



2010

서울시 지하공간의 안전체계 구축방안

A Study on the Safety System Planning Strategy
of Underground Space in Seoul

배 윤 신 · 이 석 민

서울시 지하공간의 안전체계 구축방안

A Study on the Safety System Planning Strategy of
Underground Space in Seoul

2010

■ 연구진 ■

연구책임 배 윤 신 • 환경안전연구실 부연구위원
연구원 이 석 민 • 환경안전연구실 연구위원
박 지 혜 • 환경안전연구실 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경

- 1967년 원유, 가스 등의 지하비축시설 설치를 시작으로 70년부터 지하철이 건설되면서 지하상가, 지하 환승역, 기존건물과의 연결도로, 지하차도 등 다각적인 지하공간이 조성
 - 대규모 지하공간에서의 재난 발생으로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하고자 많은 노력이 진행
- 국내 지하공간 사고현황(1993년~2009년)을 보면 전체 21건 중 화재로 인한 사고가 17건으로 가장 많고 이어 붕괴, 가스폭발, 침수 순으로 나타남. 화재 발생 시 지하공간별 사고현황을 보면 지하도로, 지하상가, 지하철, 주차장 순으로 많이 나타남
 - 서울시 지하공간 사고현황(1993년~2009년)을 보면 전체 18건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 가장 많고 이어 침수, 가스 순으로 나타남. 화재발생 시 지하공간별 사고 현황을 보면 지하상가, 지하철, 지하도로 순으로 많아 지하상가가 화재에 취약함을 알 수 있음
- 지하공간에서의 화재발생은 전체공간이 화염과 연기로 가득하게 되고 피난 행동 및 소방 활동을 저하시켜 큰 인적, 물적 피해를 초래
 - 서울시 지하공간의 재난관리 개선을 통한 지하공간 안전체계 구축에 대한 연구와 지속적 관심이 필요

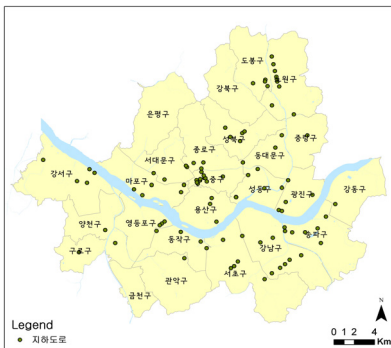
2. 연구의 목적

- 이 연구는 서울시 지하공간의 안전체계 구축방안을 제시하기 위하여 지하 공간 안전관리 요소를 분류해, 화재위험성 평가방안을 작성하고 지하공간 재난관리 및 재난의료 개선방안을 제시
 - 공간적 범위는 서울시 지하공간이며 지하상가를 중심으로 기술
 - 시간적 범위는 1993년부터 2010년까지이며 지하공간 사고발생 현황 자료를 이용

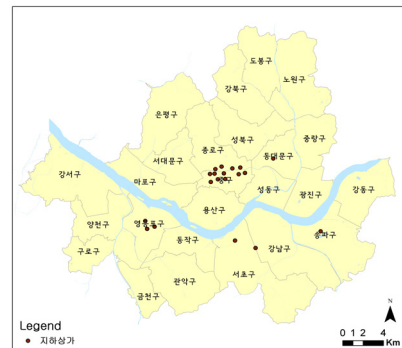
Ⅱ. 연구의 주요 내용

1. 서울시 지하공간 현황

- 서울시 지하공간 개발은 지하공공보도시설, 지하공공주차장과 같은 건축 부문과 지하철, 기반시설(공동구, 상하수도, 비축기지, 발전소 등)과 같은 토목부문에서 수행됨. 도시교통난 심화로 인해 지하철 및 지하상가를 건설하고 있으며 인접 건축물의 지하층과 지하철 역사를 연계하는 지하도시 공간 개발도 활발하게 추진

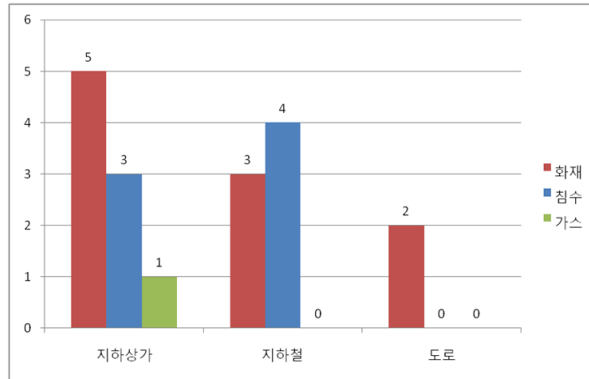


〈그림 1〉 서울시 지하도로 현황

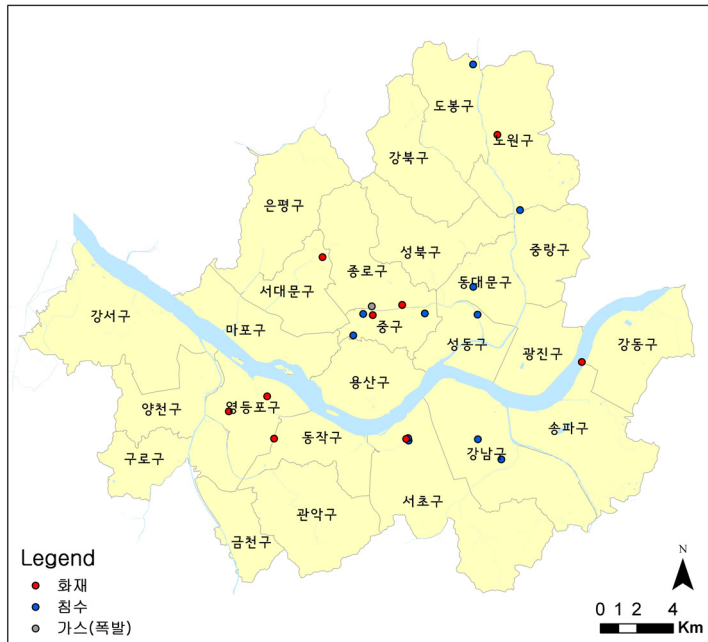


〈그림 2〉 서울시 지하상가 현황

○서울시 지하공간 사고를 재난종류별로 보면 화재가 가장 많았으며 지하공간별로는 지하상가가 가장 큰 비중을 차지



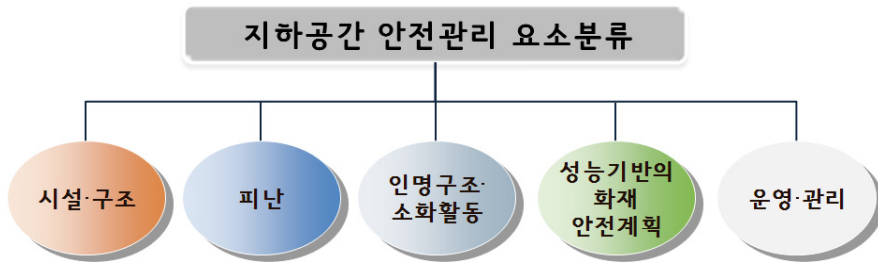
〈그림 3〉 서울시 지하공간별 사고현황



〈그림 4〉 서울시 지하공간 사고현황

2. 서울시 지하공간 안전관리 분류

- 지하공간은 지상공간에 비해 폐쇄적이기 때문에 화재·가스폭발·침수 등의 위험에 영향을 받기가 쉽고, 안전측면에서 여러 문제점이 나타남.
- 공간특성에 따른 위험상황별 안전 확보를 위해서는 예방을 위한 전략 등이 종합적으로 고려되어야 하며, 체계적 관리를 위해 5가지 안전관리 요소(시설·구조, 피난, 인명구조·소화활동, 성능기반의 화재 안전계획, 운영·관리)로 분류



