양한 안심 포인트 디자인 안과 함께 공간이 없을 때 이를 알리기 위한 '공간없음' 기둥 디자인(안)도 제시하였음
- 접근 금지를 의미하는 빨강의 컬러와 버튼을 누르면 불빛으로 이를 알릴 수 있음. 이러한 시설 디자인은 내부에 설치하여 안전사고를 예방할 수 있도록 구현할 수 있음

4. 시나리오를 설정하여 이에 맞는 안전 체계를 구축

- 다양한 위험 상태에 대한 대책 마련을 위하여 안전에 따른 시나리오를 다르게 설정해야 함
- 대피 동선 설계 시 필요한 중요도를 선정하고 이를 참고하여 연구 결과에 적용하고자 함
- 현재 수원역 내부 공간에서 발생하는 병목 구간에 대한 주의 문구 및 안내사인이 없음. 또한 이동 동선을 방해하는 장애물의 위치에 대한 개선 방안도 필요함. 대피 집결지를 배분하는 안심 포인트와 안전 구간 가이드, 안심 지도는 실내 대피 시 최종 목적지를 파악하는 데 효과적임

5. 종합

- 유니버설디자인을 기반으로 도출한 색상 기준을 활용하여 디자인 개발 방향을 구체화함. 색상의 용도와 의미에 근거하여 대피 공간 구축 방향 설정과 대피 상황 시 행동 문제 개선에 효과를 줄 수 있음
- 이용자의 사용성을 고려한 안전 디자인(안)을 통해 시민은 자연스럽게 대피 방법을 인지하고 친근하게 안전 환경에 대해 안전하게 인식하게 유도할 수 있음

19) 픽토그램 : 인포그래픽의 한 갈래로, 그림을 뜻하는 '픽처(picture)'와 문자 또는 도해를 의미하는 '그램(gram)'의 합성어임. 어떤 대상이나 장소에 관한 정보를 알리기 위해 문자를 사용하지 않고도 이해할 수 있도록 조합한 그림을 가리킴

제2절 실내 안전 대피 디자인 제안(안)

1. 전체 기능 및 사용 방법

- 보행 시뮬레이션 결과를 현장에 반영하고 종합 분석하여 주요 동선 설계를 위해 복잡 구간을 확인함. 현장 검토를 통해 개선 방안을 구체화하고 현장에서 활용 가능한 디자인 안을 개발함. 공간 안전 디자인 5원칙과 서울시에서 개발한 안전 컬러의 의미를 기준으로 시설물의 목적별 컬러를 설정하였고 안전 최적화 동선 구축을 위해 안심 포인트, 안심 지도, 안심 안내사인 등 안전 디자인(안) 개발

2. 안전 동선을 위한 안심 포인트(기동) 디자인(안) 및 설치 위치

- 시뮬레이션 결과로 선정된 병목 구간에 비상등 안심 포인트를 설치하여 보행자의 범범을 저해하고 빈 공간에는 안심포인트를 설치하여 사고를 예방하고자 함

표 6-3 | 안심 포인트 (●), 비상등 안심 포인트 (●) 설치 위치

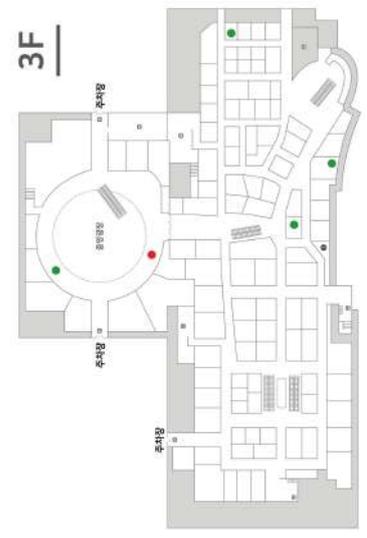
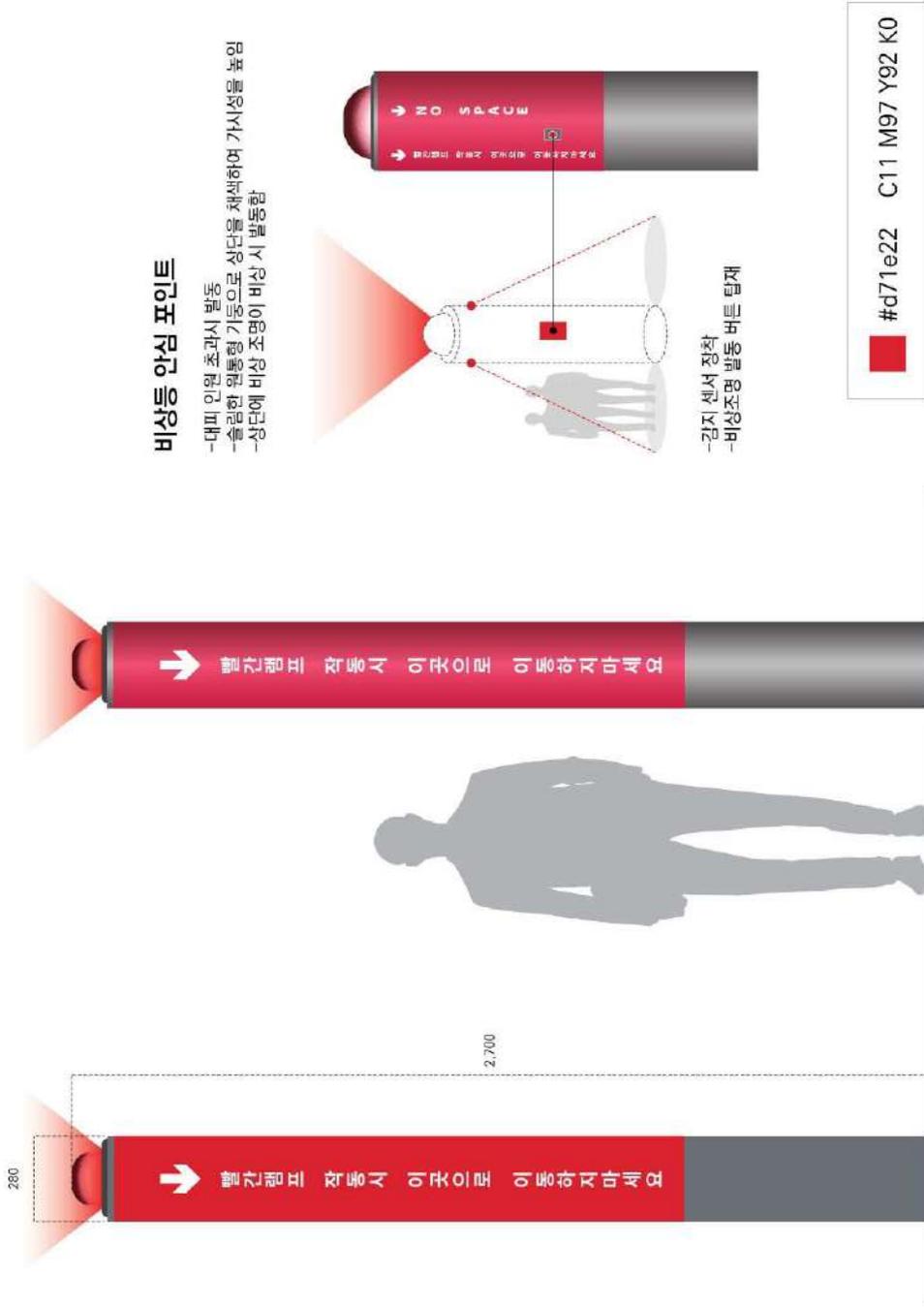
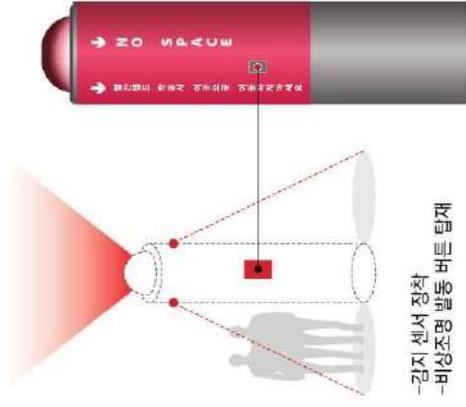
수원역 2층	수원역 3층
 <p>2F</p>	 <p>3F</p>