〈그림 5〉 안전관리 요소 (대)분류

〈표 1〉 안전관리 대분류 및 고려요소

안전관리 요소	고려요소
시설·구조	• 지하공간은 일단 시설이 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서부터 종합적인 안전시설·구조 대책이 중요 • 지하시설의 내부 공간구성은 가능한 단순하고 명확해야 하며, 피난로는 그 시설의 출입 시 일상적으로 이용하는 친숙한 동선 패턴과 일치하는 구조이어야 함
피난	• 공간의 특성상 인명의 구조나 화재 진압활동에 어려움이 있으며, 불특정 다수가 이용하는 폐쇄적 이미지로 인해 국소화재임에도 대형의 인명 피해 가능 • 화재 발생 시 연기가 급속도로 가득할 가능성이 높은 폐쇄공간이고, 지상까지 피난 거리가 길기 때문에 패닉 등 피난상 중대한 장애가 발생할 위험이 높음 • 지상의 경우보다 피난의 어려움이 많기 때문에 피난에 대한 안전 대책이 필요
인명구조·소화활동	• 지하공간 특성상 소방대의 도착시간이 지연될 우려가 있고, 빠른 상황파악이 곤란하기 때문에 적절한 소화활동을 행하는 것이 지상공간보다 어려움 • 소방대원의 진입거리가 길고, 입체행동이 되기 때문에 소방대원의 체력소모가 크고, 활동에 큰 제약 • 재난이 발생할 경우 긴급구조 대응활동 및 재난 현장 지휘체계를 확립하기 위한 체계와 절차, 그리고 긴급 구조 활동의 연계가 보다 체계적·통합적이어야 함

〈표 계속〉 안전관리 대분류 및 고려요소

안전관리 요소	고려요소
성능기반의 화재 안전계획	갑자기 발생하는 화재, 가스폭발, 붕괴 등의 원인으로 발생하는 위험에 대한 원인들을 제거하기 위해서는 공간에 따른 여러 부처의 관련 법령에 대해 상호 연계성 분석을 통한 효율적인 안전계획이 필요
운영·관리	- 지하공간의 대형화로 관리자의 범위가 넓어짐에 따라 위험성이 증대되었고, 관리인원의 축소로 재난 발생 시 대응 능력이 부족하게 되어 재난의 대형화가 우려 - 안전체계와 관련하여 다수의 연관된 법들이 존재하고, 법 규정은 개정되고 있기 때문에 전체적인 구성과 통합 운영 및 관리가 필요

3. 지하공간 화재위험성 평가방안

- 5가지 지하공간 안전관리 요소로 화재위험성 평가를 수행하기 위하여 평가항목을 분류하고, 평가항목에 대한 점수를 계산하여 최종적으로 화재위험성 평가방안을 제시

〈표 2〉 화재위험성 평가항목의 구성

대분류	중분류	소분류(평가항목)	평가항목 배점합계
시설/구조	5	26	348
피난	3	19	142
인명구조/소화	3	25	168
성능기반의 화재안전계획	5	9	73
운영/관리	6	15	116

- 평가항목에 대한 배점은 중요도에 따라 3단계로 분류하여 단계별로 차등 부여하였고 평가항목별 점수 평가기준은 소분류의 평가항목 점점결과를 통해 4단계로 구분하여 반영



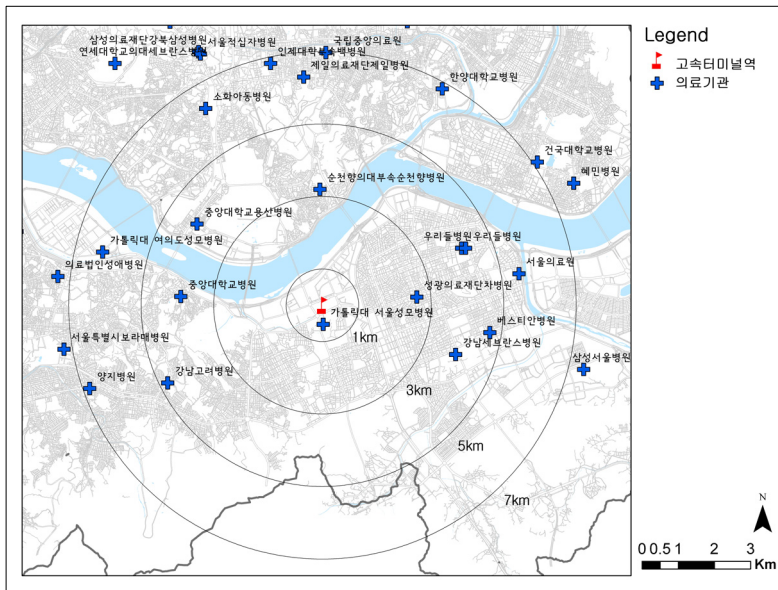
〈그림 6〉 지하공간 화재위험성 평가방법

4. 서울시 재난의료 지원사항

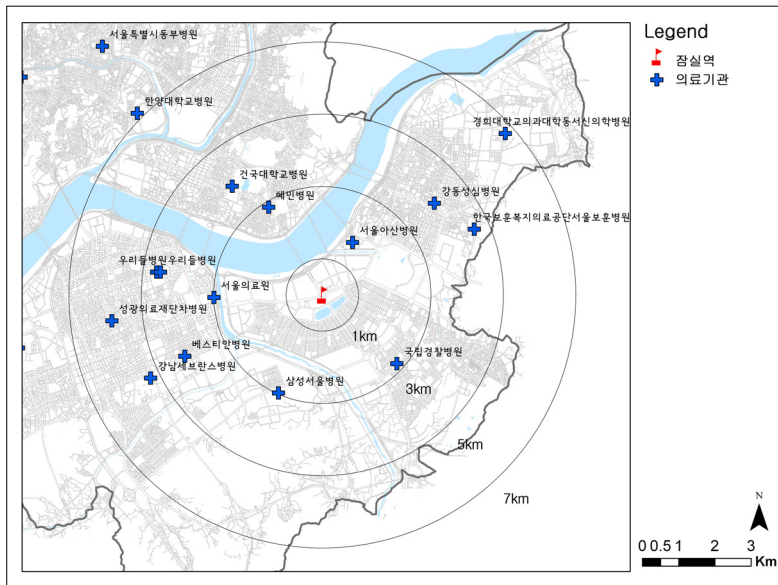
- 지하공간에서의 화재발생 시 이송의 적절성에 대한 기준을 크게 이송거리, 이송받는 의료기관의 진료능력(응급의료기관의 행정 분류, 전체 병상 수, 응급실 병상 수 및 상급 응급의료 인력의 수), 환자의 중증도 등으로 구분