그림 6-2 | 안심 포인트 디자인(안) 2



비상등 안심 포인트

- 대피 인원 초과시 발동
- 출입한 원동형 기동으로 상단을 채색하여 가시성을 높임
- 상단에 비상조명이 비상시 발동함



- 감지 센서 장착
- 비상조명 발동 버튼 탑재

■ #d71e22 C11 M97 Y92 K0

그림 6-4 | 안심 포인트 디자인(안) 4

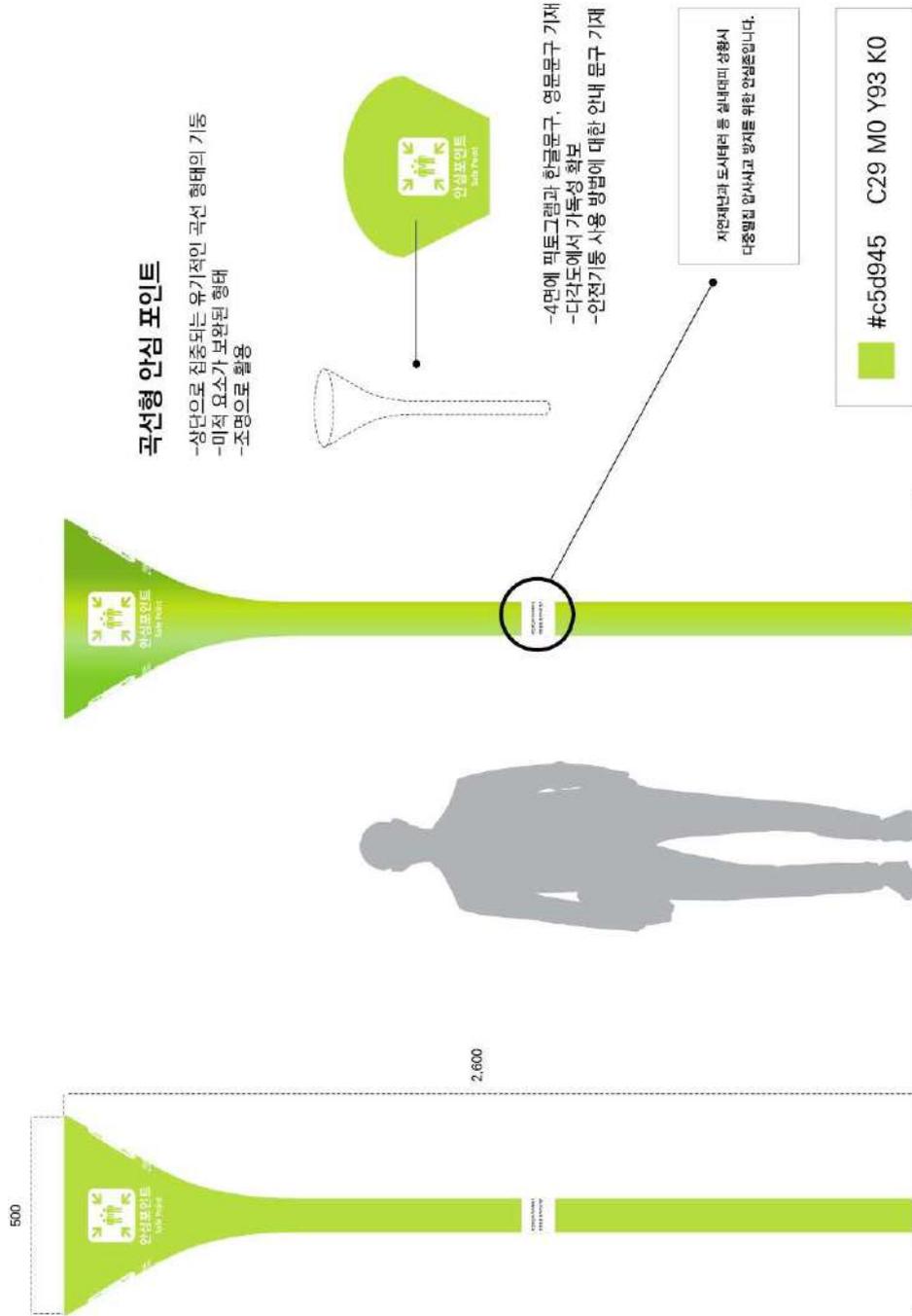


그림 6-5 | 안심 포인트 디자인(안) 5

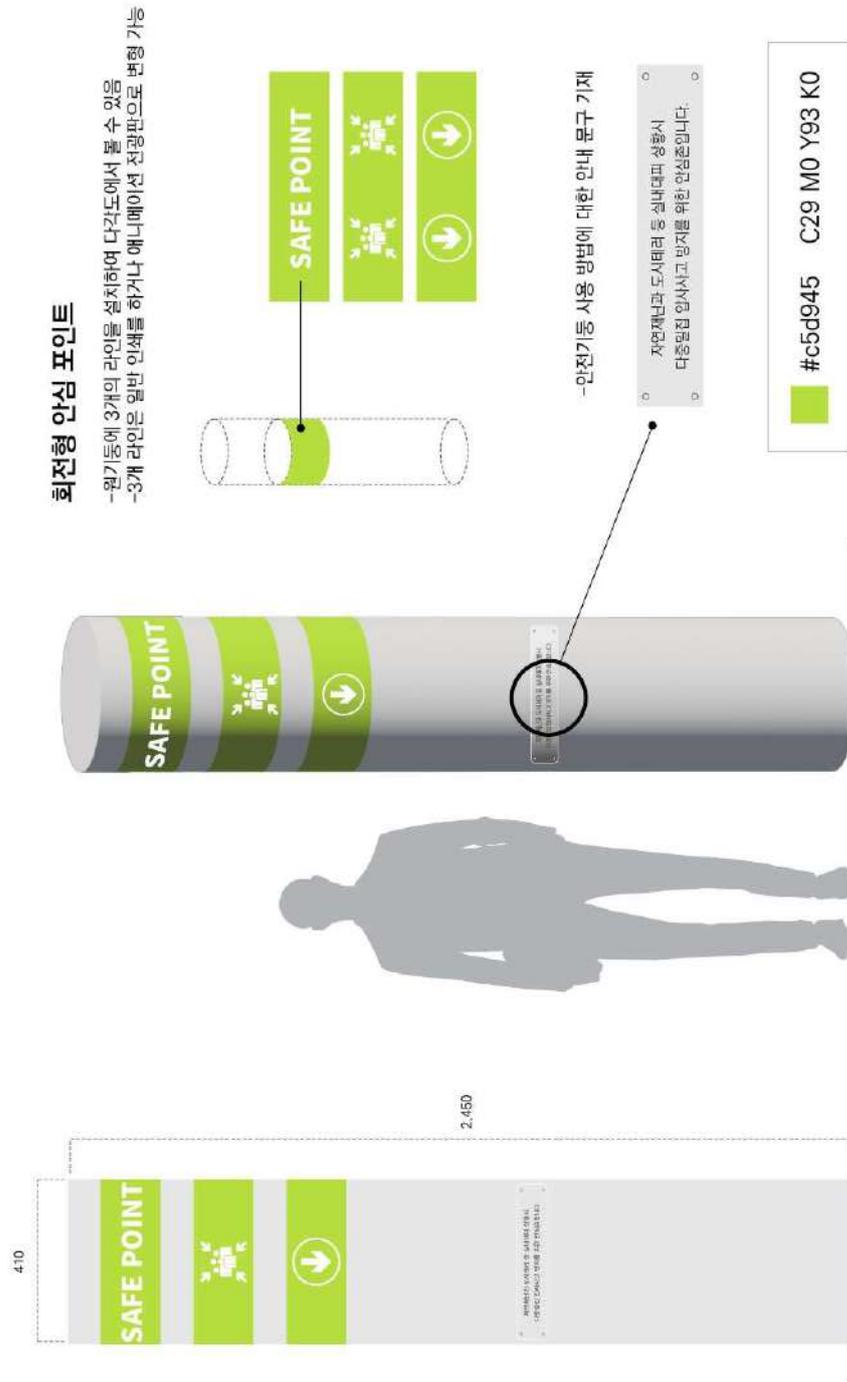
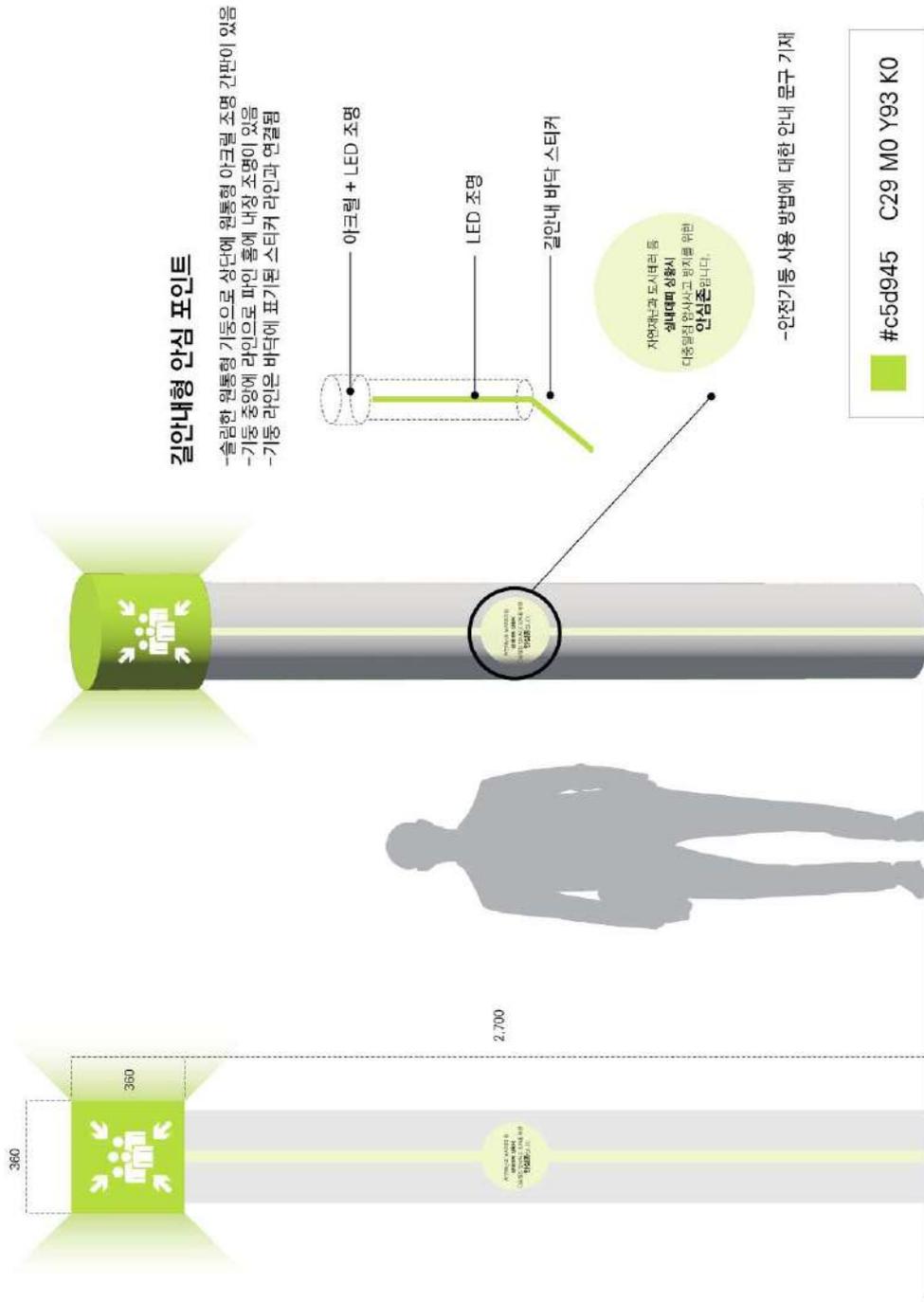


그림 6-6 | 안심 포인트 디자인(안) 6



3. 최적화 동선 안내를 위한 안심 지도 디자인(안)

- 수원역 내부에 대피 공간(안심 포인트)을 구축하고 해당 위치로 이동하는 최적화된 동선을 지도에 표기하여 제공함
- 간결한 픽토그램과 색채를 활용한 안심 지도 디자인(안)은 대피 인원이 효율적으로 대피 공간으로 이동하도록 정보를 제공하며 사전에 시민의 인지도를 높일 수 있으며 이동 동선은 이용객이 있는 위치에서 큰 숫자를 향해 이동

표 6-4 | 안심 지도 디자인(안) 상세 구성

안심 지도 상세 이미지

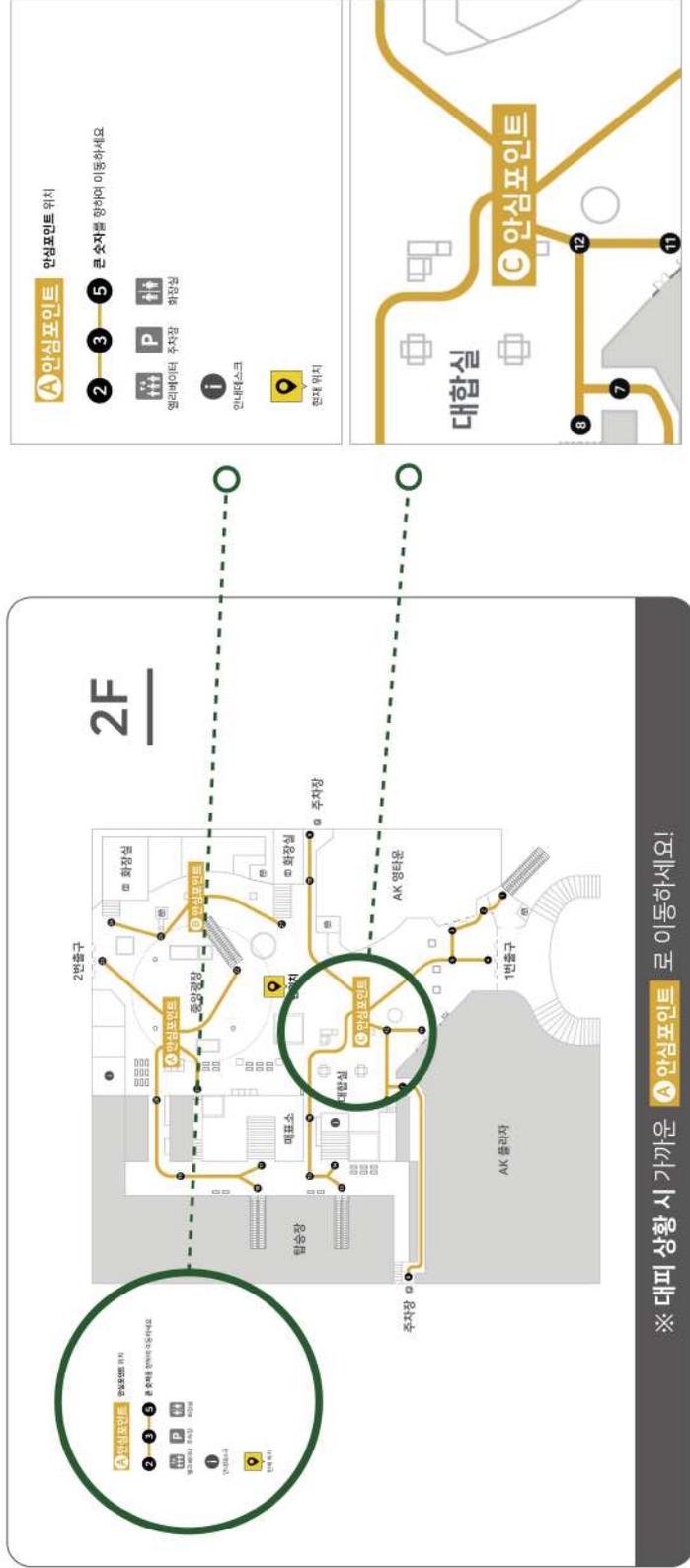
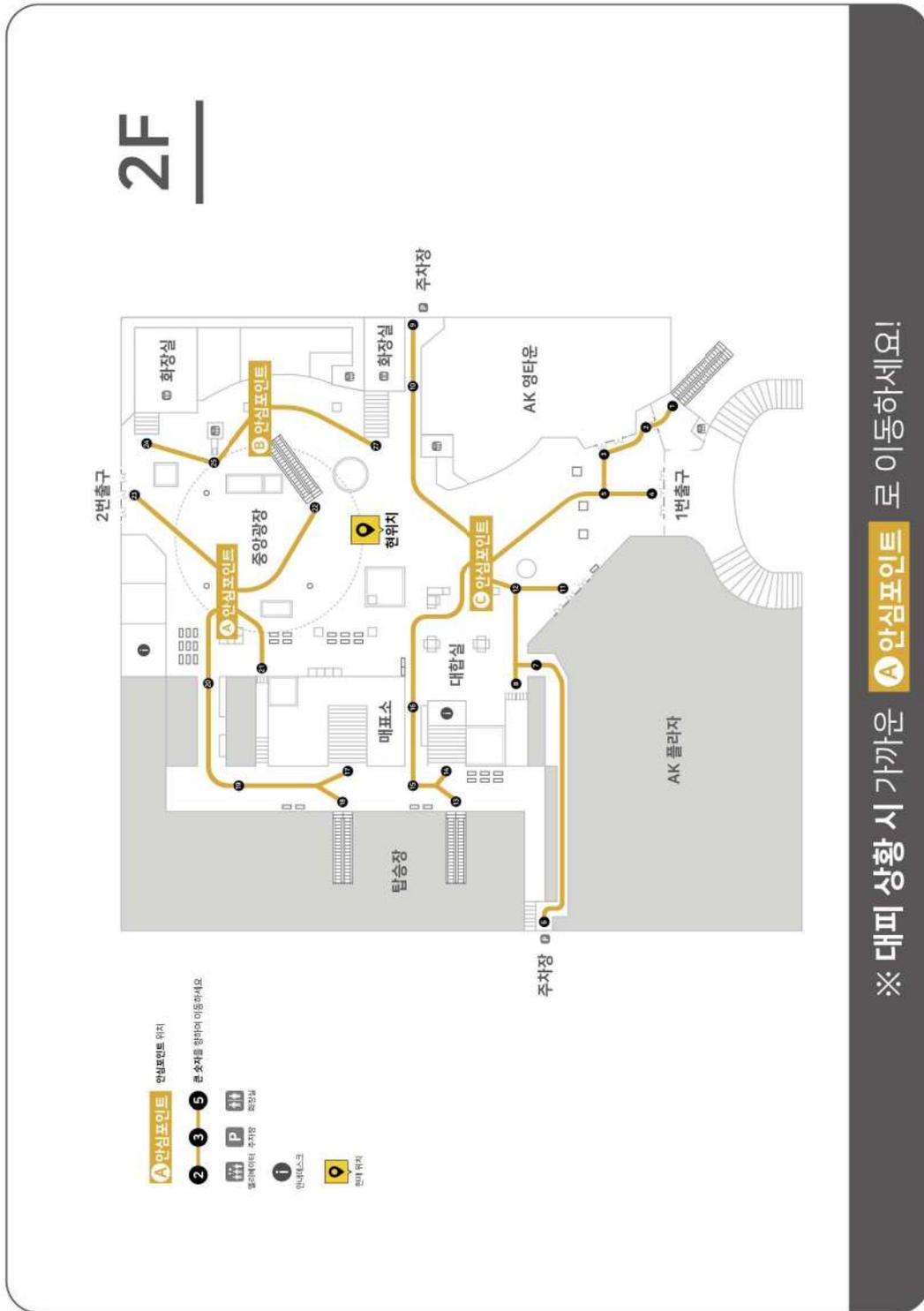


그림 6-7 | 안심 지도 디자인(안) : 2층



4. 안심 안내사인 디자인(안)

- 대피 동선에서 나타나는 주요 특징을 도출하고 대피 상황 시 문제 예방을 목적으로 하는 안내 사인을 설치하여 대피 동선을 분리함
- 대피 시 주 이용로와 대피 동선에 혼선을 야기하는 길에 대한 사전 안내, 밀집 현상으로 인한 위험 주의 안내, 대피 상황 시 안심 포인트로 이동하는 지시 안내의 총 3종의 안내사인 디자인(안)을 개발함. 주요 구간에 설치하여 보행자가 평상시 안전 정보를 제공받아 사전에 인식할 수 있도록 함

표 6-5 | 안심 안내사인 디자인(안)