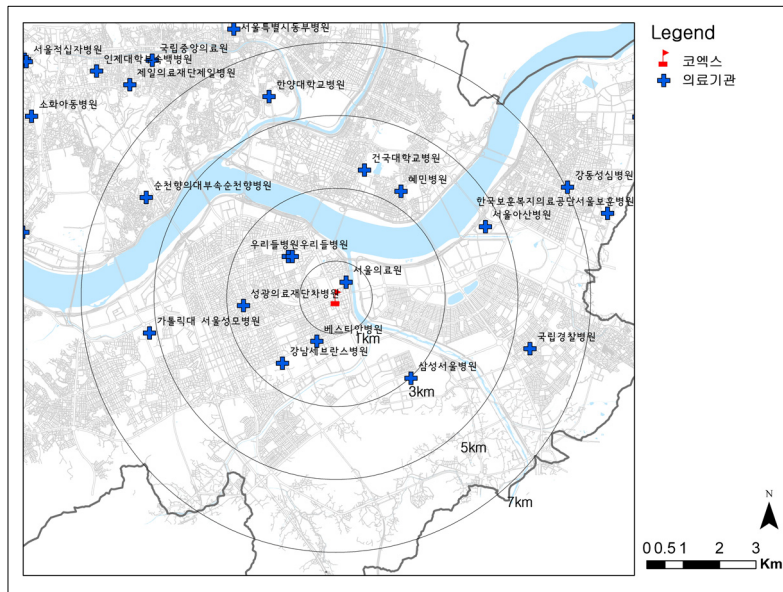
〈그림 7〉 응급의료기관 이송의 적절성



〈그림 8〉 강남터미널 지하상가 수용의료기관



〈그림 9〉 잠실역 지하상가 수용의료기관



〈그림 10〉 코엑스물 수용의료기관

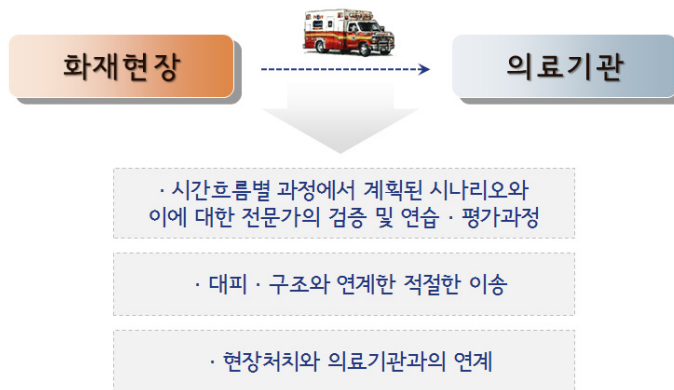
- 현장에서 사망한 환자는 중증 환자를 진료하는 의료기관 및 의료 인력의 부담을 최소화하기 위해 먼 거리의 영안실이 있는 곳으로 이송함. 관할보건소장은 기술된 재해발생 부근 의료기관의 분포와 진료 능력 등을 고려하여 환자 수송계획을 진행
 - 이송의 적절성을 평가하기 위해서는 중증도와 이송거리 및 수용병원의 진료능력 외에도 치료결과 및 일반병실 또는 중환자실로의 입원 유무, 타 병원으로의 전원 유무 등도 고려해야 하지만 이 연구에서는 세가지 요소(중증도, 이송거리, 수용병원의 진료능력)만을 고려
 - 분석된 수용의료기관의 분포와 수용병원의 진료능력을 고려하여 서울시 지하공간에서의 재해발생 시 보다 체계적이고 효율적인 대처방안을 수립



〈그림 11〉 환자수송계획

○초기 화재 현장부터 이송, 의료기관에 이르기까지 시간흐름별로 모든 과정에서 계획된 시나리오와 이에 대한 전문가의 검증과 연습, 평가 과정이 있어야 하며 이러한 과정에서 대피, 구조와 연계하여 적절한 이송 및 현장처치와 의료기관과의 연계 문제를 해결하는 노력이 필요

—향후 서울시 지하공간에서 사고가 발생할 경우, 적절한 환자 이송은 현장에 능숙한 의료진과 응급구조사가 존재하고 현장지휘본부와 전문성을 인정하는 협조가 원활해야 가능하며, 평소에 재해정보와 응급의료정보가 실시간으로 파악되어야만 효율적으로 작동



〈그림 12〉 이송문제의 해결방안

Ⅲ. 정책제언

1. 지하공간 안전체계 구축을 위한 법령 및 제도개선 방안

- 건축법 관련 : 지하층의 설치에 관한 규정으로 지하공간시설에 대한 전반적인 기준을 제시하지 못하고 있으며 대형사고 발생 후 임기응변식 개정으로 일부 비합리적 규제들이 양산되기 때문에 이를 제도적으로 평가, 보완할 수 있는 시스템이 필요
- 안전 관련 : 지하공간의 건축물 및 설비·장비에 관한 안전규정이 여러 부처의 개별법으로 나뉘어 있어 법령들의 연계성을 이해하기가 어려우므로 개선이 필요
- 소방 관련 : 지하공간의 특성상 화재발생 시 빠른 상황 판단이 곤란하고, 지상공간보다 적절한 소화 및 구조 활동이 어려우므로 적절한 대응책이 필요함. 즉 화재안전 관련 소방시설의 적극적 대책이 요구
- 피난 관련 : 지하공간의 경우 공간의 제약으로 인해 피난 활동에 어려움이 따르므로 대책마련과 지하공간 피난안전 개선방안이 필요

2. 재난현장 통합 지휘체계 확립

- 재난의 관리를 위한 각종 법령이 건축법, 소방법 등 부처별로 나뉘어 있어, 재난관리체계의 통합적 구조화에 어려움이 있음. 즉, 재난관리를 위한 각종 법령이 별개로 운영되며, 법률 간 연계성도 부족하여 다수의 부처가 관련되는 재난사고가 발생하는 경우 부처 간의 협조체계가 미흡함. 또한 재난관리 업무가 재난재해 유형별로 분산되어 있기 때문에 재난대응과정에서 공조체제 및 통합 지휘체계 구축이 시급

3. 현장 응급구조체계 구축

- 지하공간에서 대규모 폭발, 화재 등 재난발생 시 현장 응급의료소 등의 설치기준, 조직체계 및 소장의 역할과 현장에서의 부문별 임무(중증도 분류반, 응급처치반, 이송반 등)가 명시되어 있지 않기 때문에 이러한 사항을 안전관리 계획에 명기해야 함. 또한 재해 대응을 위해서 재해 현장의 체계, 배치, 임무에 대한 전체적 이해도를 높일 필요

4. 시설관리주체 통합개선

- 서울시 지하상가는 크게 공간 및 형태적 유형에 따라 나눌 수 있으며, 유형별 형태에 따라 관리주체가 다르기 때문에 방화 및 유지관리 측면의 문제점을 가지고 있음. 개별관리체계로 인하여 화재 및 재난발생 시 현장의 통합 지휘체계와 현장 응급구조의 문제가 발생할 수 있으므로 향후 통합 관리를 위한 대책 및 시설관리주체의 개선이 필요

5. 현장 응급구조를 위한 효율적 대처방안 수립

- 재해발생 시 관할보건소장은 부근 의료기관의 분포와 진료 능력 등을 고려하여 환자 수송계획을 진행해야 하는데, 이송이 실제 현장에서 이루어 지려면 능숙한 의료진과 응급구조사가 존재하고, 현장지휘본부와의 협조가 원활해야 가능하기 때문에 평소에 재해정보와 응급의료정보가 실시간으로 파악되어야 함. 따라서 수용의료기관 분포와 진료능력 등을 고려하여 재해 발생 시 효율적인 대처방안 수립이 필요

목 차

제1장 서론	3
제1절 연구배경 및 목적	3
1. 연구배경	3
2. 연구목적	4
제2절 연구범위 및 내용	4
1. 연구범위	4
2. 연구내용	5
제3절 연구체계 및 연구방법	6
1. 연구체계	6
2. 연구방법	7
 제2장 국내·외 지하공간 현황 및 문제점	11
제1절 국내 지하공간 재난발생 현황	11
1. 지하공간의 개념	11
2. 서울시 지하공간 현황	13
3. 국내 지하공간 사고현황	26
제2절 국외 지하공간 재난발생 현황	33
1. 국외 지하공간 현황	33
2. 국외 지하공간 사고현황	36
제3절 국내·외 지하공간 법령 및 제도	38
1. 국내 지하공간 법령 및 제도	38
2. 국외 지하공간 법령 및 제도	45
제4절 국내·외 지하공간 안전체계	46
1. 국내 지하공간 안전체계	46

2. 국외 지하공간 안전체계	50
3. 국내 지하공간 안전체계의 문제점	52
제3장 지하공간 안전관리 요소분류	57
제1절 시설 및 구조	59
제2절 피난	62
제3절 인명구조·소화활동	65
제4절 성능기반의 화재 안전계획	67
제5절 운영·관리	69
제4장 지하공간 화재위험성 평가방안	75
제1절 평가항목	75
제2절 배점기준	76
1. 평가항목에 대한 배점	76
2. 평가항목별 점수 평가기준	76
제3절 평가방법	77
1. 평가항목별 소분류 취득점수(A1)	77
2. 중분류 평가점수(X1)	83
3. 대분류 평가점수(Y1)	84
4. 위험점수(D)	84
5. 종합점수(Z)	84
6. 계산 예	85