	길 없음 안내 (바닥 테이핑)	밀집 현상 주의 안내 (벽 부착형)	안심 포인트 이동 안내 (로고 라이트)
1안			
2안			
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> • 마다름 길, 공사 중인 통로 입구 설치 • 평상시와 혼동되지 않도록 '실내 대피 시' 문구 추가 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 출입구 주변, 병목현상이 발생하는 구역 설치 • 픽토그램을 활용하여 이동 방향 안내 	<ul style="list-style-type: none"> • 안심 포인트로 이동하는 통로 및 출발 지점 설치 • 일정 간격으로 설치하여 순번대로 이동하도록 안내

그림 6-9 | 안심 안내사인 디자인(안) 1: 바닥 테이핑

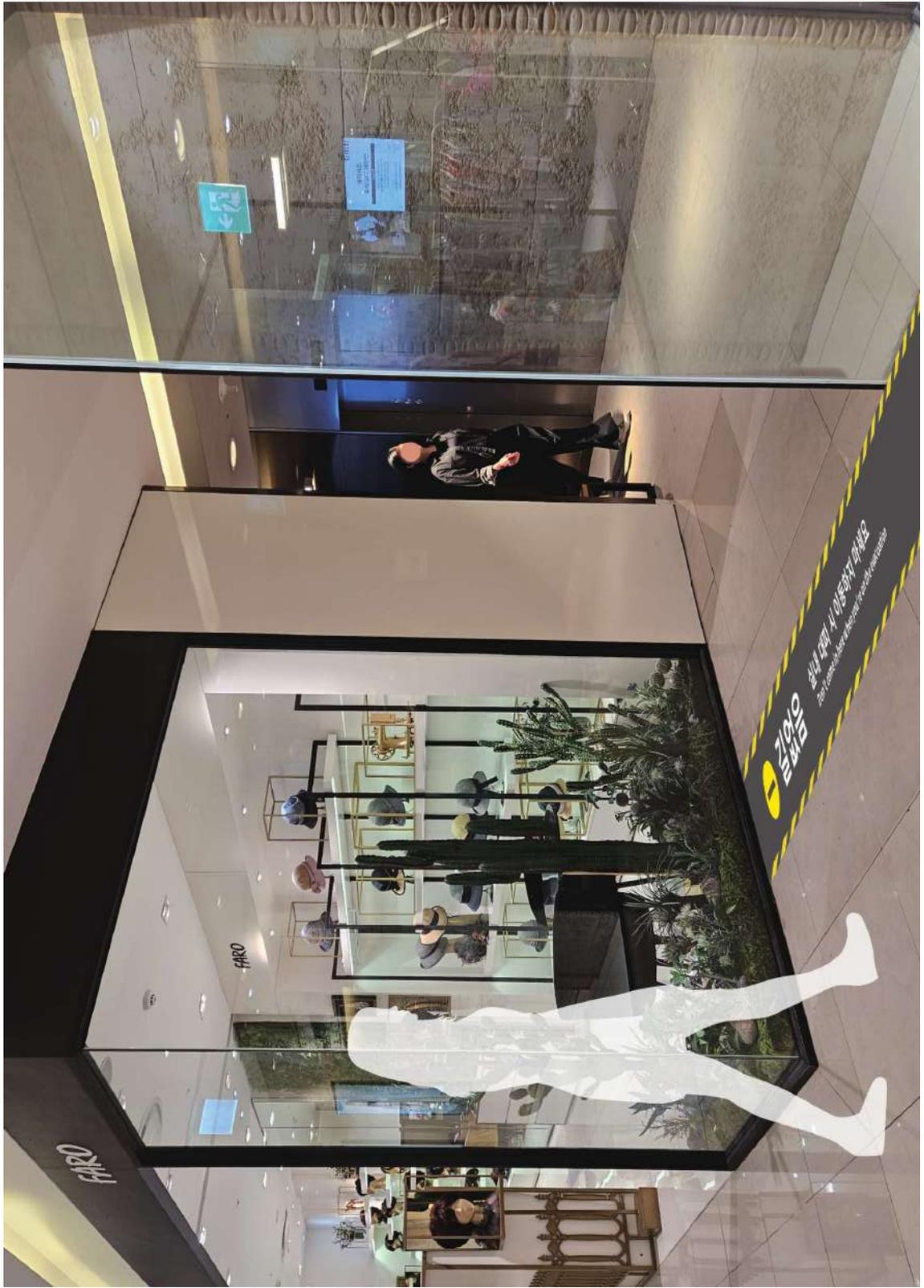


그림 6-10 | 안심 안내사인 디자인(안) 2: 벽 부착형

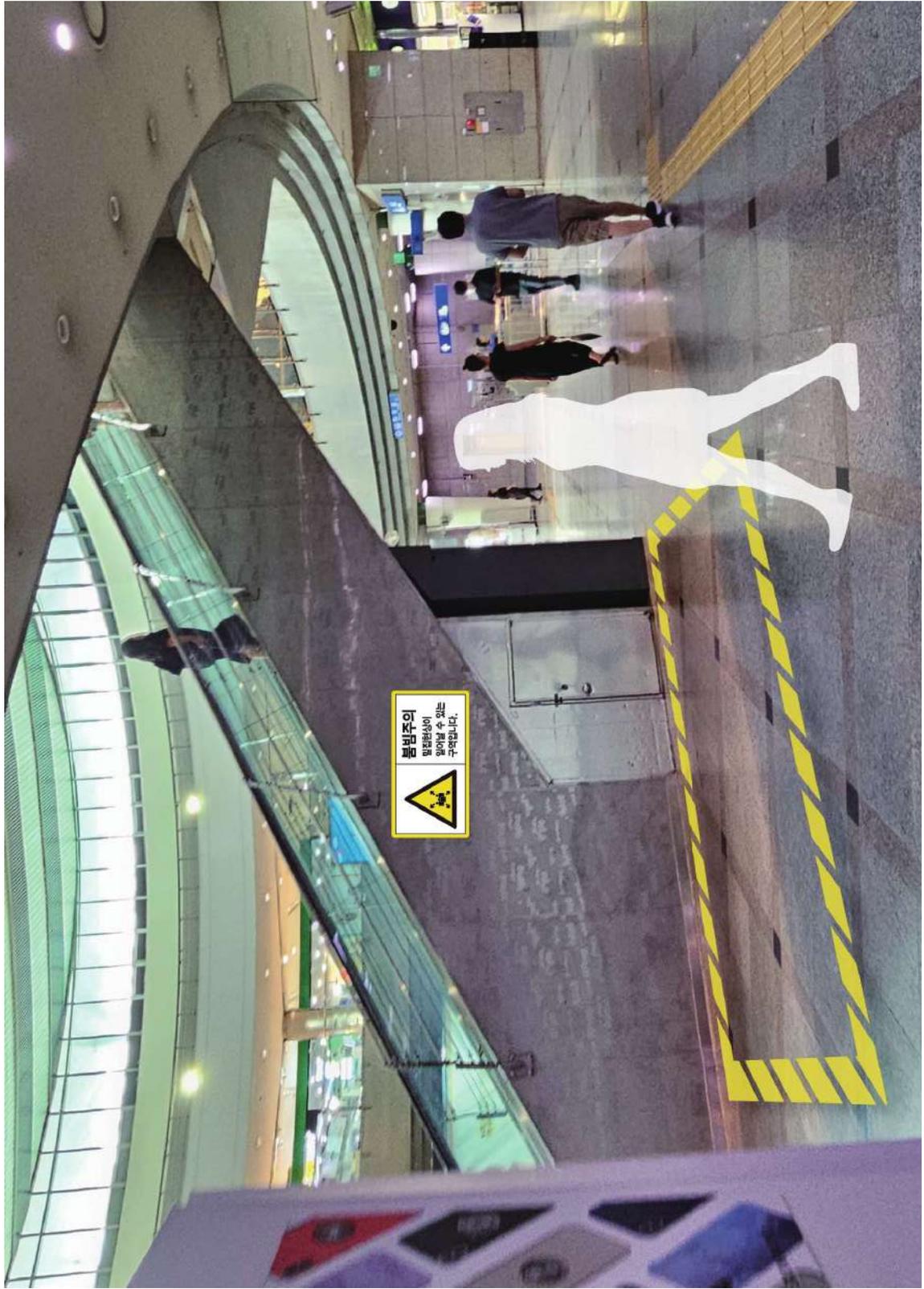
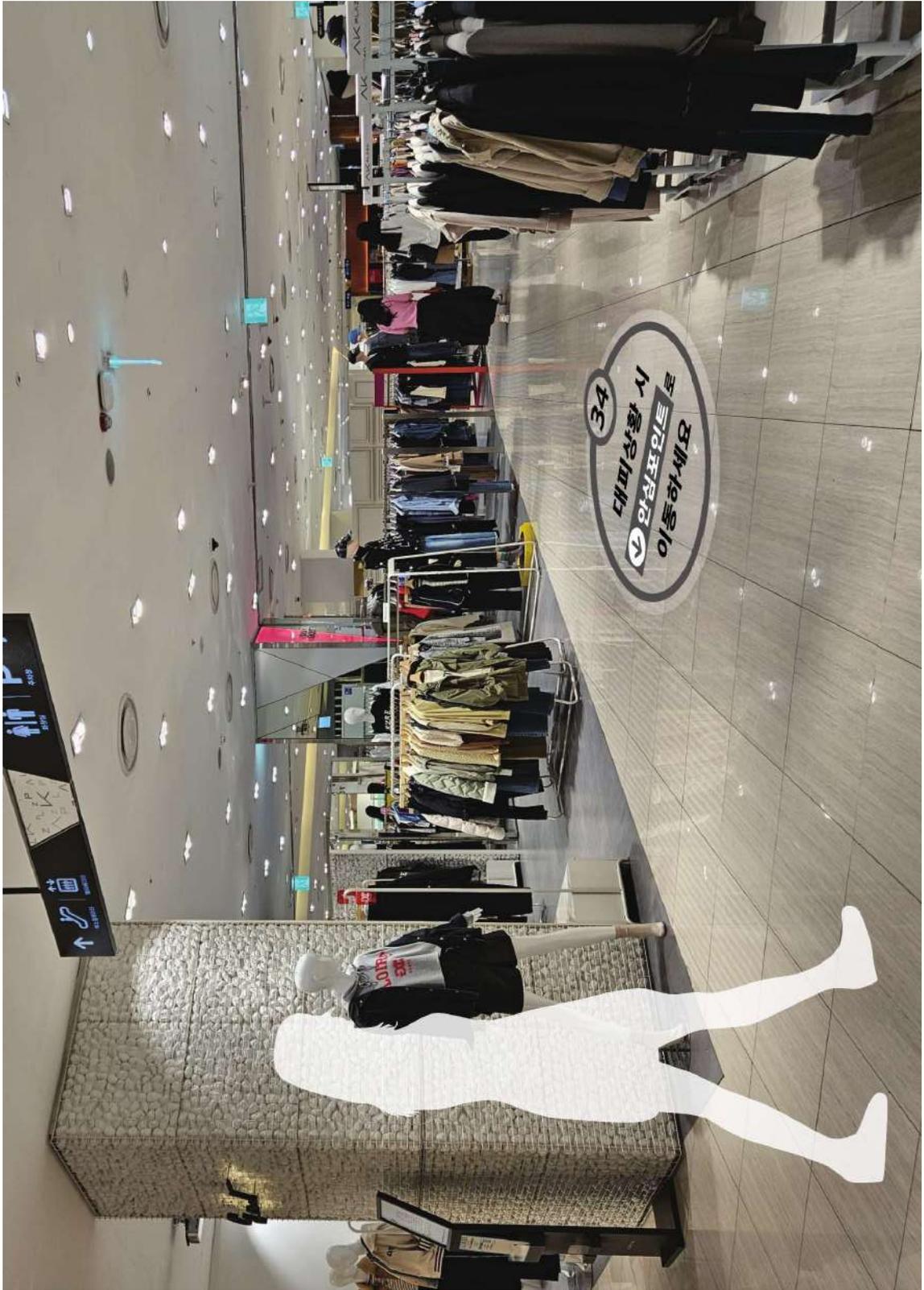