제5장 서울시 지하공간 재난관리 및 재난의료 개선방안	89
제1절 법령 및 제도개선 방안	89
1. 건축법관련	89
2. 안전관련	90
3. 소방관련	91
4. 피난관련	92
제2절 서울시 지하공간 재난관리 현황	93
1. 조직	94
2. 기능	95
제3절 서울시 지하공간 재난관리 개선방안	98
1. 재난현장 통합지휘체계 확립	98
2. 현장 응급구조체계 구축	100
3. 시설관리주체 통합 개선	102
제4절 서울시 지하공간 재난의료현황 및 개선방안	105
1. 재난의료 지원의 기본사항	105
2. 현장 응급구조를 위한 재난의료 지원사항	111
3. 재난의료훈련 개선방안	119
제6장 결론 및 정책제언	125
제1절 결론	125
1. 서울시 지하공간 현황	125
2. 서울시 지하공간 안전관리 분류	127
3. 지하공간 화재위험성 평가방안	128

제2절 정책제언	130
1. 지하공간 안전체계 구축을 위한 법령 및 제도개선 방안	130
2. 재난현장 통합지휘체계 확립	133
3. 현장 응급구조 체계 구축	134
4. 시설관리주체 통합개선	135
5. 현장 응급구조를 위한 효율적 대처방안 수립	136
참고문헌	141
부 록	147
영문요약	157

표 목 차

〈표 1-1〉 연구내용	6
〈표 2-1〉 지하공간의 개념 및 정의	12
〈표 2-2〉 지하공간의 목적과 대표적인 시설	12
〈표 2-3〉 서울시 지하공간 현황	13
〈표 2-4〉 서울시 지하철 운영현황	17
〈표 2-5〉 서울특별시 지하보도 설치현황	19
〈표 2-6〉 서울시 지하상가 현황	21
〈표 2-7〉 강남터미널 지하상가 시설개요	23
〈표 2-8〉 서울시 공공지하주차장 현황	25
〈표 2-9〉 지하철역사와 공동 개발된 지하주차장 현황	25
〈표 2-10〉 전국 지하공간 사고현황	27
〈표 2-11〉 서울시 지하공간 사고현황	30
〈표 2-12〉 프랑스 파리 A86 지하도로 현황	33
〈표 2-13〉 몬트리올 지하공간 개요	35
〈표 2-14〉 국외 지하공간 재난유형별 사고현황	37
〈표 2-15〉 행정안전부의 지하공간 안전관리 관련 법령	40
〈표 2-16〉 국토해양부의 지하공간 안전관리 관련 법령	41
〈표 2-17〉 노동부의 지하공간 안전관리 관련 법령	41
〈표 2-18〉 지식경제부의 지하공간 안전관리 관련 법령	42
〈표 2-19〉 환경부의 지하공간 안전관리 관련 법령	42
〈표 2-20〉 특정소방대상물에서 지하공간과 관련된 사항	43
〈표 2-21〉 지하공간에 설치하여야 할 소방시설	44
〈표 2-22〉 국내의 피난안전 관련 규정	44
〈표 2-23〉 일본의 피난안전 관련 규정	45

〈표 2-24〉 한국, 미국, 일본의 피난안전 관련 규정 비교	46
〈표 2-25〉 지하구조물의 구조적 방재 특성	47
〈표 2-26〉 코엑스물 방재계획 주요 사항	48
〈표 2-27〉 지하상가의 방재관리 운영	49
〈표 2-28〉 상가의 유형 및 안전대책 현황	49
〈표 2-29〉 지하공간의 화재위험요인 및 방재대책	50
〈표 2-30〉 사례오 방재계획 주요 사항	51
〈표 2-31〉 지하공간의 위험성과 현행 안전체계의 문제점	52
〈표 3-1〉 안전관리 대분류 및 고려요소	58
〈표 3-2〉 시설·구조 기능 및 분류	60
〈표 3-3〉 피난 기능 및 분류	63
〈표 3-4〉 인명구조·소화활동 기능 및 분류	65
〈표 3-5〉 성능기반의 화재 안전계획 기능 및 분류	68
〈표 3-6〉 운영·관리 기능 및 분류	70
〈표 4-1〉 화재위험성 평가항목의 구성	75
〈표 4-2〉 평가항목별 배점 및 취득점수 사례	76
〈표 4-3〉 시설 및 구조 배점	78
〈표 4-4〉 피난 배점	79
〈표 4-5〉 인명구조·소화활동 배점	80
〈표 4-6〉 성능기반의 화재안전계획 배점	81
〈표 4-7〉 운영·관리 배점	82
〈표 4-8〉 중분류 가중치	83
〈표 4-9〉 대분류 가중치	84
〈표 4-10〉 화재위험성 평가 계산 예시	85

〈표 5-1〉	지하공간의 안전관련 법령 개선방안	91
〈표 5-2〉	지하공간 피난안전 개선방안	93
〈표 5-3〉	재난예방·대비 조직의 기능	96
〈표 5-4〉	대응·복구조직의 기능	97
〈표 5-5〉	실무반별 임무	97
〈표 5-6〉	중증도 분류 및 피해자의 중증도	108
〈표 5-7〉	현장의료소의 업무	109
〈표 5-8〉	강남터미널 지하상가 수용의료기관 현황	112
〈표 5-9〉	잠실역 지하상가 수용의료기관 현황	113
〈표 5-10〉	코엑스 지하상가 수용의료기관 현황	115
〈표 5-11〉	재난훈련의 종류	119
〈표 5-12〉	재난훈련의 연계	120
〈표 6-1〉	서울시 지하공간 현황	125
〈표 6-2〉	안전관리 대분류 및 고려요소	128
〈표 6-3〉	화재위험성 평가항목의 구성	129
〈표 6-4〉	지하공간의 안전관련 법령 개선방안	131
〈표 6-5〉	지하공간 피난안전 개선방안	132

그림 목 차

〈그림 1-1〉 연구체계	6
〈그림 2-1〉 지하시설물별 종합심도분포	16
〈그림 2-2〉 서울시 지하철 현황도	17
〈그림 2-3〉 석촌 지하차도 단면도	18
〈그림 2-4〉 서울시 지하도로 현황	20
〈그림 2-5〉 새서울 지하상가	21
〈그림 2-6〉 인현 지하상가	21
〈그림 2-7〉 서울시 지하상가 현황	22
〈그림 2-8〉 잠실역 지하상가	24
〈그림 2-9〉 잠실역 지하상가	24
〈그림 2-10〉 서울시 지하주차장 현황	26
〈그림 2-11〉 국내 지하공간별 사고현황	28
〈그림 2-12〉 대구 상인동 지하철 공사장 폭발사고	28
〈그림 2-13〉 대구 중앙로역 화재	29
〈그림 2-14〉 대구 중앙로역 화재	29
〈그림 2-15〉 서울시 지하공간별 사고현황	31
〈그림 2-16〉 서울시 지하공간 사고현황	31
〈그림 2-17〉 홍지문터널 화재	32
〈그림 2-18〉 홍지문터널 화재	32
〈그림 2-19〉 종각역 가스 누출	32
〈그림 2-20〉 종각역 가스 누출	32
〈그림 2-21〉 파리 도시순환도로 및 A86 지하도로 위치	33
〈그림 2-22〉 오슬로 지하터널 및 주변 터널	34
〈그림 2-23〉 몬트리올 지하공간	35

〈그림 2-24〉 해외 지하공간별 사고현황	38
〈그림 2-25〉 지하공간 안전과 관련된 법령	39
〈그림 2-26〉 지하공간의 소방시설 및 종류	47
〈그림 2-27〉 코엑스몰 소화·방재시설	48
〈그림 2-28〉 지하공간 안전체계의 문제점	52
〈그림 3-1〉 안전관리 요소 (대)분류	57
〈그림 3-2〉 시설·구조 중분류항목	59
〈그림 3-3〉 시설·구조관련 소방시설 및 장비	62
〈그림 3-4〉 피난 중분류항목	62
〈그림 3-5〉 피난관련 소방시설 및 장비	64
〈그림 3-6〉 인명구조·소화활동 중분류항목	65
〈그림 3-7〉 성능기반의 화재 안전계획 중분류항목	67
〈그림 3-8〉 운영·관리 중분류항목	70
〈그림 4-1〉 지하공간 화재위험성 평가방법	77
〈그림 5-1〉 건축법 제도개선 방안	90
〈그림 5-2〉 소방시설의 제도개선 방안	92
〈그림 5-3〉 지하공간 피난안전 개선방안	93
〈그림 5-4〉 지하공간 재난예방·대비조직	94
〈그림 5-5〉 지하공간 재난대응·복구조직(안)	95
〈그림 5-6〉 재난현장 통합지휘체계	99
〈그림 5-7〉 긴급구조통제단의 가동시기	99
〈그림 5-8〉 재난관리체계의 개선사항	100
〈그림 5-9〉 종합상황실 업무 및 기능	101
〈그림 5-10〉 현장 응급구조체계 구축	102

〈그림 5-11〉 재해현장의 모식도	102
〈그림 5-12〉 지하공간의 유형분류	103
〈그림 5-13〉 잠실역 지하상가의 유형	104
〈그림 5-14〉 코엑스 지하상가의 유형	104
〈그림 5-15〉 강남역 지하상가의 유형	105
〈그림 5-16〉 의료기관 이송문제 모식도	106
〈그림 5-17〉 2003년 대구지하철 화재 시의 지리효과 예	106
〈그림 5-18〉 이중파현상	107
〈그림 5-19〉 현장의료소 기본조직체계도	108
〈그림 5-20〉 재해현장과 현장지휘소	109
〈그림 5-21〉 피해자의 처리 흐름도	110
〈그림 5-22〉 현장의료소 조직체계도	110
〈그림 5-23〉 강남터미널 지하상가 수용의료기관	111
〈그림 5-24〉 잠실역 지하상가 수용의료기관	113
〈그림 5-25〉 코엑스 지하상가 수용의료기관	114
〈그림 5-26〉 응급의료기관 이송의 적절성	116
〈그림 5-27〉 환자수송계획	116
〈그림 5-28〉 지하공간 재난 대처방안	117
〈그림 5-29〉 서울시 지하공간 사고발생 시 대처	118
〈그림 5-30〉 이송문제의 해결방안	118
〈그림 5-31〉 재난의료훈련의 개선방안	120
〈그림 6-1〉 서울시 지하도로 현황	126
〈그림 6-2〉 서울시 지하상가 현황	126
〈그림 6-3〉 서울시 지하공간별 사고현황	126

〈그림 6-4〉	서울시 지하공간 사고현황	127
〈그림 6-5〉	안전관리 요소 (대)분류	128
〈그림 6-6〉	지하공간 화재위험성 평가방법	129
〈그림 6-7〉	건축법 제도개선 방안	130
〈그림 6-8〉	소방시설의 제도적 개선방안	132
〈그림 6-9〉	긴급구조통제단의 가동시기	133
〈그림 6-10〉	재난관리체계의 개선사항	134
〈그림 6-11〉	현장 응급구조체계 구축	134
〈그림 6-12〉	재해현장과 현장지휘소	135
〈그림 6-13〉	지하공간의 유형분류	136
〈그림 6-14〉	지하공간 재해 대처방안	137
〈그림 6-15〉	서울시 지하공간 사고발생 시 대처	137
〈그림 6-16〉	이송문제의 해결방안	138

제1장 서론

제1절 연구배경 및 목적

제2절 연구범위 및 내용

제3절 연구체계 및 연구방법

제 1 장

서 론

제1절 연구배경 및 목적

1. 연구배경

우리나라는 1967년 원유, 가스 등의 지하비축시설 설치를 시작으로 70년부터 서울지하철 1호선에서 지하철 9호선까지 건설되면서 지하상가, 지하 환승역, 기존건물과의 연결도로, 지하차도 등 다각적인 지하공간이 조성되고 있다. 이에 따라 대규모 지하공간에서의 재난 발생으로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하고자 많은 노력과 연구가 진행 중이다. 국내 지하공간 사고현황(1993년~2009년)을 보면 전체 21건 중 화재로 인한 사고가 17건으로 가장 많고 이어 화재, 붕괴, 가스(폭발), 침수 순으로 나타났다. 화재발생 시 지하공간별 사고 현황을 분석하면 지하도로, 지하상가, 지하철, 주차장 순으로 많이 나타났다. 서울시 지하공간 사고현황(1993년~2009년)을 보면 전체 18건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 가장 많고 이어 침수 7건, 가스(폭발) 1건으로 나타났다. 특히 최근 10년의 사고현황을 살펴보면 전체 17건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 전체 사고발생의 약 59%를 나타냈다. 화재발생 시 지하공간별 사고 현황을 분석하면 지하상가, 지하철, 지하도로 순으로 많아 서울시에서는 지하상가가 화재에 취약한 것으로 나타났다.

지하공간에서의 화재발생은 전체공간이 화염과 연기로 가득하게 되고 피난 행동 및 소방 활동을 매우 저하시켜 큰 인적, 물적 피해를 초래할 수 있다. 따라서 서울시 지하공간의 재난관리 개선을 통한 지하공간 안전체계 구축에 대한 연구가 활발하며 지속적인 관심이 필요하다.

2. 연구목적

이 연구는 제2의 생존공간으로 부각되고 있는 지하공간에서의 재난발생 현황 분석을 통해 서울시 지하공간(지하상가 중심)에서 화재발생 시 재난관리 개선방안을 제시하고, 안전관리 요소(목적기능, 기본기능, 2차 및 3차 기능)를 분류한 후 화재위험성 평가방안을 제시하였다.

마지막으로 지하공간 재난관리 및 재난의료 개선방안을 통한 서울시 안전체계 구축방안을 제시하였다.

제2절 연구범위 및 내용

1. 연구범위

이 연구의 공간적 범위는 서울시 지하공간이며 지하상가를 중심으로 기술되었고, 시간적 범위는 1993년부터 현재까지이며 지하공간 사고발생 현황 자료를 이용하였다.

서울시 지하공간의 안전체계 구축방안을 제시하기 위하여 서울시 지하공간 안전관리 요소를 분류하였으며, 분류된 안전관리 요소를 활용하여 화재위험성 평가방안을 작성하였다. 또한 지하공간 재난관리 개선을 위하여 법령 및 제도 개선방안을 기술하였고, 재난현장 통합지휘체계 확립, 현장 응급구조체계 구

축, 시설관리주체 통합 개선방안을 제시하였다. 마지막으로, 지하공간 재난의
료 개선을 위하여 현장 응급구조에 필요한 지원사항 및 훈련 개선방안을 도출
하였다.

2. 연구내용

이 연구의 주요 내용은 크게 ① 국내·외 지하공간 현황 및 문제점 ② 지하
공간 안전관리 요소분류 ③ 지하공간 화재위험성 평가방안 ④ 서울시 지하공
간 재난관리 및 재난의료 개선방안의 4가지로 구성되어 있다.

국내·외 지하공간 현황 및 문제점에서는 국내·외 지하공간 현황 및 사례,
지하공간 법령 및 제도, 지하공간 안전체계 및 문제점을 파악하였다.

지하공간 안전관리 요소분류에서는 ① 시설 및 구조 ② 피난 ③ 인명구조·
소화활동 ④ 성능기반의 화재 안전계획 ⑤ 운영·관리의 5가지 요소를 살펴
보았다. 지하공간 화재위험성 평가 방안에서는 분류된 5가지 안전관리 요소를
활용하여 최종 평가안을 제시하였다.

서울시 재난 및 재난의료 개선방안에서는 ① 법령 및 제도개선 방안 ② 서
울시 지하공간 재난관리 현황 ③ 서울시 지하공간 재난관리 개선방안 ④ 서울
시 지하공간 재난의료 현황 및 개선방안을 기술하였다.