그림 6-11 | 안심 안내사인 디자인(안) 3: 로고 라이트



제7장

결론

제1절 연구 결과 및 정책제언

제2절 연구의 한계 및 향후 과제

제7장 결론

제1절 연구 결과 및 정책제언

1. 연구 결과

1) 수원역 이용객 82%가 역사 내부 대피 정보를 듣거나 본 적이 없다고 응답

- 설문조사 결과 수원역 이용객 82%가 역사 내부 대피 정보를 듣거나 본 적이 없고 이동할 예상 공간이 병목현상이 발생할 수 있는 구역으로 분석되었음
- 수원역 내부로 대피했을 시 이동 예상 공간에 대한 설문에 환승 통로 및 복도, 광장 순으로 대규모의 인원들이 병목현상이 발생할 수 있는 구간으로 밀집될 수 있다는 점을 시사하는 바, 동선을 정비하고 가장 효율적인 경로를 배분하여 설계할 필요성이 있음을 확인함
- 또한 1순위로 생각하는 가장 중요한 정비 방안은 '대피 공간별 수용 가능 인원 파악'으로 나타남. 수원역 내부에서 수용 가능한 실제 인원을 사전에 파악하는 것이 대피 동선을 정비하고 계획하는데 있어 가장 중요한 사안으로 인식하고 있는 것이 확인되었음

2) 역사(驛舍)내부 대피 인원이 전체 면적 대비 점유율이 50% 미만

- 실내 대피 시 보행 동선과 장애물의 영향 관계를 확인하기 위한 보행 시뮬레이션(VISSIM, 대피모듈 프로그램, 히트맵)실험을 진행하였음
- 장애물 유무에 따른 시나리오를 구성하였으나 이와 상관없이 전체 면적 대비 대피 인원의 점유율은 각각 40.13%(장애물 있음)와 42.11%(장애물 없음)로 50%가 되지 않은 상태에서 실험이 종료되었으며 장애물 유무는 대피 인원에게 영향을 주지 않는 것으로 파악할 수 있었음
- 각 출입구에서 더 이상의 진입이 어려워 이동 행동을 멈추게 되는 현상을 보였는데 이는 더 많은 인원이 수원역 내부의 안전한 공간으로 대피할 수 있는 구체적인 방안이 필요한 것을 의미함
- 시간의 경과에 따른 진입 완료 인원과 전체 면적 대비 점유율을 분석한 결과 시간의 흐름에 따라 진입 완료 인원과 점유율은 동시에 증가하는 것으로 나타났음. 그러나 실내 대피 시작 시간부터 종료 시간까지 비례적으로 증가하지 않고, 일정 시간에 증가폭이 둔화되는 지점이 확인되었으며,

장애물의 유무에 따라 둔화 지점이 다르게 나타남

3) 수원역 2, 3층 대피 가능 인원은 25,263명이고 총 21분가량 소요됨

- 수원역 2층의 경우 약 20분 9,417명 3층의 경우 15,846명 대피가 가능한 것으로 파악되었고 총 대피 가능 인원은 25,263명 21분 뒤부터 대피 인원의 움직임이 둔화되고 늘지 않는 것으로 파악되었으며 이를 대피 완료로 판단할 수 있음

4) 평소에는 용이한 시설물의 위치가 대피 상황에서는 동선에 방해가 될 수 있음

- 수원역 2층 장애물의 유무에 따라 진입 완료 시간과 완료 인원, 전체 면적 대비 대피 완료자 점유율의 차이를 보였고, 특히, 수원역 현황이 반영되어 장애물이 있는 시나리오가 진입 완료 시간을 지연시키는 것으로 나타났으므로, 대피 동선을 파악하여 동선 내 장애물에 대한 정비가 필요할 것으로 판단할 수 있음
- 실내 대피 초기 시간과 확인된 시간대의 대피 지연 원인을 파악하고 특히, 병목 현상이 나타나는 정확한 위치를 파악하여 대피 인원이 집결지까지 안전하게 도착할 수 있도록 시간대별 집중관리가 필요한 것으로 분석됨
- 또한 유동 인구와 진입 인원 대비 상대적으로 좁은 출입구에 병목 현상이 발생하였으며 진입시간을 단축하기 위한 적극적인 대책 마련이 필요함

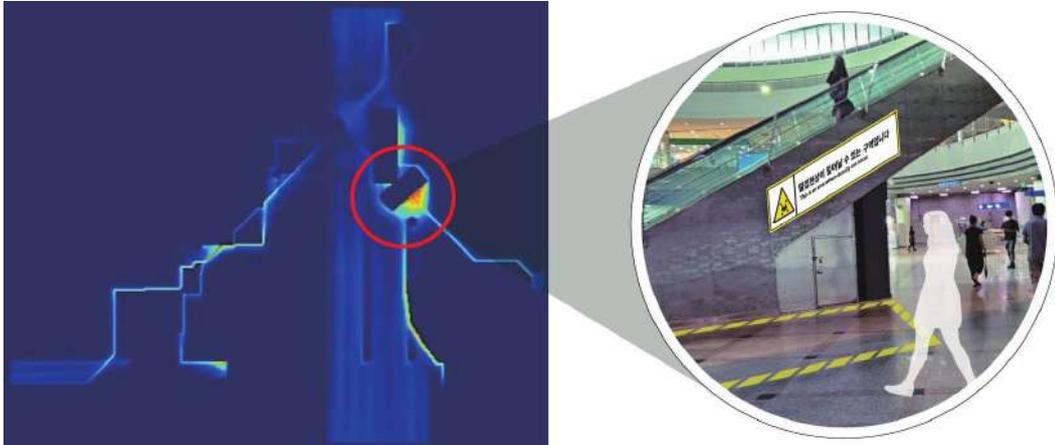
그림 7-1 | 수원역 2층 상점 뒤 물품보관함 부근



- 민자 역사인 수원역 내부 구조의 경우 상업에 최적화된 에스컬레이터 등의 위치가 대피 상황에서는 적절하지 못한 위치로 주변에 병목 현상이 야기됨. 향후 민방위 시설의 실내 공간은 재난 상황도

고려하여 배치해볼 것을 권장함

그림 7-2 | 수원역 2층 에스컬레이터 옆면



2. 정책제언

1) 수원역 시설물의 위치가 대피 상황에는 병목현상을 유발할 수 있는 것으로 나타남

- 보행 시뮬레이션의 결과로 에스컬레이터 뒤편과 상가 시설물의 주변에 병목 현상이 발생하는 것으로 관찰되어 실제 상황에서 이러한 사고가 발생하지 않게 예방책을 마련해야 함
- 신축 공공건축물을 지을 때 재난 안전과 이동 동선에 기반한 공간 배치가 요구됨

2) 평소 수원역의 안전한 공간을 미리 파악할 수 있도록 디자인적 커뮤니케이션 필요

- 평소 보행자가 안전 정보에 대해 인지할 수 있도록 주요 구간에 대피소 관련 안내 사인과 본 연구에서 제안한 안전 디자인(안) 시설물 설치를 공급해야 함
- 본 연구는 위험한 곳으로부터 멀어지는 연구가 아닌 ‘안전한 곳으로의 이동’에 관한 연구로 수원역 내부에 대해 안전한 인식을 할 수 있도록 이용객과의 평소 디자인적 커뮤니케이션이 중요함
- 디자인적 커뮤니케이션을 위해 안심 포인트, 안심 지도, 인전과 관련된 안내사인 등을 제안함