〈표 1-1〉 연구내용

연구내용(목표)	주요 산출물	세부내용
개념 및 외부 환경 분석	지하공간의 개념	- 지하공간의 개념 및 정의 - 지하공간의 개발목적 및 대표적인 시설
	국내·외 지하공간 사고 현황	- 국내 지하공간 사고현황 - 서울시 지하공간 사고현황 - 국외 지하공간 사고현황 - 재난종류별, 공간별 사고발생 현황
안전관리 요소분류	지하공간 위험유형 분류	- 안전관리 대분류(5), 중분류(22), 소분류(94) - 목적기능, 기본기능, 2차기능, 3차기능으로 세분화
화재위험성 평가방안	화재위험성 평가	- 지하공간 화재위험성 평가항목 및 배점기준 - 화재위험성 평가방안 제시
재난관리 및 재난의료 개선사항	재난관리 현황	서울시 지하공간 재난관리 조직 및 기능
	시사점	- 재난현장 통합 지휘체계 확립 - 현장 응급구조 체계 구축 - 시설관리주체 통합개선
	재난의료 개선방안	- 인접의료기관 확인 및 환자수송 계획 - 현장 응급구조를 위한 지원사항 - 재난의료훈련 개선방안
결론 및 전략	결론 및 추진내용	서울시 지하공간 안전체계 구축방안 제안

제3절 연구체계 및 연구방법

1. 연구체계



〈그림 1-1〉 연구체계

2. 연구방법

이 연구를 위해서 문헌조사와 함께 국내·외 현황 및 개발사례, 국내·외 법령 및 제도와 지하공간 안전체계, 서울시 지하공간 재난관리 현황 분석 등을 통해 지하공간 개발에 따른 안전체계 구축에 관한 주요 이슈들을 살펴보았다.

먼저 문헌조사를 통해서 지하공간의 개념을 정리하였고, 서울시 및 국외 지하공간 현황, 국내·외 지하공간 사고현황 등을 파악하였다.

국내외 법령 및 제도에서는 국내 부처별 안전관리 법령을 안전, 소방, 피난 관련 법령으로 분류하고 국외 피난관련 규정과 비교하였다. 서울시 지하공간 재난관리에서는 지하공간 재난관리 조직 및 기능을 검토하였으며, 시사점 및 개선사항을 서술하였다. 서울시 지하공간 재난관리 개선방안으로는 첫째, 재난현장 통합지휘체계 확립 둘째, 현장 응급구조체계 구축 셋째, 시설관리주체 통합 및 개선을 제안하였다.

또한 서울시 지하공간 안전체계를 구축하기 위하여 지하공간 안전관리 요소를 분류하고, 전문가 설문조사를 통하여 평가항목에 대한 점수를 계산한 후 화재위험성 평가방안을 제시하였다. 그리고 지하공간에서의 재난의료 지원의 기본사항, 현장 응급구조를 위한 재난의료 지원 사항, 재난의료훈련 개선방안을 통한 서울시 지하공간 재난의료 개선방안을 검토하였다.

끝으로 안전관리 대분류 및 소분류에서는 요소별 현장사진을 부록으로 수록하였다.

제2장 국내 · 외 지하공간 현황 및 문제점

- 제1절 국내 지하공간 재난발생 현황
- 제2절 국외 지하공간 재난발생 현황
- 제3절 국내 · 외 지하공간 법령 및 제도
- 제4절 국내 · 외 지하공간 안전체계

제 2 장

국내·외 지하공간 현황 및 문제점

제1절 국내 지하공간 재난발생 현황

1. 지하공간의 개념

지하공간이란 ‘지표면 아래 수직 또는 수평으로 흙이나 암석을 굴착하여 만든 공간’으로 정의되며 지상이 아닌 지하에 있는 공간을 의미한다. 국내의 경우 지하공간 자체에 관한 법적 정의는 없으나 건축법 제2조 제4호에서 ‘지하 층이라 함은 건축물의 바닥이 지표면 아래에 있는 층으로서 건축물의 용도에 따라 그 바닥으로부터 지표면까지의 높이가 대통령령이 정하는 기준(시행령 제3조의2)’ 즉 건축물의 바닥이 지표면 아래에 있는 층으로서 그 바닥으로부터 지표면까지의 높이가 당해 층높이의 2분의 1 이상인 것을 말한다.

미국지하공간협회 AUA(American Under-ground Space Association)에 의하면 지하공간을 ‘경제적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 수직 또는 수평, 자연적으로 형성되거나 인위적으로 흙·암석을 굴착하여 조성한 일정규모의 공간자원’으로 규정하고 있다.

〈표 2-1〉 지하공간의 개념 및 정의

구분	개념 및 정의
지하공간	• 지표면 아래 수직 또는 수평으로 흙이나 암석을 굴착하여 만든 공간 • 각 필지의 토지에서 지표면을 경계로 하여 그 아래 부분 • 건축물 바닥이 지표면 아래에 있는 층으로서 그 바닥으로부터 지표면까지의 높이가 당해 층높이의 2분의 1 이상인 것 • 경제적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 수직 또는 수평, 자연적으로 형성되거나 인위적으로 흙·암석을 굴착하여 조성한 일정규모의 공간자원

참고 : 국토해양부(2008), 지적법, 건축법, 미국지하공간협회(AUA)

1970년 이후 각종 산업 및 문화시설, 위락시설 등의 지하시설이 갖는 경제성이 사회적으로 부각된 것 이외에도 에너지 절약 및 토지이용 효율의 극대화, 시가환경 및 자연보호의 측면에서 지하공간은 제2의 생존공간으로 부각되고 있다.

〈표 2-2〉 지하공간의 목적과 대표적인 시설

	목적	대표적인 시설
도시문제 해결	도시기능의 정비	초고압송전소, 공동구, 열공급시설, 지하철도
	토지의 고도 이용	지하변전소, 하수처리시설, 지하정수장, 지하도로, 지하주차장
	편리성, 쾌적성의 확보	지하보도, 지하상가, 레저시설
지상개발 억제	지하특성의 적극적인 활용	지하스튜디오, 지하공장, 식료저장고, 연구·실험시설, 문화시설, 정보·통신시설
	환경 및 경관 보존	지하발전시설, 석유류비축시설, 방재·치수관련시설, 도시공공환경시설
	역사적인 장소 보존	문화재보호시설
	안보 및 군사	공공대피시설

참고 : 지하공간 활용 및 관리개선 연구(국토해양부, 2008)

지하공간은 열, 전자파, 빛, 방사능, 소리 등의 차단성, 격리성, 내기후, 방폭성과 같은 대외 안전성, 지반자체의 안정·불변성을 지니고 있으며 지표와 다른 위치 입지로 별도의 이용공간으로 활용이 가능하고, 지상의 고밀도 개발과는 달리 저밀도·미개발상태이며 경제적가치도 낮아 지가가 높은 지구에서 비교적 저렴하게 이용할 수 있다(서울시, 2006).

지하공간이 무계획적으로 개발될 경우 지하의 미로, 단절, 원거리화, 자연환경 악영향, 새로운 도입시설 설치난, 지하시설의 집중에 따른 위험성이 증대되는 문제점이 발생할 수 있다. 이에 따라 지하시설 상호 간의 이해 조정을 위해서는 지하공간의 계획적·체계적 개발이 필요하다.

2. 서울시 지하공간 현황

1967년 원유·가스 등의 지하비축시설 설치를 시작으로 70년부터 서울지하철 1호선에서 지하철 9호선까지 건설되면서 지하상가, 지하 환승역, 기존건물과의 연결통로, 지하차도 등 다각적인 지하공간이 조성되고 있다.

현재까지 국내의 지하공간 개발은 지하공공보도시설, 지하공공주차장과 같은 건축부문과 지하철, 기반시설(공동구, 상하수도, 비축기지, 발전소 등)과 같은 토목부문에서 수행되고 있다.

〈표 2-3〉 서울시 지하공간 현황

구분	시설	종류
사회 기반 시설	교통시설	지하주차장, 도시지하철, 철도, 차고, 버스정류장, 지하입체교차로, 화물보관소
	공급시설	전선지중화, 지중가스도관, 공동구, 상·하수도, 열수, 전화선, 건설기자재 공급
	환경시설	폐기물 처리시설, 상·하수도처리장, 도수관, 배수관, 하수배관, 유해가스처리관
생활 시설	주거시설	가정용 피난처, 지하실(식품저장용), 사무실, 강의실 및 회합실
	문화·복지시설	스포츠센터, 수영장, 교회, 도서관, 음악당, 박물관, 지하가(지하상가), 학교, 공원, 도서관
사업 시설	정보통신시설	전선의 지중화, 동로, 관로, CATV
	산업시설	양조장, 오피스빌딩, 냉동창고, 농작물재배시설, 채석장
	연구시설	실험·연구시설

참고 : 위급상황 발생 시 지하근무 공간의 안정성평가 및 개선안(박세현, 2008)

도시교통난 가중으로 모든 광역시에서 지하철 및 지하상가가 건설되고 있으며 인접 건축물의 지하층과 지하철 역사를 연계하는 지하도시공간 개발이

활발히 추진되고 있다. 또한 단순한 통행의 기능이 아니라 스포츠, 레저시설, 공연시설 등 다중이 이용하는 생활공간 개발에 중점을 두고 이용규모가 점차 대형화되어, 지하공간의 기능도 복잡화되고 있다.

1) 교통상업관련시설 현황 분석

(1) 지하보 · 차도 및 지하상가

지하보도 및 상가는 협소한 보도위에無理하게 출입구를 개설함으로써 지상 및 지하보행의 혼잡을 초래하고 있기 때문에 출입구의 위치와 주변 토지이용에 대한 구체적인 계획이 필요하다. 지하보도는 주변지역 및 건물 간의 연결공간이 없고 단순한 통로 기능만을 담당하고 있으며 서로 연결되지 않아 보행흐름이 단절되고 있다.

지하보도 · 지하차도 · 지하상가의 개발은 1960년 말에 시작하여 1960년대에 대부분 건설되었다. 지하보도는 1966년(광화문 지하보도), 지하차도는 1971년(중앙지하차도), 지하상가는 1967년(새서울 지하상가)에 건설되었다. 지하보 · 차도의 형태는 지형조건, 주위여건, 도로상황에 따라 다르며 일반적으로 지하보도 심도는 0.7m~7.9m, 지하차도 심도는 1.5m~5.0m, 지하상가 심도는 0.7m~11.7m 이내의 범위이다.

(2) 지하철 및 주차장

1기 지하철은 네트워크 완성 및 체계적인 광역교통망의 초석이 되었고, 2기 지하철은 2,3,4호선 연장과 5~8호선 신설을 포함하여 현재 지하철 9호선까지 개통되었다. 그러나 지하철 역사와 환승주차장 체계가 정립되지 않고 지하철 단선위주의 건설로 타 교통수단과의 연계가 미미한 실정이며, 공공주차장의 개별적인 입지로 인해 주변 지하도 및 건물과의 연계가 미흡하므로 향후 지하보 · 차도, 상가, 주변건물 간의 종합적 개발을 통한 원활한 동선체계의 구축이 필요하다.

또한 도심으로의 차량유입을 억제하기 위하여 지하철 역사건설 시 지하층의 일부를 지하주차장으로 개발하는 방안을 적극적으로 수용해야 한다.

2) 생활기반시설 현황 분석

서울시의 공급처리시설의 보급률은 100%에 달하나 시설물의 노후화와 지중화 추세로 도시 내 가공선 설치보다 지중설치로 전환되고 있으나 이러한 시설물 지중화계획에 따른 도로굴착 등은 주민과의 사회적 갈등을 야기하고 있다. 또한 집약적이며 종합적인 운영 관리체계로의 전환을 통하여 지하개발에 있어 난개발을 방지하도록 하여야 한다.

(1) 상·하수도 현황 분석

급수시설 확충으로 급수 보급률은 100%에 이르렀으나 시설물의 노후화로 인한 누수율이 큰 관계로 효율적인 수자원 관리가 필요한 실정이다. 또한 도시의 확장으로 하수관거를 증설함에 따라 유출계수 등이 증대되었으며 이로 인하여 계획우수유출량이 늘어나 기존 하수관거의 용량이 부족한 상태이며 관거의 노후화 및 접합부의 불량으로 다량의 지하수가 유입되는 실정이다.

(2) 전력, 통신 및 가스 현황 분석

1990년대에 지상가공선로에서 지중관로로 전환되고, 2000년대에는 각종 전력구가 지하터널로 심도 30~50m에 건설됨에 따라 지하공간의 난개발이 우려되므로 체계적인 관로계획이 수립되어야 한다.

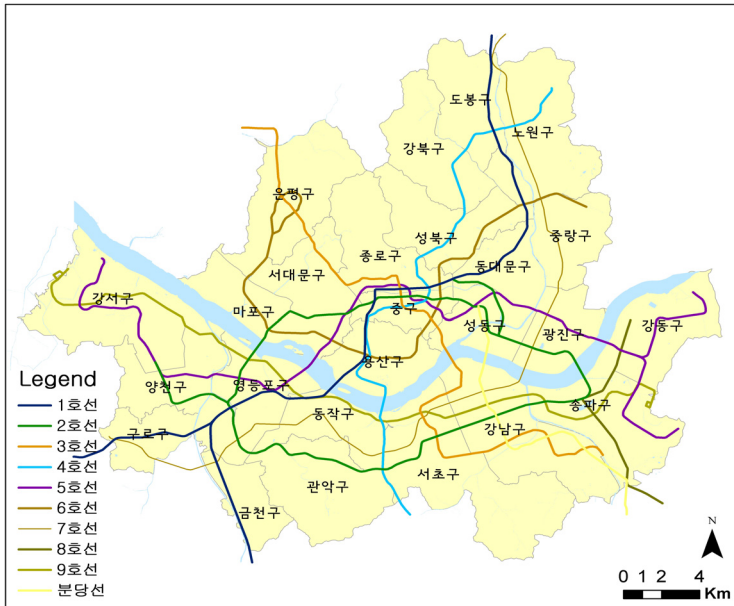
통신수요를 담당하기 위한 통신구 수요가 증가할 것으로 예상되므로 지하공간의 효율적인 활용을 유도해야 하며, 도시가스는 공해 없는 에너지이지만 안전·수요 등을 고려한 공동구의 종합적인 관리운영체계를 도모해야 한다.

〈표 2-4〉 서울시 지하철 운영현황

구분	구간	영업거리(km)	역수(개)	착공 및 개통일
1호선	서울 ~ 청량리	7.8	9	'71.4.8 ~ '74.8.15
2호선	시청 ~ 시청	60.2	49	'78.3.9 ~ '96.3.20
3호선	지축 ~ 수서	53.2	31	'80.2.29 ~ '93.10.30
4호선	당고개 ~ 남태령	31.7	26	'80.2.29 ~ '94.4.1
5호선	방화 ~ 상일동·마천	52.3	51	'90.6.27 ~ '96.12.
6호선	응암 ~ 봉화산	35.1	38	'94.1.8 ~ '01.3.9
7호선	장암 ~ 온수	46.9	42	'90.12.28 ~ '00.8.1
8호선	암사 ~ 모란	17.7	17	'90.12.2 ~ '99.7.2
9호선	개화 ~ 신논현	27	25	'02.4.5 ~ '09.7.24

참고 : 지하철 수송계획(서울지하철공사, 2009)

서울메트로는 4개 노선(1호선~4호선) 총 115개 역의 운영 및 관리를 담당하고 있으며 총 영업거리는 134.9km이다. 4개 노선의 일 평균 수송인원은 약 2,931천명이며 2호선이 가장 많은 인원을 수송하고 있다.