3) 안심 포인트, 안심 지도를 설치하여 안전에 최적화된 동선을 구현해야 함

- 보행 시뮬레이션 실험을 통한 객관적인 데이터 분석을 통해 도출된 보행자 대피경로 분산 및 안전한 대피를 위해서 광장이나 복도 공간에 몰리지 않도록 출구 주변에 안심 포인트를 비치하여

이 주변으로 이용객이 분산되도록 해야 함

- 안심 지도를 통해 현 위치에서 가장 가까운 안심 포인트로 이동하는 동선을 파악할 수 있게 하였으며 기존의 내부 공간 안내와 다른 방식으로 제공할 것을 제안함

4) 병목 구간과 막힌 구간에 대한 사전 안내로 안전사고에 대한 예방기능을 강화

- 시뮬레이션에서 도출된 이용자가 헤매는 길 없음 구간과 병목 구간에 안내 사인을 제공하여 사고 예방기능 강화가 요구됨
- 효율적으로 배분된 보행 동선을 통해 재난 및 응급 상황 발생 시 이용자의 안전을 위해 활용할 수 있음. 또한 수원시 다중밀집 시설에 대한 안전관리 및 이용자 중심의 보행 동선 매뉴얼에 활용 가능

그림 7-3 | 수원역 3층 엘리베이터 탑승 구간

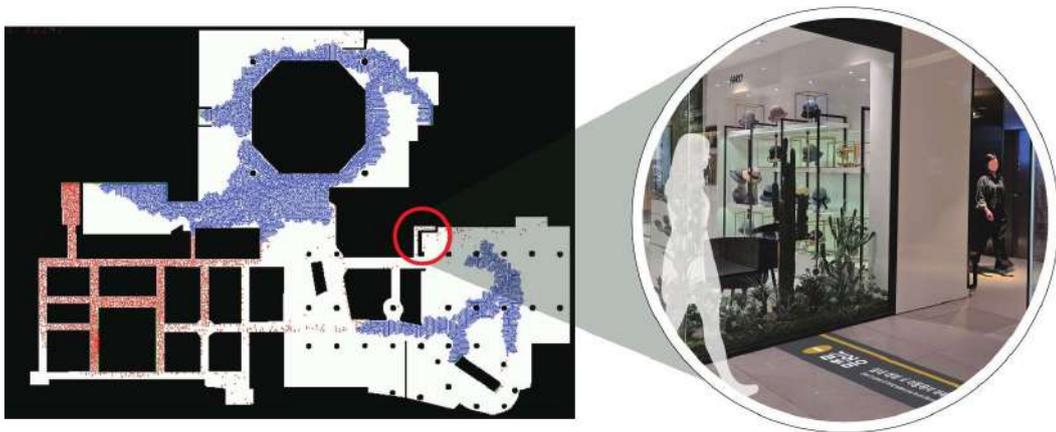


그림 7-4 | 수원역 3층 AK 쇼핑몰 내부



그림 7-5 | 수원역 안전 디자인(안) : 안심 포인트



표 7-1 | 수원역 안전 디자인(안) : 안심 지도

안심 지도	
<p style="text-align: right;">2F</p>	<p style="text-align: right;">3F</p>
2층	3층

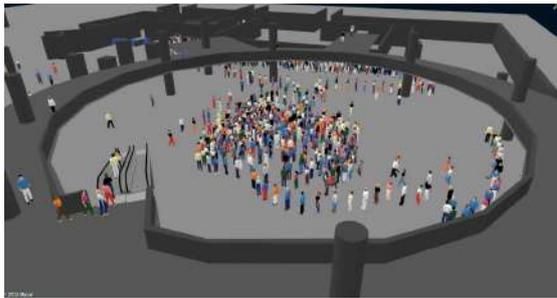
표 7-2 | 수원역 안전 디자인(안) : 안심 가이드

길 없음 안내	밀집 현상 주의 안내	안심포인트 이동 안내

5) 기차 지연 등으로 인한 수원역 안전사고 대비에도 활용

- 본 연구에서는 보행 시뮬레이션 실험을 통한 객관적인 데이터 분석을 통해 보행자 대피경로 분석 및 안전한 대피가 가능한 대피 동선 도출하였음
- 효율적으로 배분된 보행 동선을 통해 재난 및 응급 상황 발생 시 이용자의 안전을 위해 활용
 - 재난 상황이 아니더라도 명절, 열차 지연 등으로 역사 내에 많은 인파가 붐빌 때 병목 현상을 예방하기 위해 활용할 수 있으며 인파를 고르게 분산시킬 수 있음
 - 실내로 유입하는 보행자의 행동 패턴과 시뮬레이션에서 실내 대피 완료 모습이 유사하며 보행 시뮬레이션 실험을 통한 연구 결과가 [표 7-3]과 같은 상황에도 활용될 수 있음을 알 수 있음

표 7-3 | 시뮬레이션과 유사한 기차 지연 상황

서울역('23.7.26. 열차 지연)	시뮬레이션
	
	
	

제2절 연구의 한계 및 향후 과제

- 본 연구의 목적은 긴급 상황 시 수원역의 최대 수용 인원 및 이동 가능 인구를 파악하고 대피 인구의 공간 동선을 효율적으로 배분하여 환승 동선 개선 시 공간 개선에 활용하고자 하였음
- 보행 시뮬레이션에 활용한 프로그램 (VISSIM, 재난모듈프로그램, 히트맵)들은 모두 동선, 최대 수용 가능 인원, 병목 구간을 파악하기에는 적합한 프로그램일 수 있으나, 보행속도와 평일 유동 인구 기반으로 진행된 한계가 있는 자료임
 - 실제 재난 상황에서는 이용객들이 될 수도 있으나 달리는 속도는 연령대, 성별, 신장 등 여러 가지 상황이 고려되어야 하며 본 연구에서 활용한 시뮬레이션에서 파악하기에는 한계가 있음. 또한 출구 별 유동 인구는 평일 기준으로 5일간 측정되어 월별 또는 기간에 따라 차이가 생길 수 있다는 한계가 있음
 - 수원역은 지하철과 버스 환승 구간을 비롯하여 다양한 공간이 있지만 본 연구에서는 대상지를 기차역 2, 3층에 한정 지었음. 유동 인구에 따른 안전요원 배치 위치, 피난유도등 설치 위치, 안내사인 위치 등까지 도출할 수 있는데 프로그램 구현 비용의 한계로 안전요원의 배치 등과 같은 요소에 대해서는 도출하지 못한 한계점이 있음
- 안전에 대한 예방을 제안한 디자인으로 모든 문제를 해결할 수는 없지만 안전 동선 설계를 위한 새로운 시설물로 이용객의 행동 변화 유도를 기대해볼 수 있는 점에 의의가 있음
 - 교통을 이용하는 시민들이 일상생활에서 인지한 선택과 행동을 실행하게 하여 대피 상황에도 올바른 선택을 할 수 있도록 기대해볼 수 있으며 이는 많은 정책에서 활용되는 추세임
- 그럼에도 불구하고, ① 대다수의 수원시민이 수원역을 대피시설로 인지하지 못하고 있다는 것 ② 수원역 내부에 병목현상이 발생할 수 있는 구역을 파악하였고, ③ 수원역 2, 3층 실내에 최대 수용 가능 인원을 파악했으며, ④ 위험으로부터 멀어지는 대피가 아닌 안전지대로의 진입하는 연구로 기초자료를 구축했다는 데에 본 연구의 의의가 있다고 할 수 있음
 - 이러한 결과는 수원시민의 인식을 바꾸고 평소 디자인적 커뮤니케이션을 할 수 있는 디자인 제안으로 제시되어 향후 다중밀집 시설관리 등에 활용할 수 있을 뿐 아니라, 공공건축물의 공간 계획을 할 때 시설물 위치 등의 배치에 있어 도움이 될 수 있을 것임
- 향후 다양한 시나리오, 안전요원의 배치, 비상유도등의 적절한 설치 위치 등에 대한 실험이 수반된다면 더욱 구체적인 정책 대안을 제공할 수 있음. 또한 수원시에서 진행하는 지역행사 등 대규모 인파가 몰리는 상황에 대해 유사 실험을 진행하여 안전사고를 예방할 수 있는 행동을 유발하는 연구로 확장하는 후속 연구가 이어지길 기대함

부록

설문지

※ 본 설문은 수원역에 대한 시민들의 인식을 설문하여 향후 도시재난 상황 발생 시 대피공간 안내 개선 및 동선을 계획하는 조사입니다. 긍정적인 평가보다는 개선을 위한 조사이오니 솔직하고 평소 느낀 바를 평가해주시면 연구에 많은 도움이 될 것 같습니다.

1. [수원역 대피공간 인식] 수원역 이용객 및 승객이 수원역을 안전한 대피공간으로 인식하고 있는가?
2. [수원역 내부 대피공간 존재 인지] 수원역 내부의 대피 공간이 존재하는 것을 인지하고 있는가?
3. [수원역 내부 대피공간 필요성] 수원역 내부의 대피 공간이 필요하다고 생각하는가?
4. [수원역 피난 안내사인 평가] 수원역 피난 안내사인에 대한 의식은 어떠한가?
5. [수원역 내부 피난안내사인에 대한 감정평가] 수원역 내부 피난안내사인에 대한 경험적 감정은 어떠한가?
6. [안전대책 관련 인식] 수원역이 안전한 대피공간이 되기 위해 수립되어야 할 안전대책에 대한 의식은 어떠한가?
7. [동선 체계 및 피난 장애물 현황에 대한 중요도] 현재 수원역 동선 체계 및 피난 장애물을 개선하기 위한 방안에 대한 중요도 의식은 어떠한가?
8. [동선 체계 및 피난 장애물 현황에 대한 만족도] 현재 수원역 동선 체계 및 피난 장애물 현황에 대한 만족도는 어떠한가?
9. [동선체계 정비 방안의 중요도] 현재 수원역의 동선 체계를 정비하기 위한 방안에 대한 중요도 의식은 어떠한가?

설문 응답자 일반사항

1. 성별

- ① 남성 ② 여성

2. 연령

- ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대 이상

3. 학력

- ① 고졸 ② 대학재학 ③ 대졸 ④ 대학원 재학 이상 ⑤ 기타()

4. 직업

- ① 학생 ② 주부 ③ 직장인 ④ 자영업 ⑤ 무직 ⑥ 기타()

5. 귀하는 도시 재난(화학테러, 전쟁, 지진 등)을 경험하여 수원역과 같은 역사 내부로 피난해 보신 경험이 있으십니까?

- ① 경험 있음 ② 경험 없음

6. 귀하는 평소에 '수원역'을 몇 회 정도 방문하시나요?

- ① 거의 매일 ② 일주일에 1-3회 ③ 한 달에 1-4회 ④ 한 달에 5회 이상

7. 귀하는 평소에 '수원역'을 이용하시는 목적은 무엇입니까?

- ① 교통시설(기차, 지하철, 버스 등) 이용

- ② 수원역을 통해 다른 출구 이용(예:1번 출구에서 10번 출구로)
- ③ 약속·만남의 장소
- ④ 친구 혹은 지인과 약속하여 만나기 위해
- ⑤ 쇼핑(예: 지하상가, AK몰, 롯데몰 등)
- ⑥ 기타()

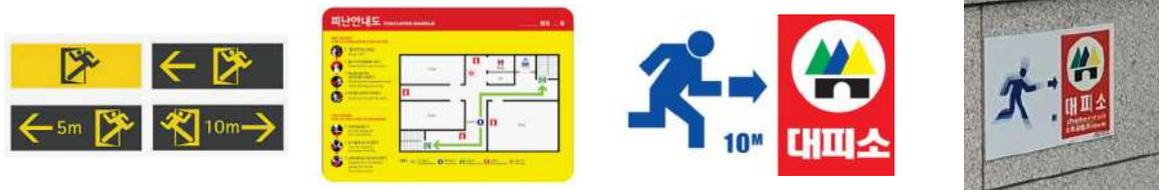
1. 수원역 대피공간 인식

1. 귀하는 도시 재난(화학적테러, 전쟁, 지진 등)이 발생할 시 수원역 내부로 대피할 의사가 있습니까?
 - ① 있다 ② 없다 ③ 잘 모르겠다
2. 귀하는 도시 재난이 발생할 시 대피공간으로써 수원역의 현재 위치에 만족하십니까?
 - ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다
3. 귀하는 매스컴이나 안전교육 등을 통해 도시재난이 발생했을 시 ‘수원역과 같은 역사 내부로 피난하는 것이 안전하다는 정보’를 들으시거나 보신 적이 있으십니까?
 - ① 듣거나 본 적이 있음 ② 듣거나 본 적이 없음
4. 귀하는 수원역이 안전한 대피공간이라고 생각하십니까?
 - ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다
5. 귀하가 만약 수원역 내부로 대피한다면 어느 공간으로 대피하시겠습니까?
 - ① 수원역 입구 ② 개찰구 주변 ③ 광장 ④ 맞이방 ⑤ 환승통로 및 복도 ⑥ 계단실 ⑦ 기타

2. 수원역 내부 대피공간의 존재 인지 및 필요성

1. 수원역 내부에 도시 재난에 대비한 대피공간이 필요하다고 생각하십니까?
 - ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다
2. 수원역 내부에 도시 재난에 대비한 대피공간이 있다는 사실을 알고 계십니까?
 - ① 알고 있다 ② 모른다

3. 수원역 피난 안내사인 평가



〈 수원역 피난 안내사인 예시 〉

1. 수원역 내부의 피난안내사인은 눈에 잘 띄는 편인가요?
 - ① 전혀 눈에 띄지 않는다 ② 눈에 띄지 않는 편이다 ③ 보통이다 ④ 눈에 띄는 편이다 ⑤ 눈에 매우 잘 띄는 편이다
2. 수원역 내부의 피난안내사인은 전반적으로 충분히 배치되어 있다고 생각하시나요?
 - ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다
3. 수원역 내부의 피난안내사인은 잘 알아볼 수 있게 글자 크기가 적당하다고 생각하시나요?
 - ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다
4. 수원역 내부의 피난안내사인이 광고나 간판 등과 같은 장애물에 가려져 잘 보이지 않는 경우가 있었나요?
 - ① 가려져 안보이는게 전혀 없었다 ② 가려져 안 보이는 간판이 종종 있었다 ③ 가려져 보이지 않는 간판이 종종

있었다 ④ 대부분이 가려져 잘 보이지 않았다 ⑤ 잘 모르겠다

4. 수원역 내부 피난안내사인에 대한 감정평가

※ 피난안내사인은 비상상황시 이용객 및 승객에게 대피할 수 있는 길과 대피공간의 위치를 알려주는 중요한 역할을 합니다. 수원역 내부 이용 시 **피난안내사인을 볼 때 귀하께서 느끼셨던 감정**을 아래 표에 선택하여 주세요.

	전혀 아니다	아니다	어느것도 아니다	그렇다	매우 그렇다	
← 여유있다	1	2	3	4	5	여유있지 않다 →
← 복잡하다	1	2	3	4	5	복잡하지 않다 →
← 불편하다	1	2	3	4	5	불편하지 않다 →
← 편안하다	1	2	3	4	5	편안하지 않다 →
← 안정적이다	1	2	3	4	5	안정적이지 않다 →
← 트여있다	1	2	3	4	5	트여있지 않다 →
← 짜임새 있다	1	2	3	4	5	짜임새 있지 않다 →
← 넓다	1	2	3	4	5	넓지 않다 →
← 통행량이 많다	1	2	3	4	5	통행량이 많지 않다 →
← 긴장되다	1	2	3	4	5	긴장되지 않다 →
← 불안하다	1	2	3	4	5	불안하지 않다 →
← 신경이 곤두서다	1	2	3	4	5	신경이 곤두서지 않다 →
← 피곤하다	1	2	3	4	5	피곤하지 않다 →
← 지치다	1	2	3	4	5	지치지 않다 →
← 초조하다	1	2	3	4	5	초조하지 않다 →

5. 대피공간 안전대책관련 인식

※ 다음은 수원역이 도시 재난에 대응하는 안전한 대피공간이 되기 위해 '사전에 세워야 할 안전대책'에 대한 내용들을 정리한 표입니다. 각 문항에 대해 **귀하가 중요하게 생각하시는 정도**를 아래 표에 표기(√)하여 주시기 바랍니다.

문항	중요도				
	전혀 중요하지 않다	중요하지 않다	보통이다	중요하다	매우 중요하다
1. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 화재감지기와 CCTV 연계 시스템을 구축해야 한다.					
2. 재난 상황 시 도움을 줄 공익 자원봉사자와 감시요원 등의 인원이 추가 배치되어야 한다.					
3. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 통합감시시스템 설치를 통한 조기 위험감지 시스템을 구축해야 한다.					
4. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 피난 상황을 도울 수 있는 비상조명등이 확대 설치되어야 한다					
5. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 연기 및 공기 배출 설비를 재정비해야 한다					
6. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 대피공간까지의 피난					

동선(피난공간까지 가는 길)을 확보하고 정비해야 한다					
7. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 대피공간까지의 피난유도시스템(간판, 안내지도 등)이 확충되어야 한다					
8. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 종합사령실 설비를 개선해야 한다					
9. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 구조 대응 인력 및 장비를 보강해야 한다					
10. 안전한 대피공간이 되기 위해서는 소화설비 불량 배관 등을 정비해야 한다					

6. 동선 체계 및 피난 장애물 현황에 대한 만족도

※ 다음은 수원역이 안전한 피난공간이 되기 위해 ‘개선해야 할 사항’을 정리한 표입니다. 수원역의 현황을 생각하시어 각 문항에 대해 **귀하가 만족하시는 정도**를 표기(√)하여 주시기 바랍니다.

1. 귀하는 도시 재난에 대응하기 위한 대피공간으로써 수원역의 현황에 전반적으로 만족하십니까?

① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

문항	만족도				
	전혀 중요하지 않다	중요하지 않다	보통이다	중요하다	매우 중요하다
1. 수원역은 이용객과 승객이 다니는 길(동선)이 분리되어 있어 만족한다					
2. 수원역은 승객의 승차 통로와 하차 통로가 분리되어 있어 만족한다					
3. 수원역은 이용객 및 승객 인원에 대비한 여유 공간이 확보되어 있어 만족한다					
4. 수원역은 혼잡한 시간대(출퇴근)에 개찰구 주위가 혼잡하지 않아 만족한다					
5. 수원역은 혼잡한 시간대를 제외한 시간대에 개찰구 주위가 혼잡하지 않아 만족한다					
6. 수원역은 길 찾기를 쉽게 해주는 피난안내사인의 정비가 잘 되어있어 만족한다					
7. 수원역은 시각적인 개방감을 저해하는 계단 및 가판대가 정비되어 있어 만족한다					
8. 수원역은 이용객 및 승객의 흐름을 방해하는 계단 및 가판대가 정비되어 있어 만족한다					

7. 동선 체계 및 정비 방안의 중요도

※ 다음은 대피 동선의 정비 방안을 정리한 표입니다. 대피동선이란 대피공간까지 안전하게 도착할 수 있는 길(통로)을 의미합니다. 수원역의 대피 동선을 정비하는데 있어 다음 문항에 대해 **귀하가 생각하시는 중요도**를 아래 표에 표기(√)하여 주시기 바랍니다.

문항	중요도				
	전혀 중요하지 않다	중요하지 않다	보통이다	중요하다	매우 중요하다
1. 사전조사를 통해 평일과 휴일의 수원역 인구(이용객과 승객)수를					

예측하는 것이 중요하다					
2. 대피공간별 예상 피난자 및 수용 가능인원을 파악하는 것이 중요하다					
3. 많은 인원의 대피를 위해 구체적인 상황을 설정하여 대피동선을 이용한 사전 대피교육을 실시하는 것이 중요하다					
4. 대피동선 상에 대형 간판 등 피난유도 사인을 설치하는 것이 중요하다					
5. 계단 및 수직이동시설(엘리베이터, 에스컬레이터 등) 개수가 적정하게 설치되는 것이 중요하다					
6. 승강장 폭을 여유 있게 확대하는 것이 중요하다					
7. 계단까지의 승강장 폭을 균등하게 하는 것이 중요하다					
8. 계단 및 수직 이동시설(엘리베이터, 에스컬레이터 등)까지의 동선 계획을 정비하는 것이 중요하다					

8. 수원역 내부에 피난 안내체계를 구축하는데 있어 평소 의견이 있으면 자유롭게 기술해주세요

(예시) 안내사인은 상단부가 좋을 것 같아요, 현재 안내로도 충분해요, 출퇴근 혼잡에 대한 안내도 필요해요. 안내원 배치가 필요합니다. 등

※ 바쁘신 중에도 끝까지 응답해 주셔서 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

국문자료

- 고왕렬. (2019). 대전광역시 노인 요양시설의 소방운영실태 조사 및 개선방안에 관한 연구, 충남대학교 박사학위논문
- 권준현, 조서연, 이수기. (2022). 케빈 린치의 도시 이미지 요소가 보행만족도에 미치는 영향 분석. 한국도시설계학회지 도시설계, 23(6), 5-24
- 김동원. (2010). 도시철도 지하역사 동선개선에 관한 연구, 한국과학기술대학교 석사학위논문
- 김민경, 문혁, 김혜정, 김경숙. 2011. 재해재난 시 응급대피공간의 거주 계획요소에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 vol27(6). pp.93-102
- 김성천, 김도형 외 8명. (2022). 재난유형별 표준 안전디자인 개발. 국립재난안전연구원 연구보고서
- 김영희. (2022). Evacuation of Shelter in Place at Subway Transfer Stations Based on BIM and Proposal of a Strengthening Method. Buildings. 12(11), 1981-1984
- 김동식. (2021). 물입형 가상현실 기법을 활용한 비상시 도심지역 지하철역 지하 출입구 대피시설 표시의 식별성에 관한 연구. 한국실내디자인학회. Vol.30 No.5(148), 23-32
- 대전세종연구원. (2014). 재난대응 민관협력활동 활성화 방안
- 박병직. (2012). 테러 및 화재 시 지하철 역사 유형별 피난 성능에 관한 연구. 대한건축학회. 28(10), 73-82
- 박상길, 임세연 외 7명. (2021). 안전취약계층 재난대응 안내서 안전디자인 프로토타입 개발. 국립재난안전연구원 연구보고서
- 박상현, 송명찬. (2015). 대피시뮬레이션 기반 대피정보 전달체계 개선방안. 국립재난안전연구원 연구보고서
- 박종호. (2021). 지하상가와 연결된 대심도 지하역사의 피난안정성 개선방안에 관한 연구, 목원대학교 박사학위논문
- 박재성, 윤명오. (2004). 대규모 판매시설의 방화관리자의 측면에서 본 피난행동영향요인에 대한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 18(3), 108-113
- 반정환, 황재훈. (2021). 대학가의 보행환경 만족도 영향요인 비교 분석-충북대학교 중문의 상업 및 주거밀집지역을 중심으로. 한국도시설계학회지 도시설계, 22(6), 87-96
- 백은선. (2011). 선행음효과를 이용한 화재 피난유도 모델에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문
- 소방방재청. (2008). 지하공간 안전관리시스템 구축
- 서울연구원. 2019. 작은연구 좋은서울 지원사업 연구과제 보고서
- 유동원. 2019. 긴급재난 대비 지하대피소 건축 사례 및 계획요소 분석 연구. 한국방재학회논문집(97). pp.137-142
- 윤호주, 황은경, 김종훈, 김운형. (2012). 초고층빌딩에서의 고령자 피난실험. 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 365-368.
- 이광훈(2020), 화재안전기준 규제영향분석에 관한 연구, KAU 산학협력단
- 이소민, 이명훈. (2022). 주거지 근린환경이 보행취약계층별 통행 만족도에 미치는 영향에 관한 실증연구. 한국도시설계학회지 도시설계, 23(3), 125-142
- 이진경, 김찬주. (2021). 지하연계 복합건축물의 가변적 피난경로 및 안전구역 계획기법 연구. 대한건축학회논문집, 37(12), 75-84.
- 이호연. (2014). buildingEXODUS를 이용한 에스컬레이터 피난 모델링에 관한 연구. 대한건축학회. 30(4), 191-198
- 전규엽, 홍원화. (2005). 모의실험을 통한 지하공간에서의 연령별 피난 행동 특성에 관한 연구. 대한건축학회, 25(1), 15-18

정서영, 유정호(2023). IPA를 통한 OSC 핵심성공요인에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, 24(2), 24-36

진승희. (2017). 어린이집 피난안전 향상에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 31(1), 63-73.

최준호, 최충익. (2018). 대도시 역세권의 대형재난대응 혼잡대책 사례연구. 한국지적정보학회지, 20(2), 121-132.

최준호. (2016). 대구 지하철 역사의 입지조건과 이용객의 층별 분포 조사를 통한 피난소요시간 및 계단부 에이전트 유동을 평가에 관한 연구. 대한건축학회. 32(3), 51-58

최준호, 최충익. (2018). 대도시 역세권의 대형재난대응 혼잡대책 사례연구. 한국지적정보학회지, 20(2), 121-132

최석용. (2010). 지하역사 재난 상황에 대한 피난시뮬레이션 툴의 비교 검토. 대한건축학회연합논문집. 12(1), 139-146

한국화재소방학회. (2013). 지하공간 위험특성 분석 및 제도개선 방안 연구

황현배. (2018). 대심도 지하역사의 피난안전구역 가이드라인 설정에 관한 연구, 가천대학교 박사학위논문

영문자료

- C.S.Jiang et al. (2010). Effect of varying two key parameters in simulating evacuation for subway stations in China. *Safety Science* 48(4), 445-451
- Manabu T. (2011). Effectiveness of downward evacuation in a large-scale subway fire using Fire Dynamics Simulator
- Sheng Z. et al. (2014). Safe evacuation from subway platform under fire. *Applied Mechanics and Materials* (3), 2023-2026
- Zhen-yu Li et al. (2016). Numerical Simulation of Evacuation in a Subway Station. *Heat Transfer - Asian Research* 38(5), 275-283
- Jiawen Q. et al. (2020). Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder. *Case Studies in Thermal Engineering* (21), 100677-100677
- Junjie W. et al. (2022). Study on emergency evacuation in underground urban complexes. *PLOS ONE* 17(12), 278521-278522
- Yang Hui. (2023). Data-driven Time Model for Subway Emergency Evacuation: A Case Study and Simulation
- Qiao, Y. et al. (2023). Fault tree analysis for subway fire evacuation with agent-based modeling. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience* 4(1)
- Hua Chen et al. (2023). Simulation of Fire emergency evacuation in a large-passenger-flow subway station based on the on-site measured data of shenzhen metro. *CrossRef*

신문기사 / 웹사이트 / 통계자료

강준구. (2022.11.29.). **컴컴한 지하 현장서 근로자 지키는 안전 디자인…서울시, 전국최초 개발**. 국민일보. [신문기사].

<https://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0017720375&code=61121111&cp=nv>

국민재난안전포털. [웹페이지]. <https://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/main/main.html>

경기데이터드림. **수원시 시설물 안전 관리 현황 자료**. [웹페이지]. <https://data.gg.go.kr/>

범죄예방디자인연구정보센터. [웹페이지]. <http://www.cpted.kr>

안전모아진단모아. [웹페이지]. <https://safewatch.safemap.go.kr>

안전신문고. [웹페이지]. <https://www.safetyreport.go.kr>

생활안전정보. [웹페이지]. <https://www.safemap.go.kr>

재난안전대책본부. [홈페이지]. <https://www.brcn.go.kr>

차대운. (2023.08.31.). **산업·생활안전 디자인으로 해결… 네티디자인 추진단 출범**. 연합뉴스. [신문기사].

<https://www.yna.co.kr/view/AKR20230830150100003>

통계로 보는 수원. [웹페이지]. <https://www.suwon.go.kr/>

KOSIS 국가통계포털. [웹페이지]. **행정구역 인구수 통계 자료**. <https://kosis.kr/index/index.do>

연구책임자 박규령 (수원시정연구원 연구위원)
참여연구원 정은지 (수원시정연구원 위촉연구원)
연구 자문위원 김상희 (A3건축연구소 박사후연구원)
박상현 (국립재난안전연구원 연구관)
윤여일 (코레일디자인센터 팀장)
이경미 ((주)사이픽스 대표)
이상화 (목원대학교 산학협력단 연구교수)
이 준 (한국교통연구원 연구위원)
최정호 (코레일디자인센터 팀장)

SRI-전략 2023-10

수원역 안전 최적화 동선 설계 연구

A Study on the Design of Safe and Optimal Internal Path at Suwon Station

발행인 김성진

발행처 수원시정연구원

경기도 수원시 권선구 수인로 126

(우편번호) 16429

전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000

<http://www.suwon.re.kr>

인쇄 2023년 10월 15일

발행 2023년 10월 15일

ISBN 979-11-6819-143-3

© 2023 수원시정연구원

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

박규령. 2023. 「수원역 안전 최적화 동선 설계 연구」. 수원시정연구원.

비매품