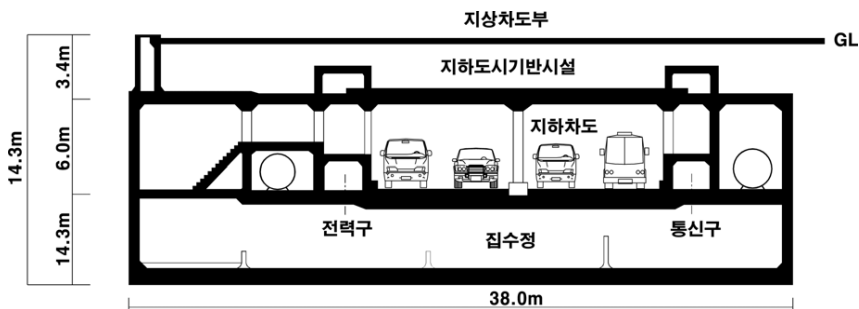
〈그림 2-2〉 서울시 지하철 현황도

(2) 지하도로(보도 및 차도)

2005년 8월 현재 서울시 지하보도, 차도는 각각 85개소, 109개소로 총연장 5.0km, 33.5km에 이르고 있다. 지하보도는 심도 0.7~7.9m, 폭원은 2.0~20.1m 범위 내이고, 4m 미만의 협소한 곳(남산3호 터널입구 2.0m, 잠수교북단 3.0m)도 건설되어 있는 실정이며 연장은 10m에서 280m까지 다양하게 나타나고 있으나 대부분 20~50m가 일반적이며 청담(공원) 지하보도가 280m(폭11.4m)로 가장 긴 것으로 조사되었다. 지하보도는 1966년에 폭 12.8m, 연장 164.2m의 광화문 지하보도를 시작으로 가장 최근인 2001년에 폭 11.4m, 연장 279.7m의 청담(공원) 지하보도를 건설하였으며, 구청별로 관리 운영하고 있다.

지하차도는 대부분 심도 3.0m 이내이며 일반적으로 폭원은 대부분 10~20m로 15m 내외가 가장 많은 비율을 차지하고, 가장 넓은 폭원은 46.2m이며 연장은 60~150m가 대부분이다.

지하차도는 도로관리사업소 또는 구청에서 관리 운영하고 있으며 도로관리의 합리화와 양호한 도시경관의 확보 관점에서 도로 폭의 표준화, 높이 산정을 위해 차도의 시설한계를 준용하고 있다.

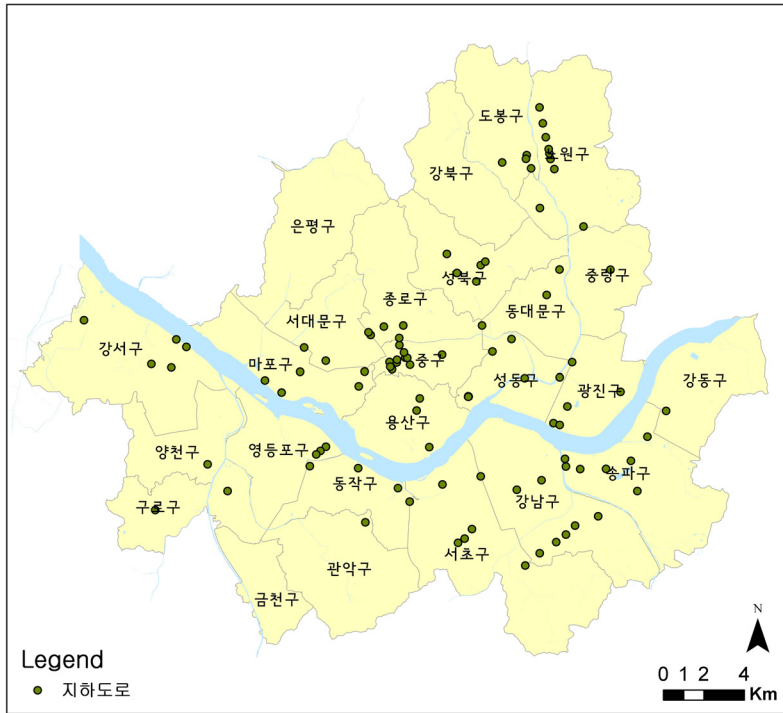


〈그림 2-3〉 석촌 지하차도 단면도(서울특별시, 2006)

〈표 2-5〉 서울특별시 지하보도 설치현황

지하보도명	폭(m)	높이(m)	면적(m ²)	평균심도(m)	최저심도(m)
선릉, 양재1,2,3,4,5, 역삼, 청담(공원), 청담(영동대교)	4.0 ~ 11.9	2.6 ~ 3.5	9,355.3	5.1	10.7
천호	6.4	3.0	102.0	7.4	10.4
개화농로, 발산역	3.0 ~ 5.4	3.0 ~ 3.5	355.5	4.2	9.9
관악로	7.4	3.0	249.3	5.4	8.4
광장중학교, 군자1,2	4.5 ~ 5.0	3.0	1,395.0	4.5	9.9
노원, 노일, 당현, 동일로, 용화, 인덕	6.0 ~ 8.4	2.8 ~ 3.5	1,424.8	5.6	10.9
휘경	6.0	2.7	117.6	4.8	7.5
갯마을, 본동, 대방역 앞, 국립묘지 앞	5.0 ~ 8.0	2.3 ~ 3.5	844.1	4.1	8.7
서교, 서부지원 앞, 아현초교 앞, 연남	3.0 ~ 6.0	2.7 ~ 3.2	699.9	3.4	7.4
교남, 독립문, 성산 연대앞	6.0 ~ 7.1	2.3 ~ 2.9	954.6	3.7	8.2
고속터미널 연결, 노현, 반포, 양재, 예술의 전당 제1, 제2	3.4 ~ 7.2	2.5 ~ 3.3	1,724.4	3.8	9.8
마장철도 횡단, 무학APT 진입, 살곶이교, 송정, 옥수	3.0 ~ 9.0	2.3 ~ 3.5	772.01	3.4	9.3
고대 앞, 길음시장 앞, 길음역 앞, 정릉길	4.0 ~ 8.0	2.5 ~ 4.0	773.8	4.8	9.8
송파구청 앞, 송파, 신천, 아시아공원 앞, 탄천변1,2, 풍납	5.5 ~ 15.0	2.7 ~ 4.5	4,545.8	4.6	10.7
신정기지	3.4	2.8	99.6	1.8	4.6
여의초교, 원효교, KBS별관앞	4.8 ~ 16.0	2.7 ~ 3.0	788.7	4.4	8.8
남산3호터널 입구, 이태원, 잠수교북단	2.0 ~ 5.3	2.3 ~ 2.5	324.0	3.2	6.3
광화문, 남5가, 남대문, 남산입구, 덕수궁, 서울역 앞, 서울역우체국 앞, 신당5동, 염천, 중앙우체국 앞, 충무초교 앞, 한국은행 앞, 회현	4.2 ~ 9.9	2.3 ~ 3.5	5,804.5	4.2	9.0
쌍봉철도 횡단, 쌍굴다리	2.0 ~ 2.5	2.2 ~ 2.4	302.6	1.1	3.5
종합운동장 앞	20.1	3.0	1,278.4	2.2	5.2
85개소	2.0 ~ 16.0	2.0 ~ 4.5	35,046.2	4.3	10.7

참고 : 지하시설물 통합정보시스템 UUIS(서울특별시, 2005)



〈그림 2-4〉 서울시 지하철로 현황

4) 지하상가

국내에서 지하상가는 1967년 12월 총면적 1,085㎡의 서울시청 앞 새서울 지하상가가 개장됨으로써 첫 선을 보였고 1970년 인현지하상가, 1971년 신당지하상가, 새인천 지하상가 등이 잇달아 개설되었다. 특히 1974년 지하철의 개통을 기점으로 본격적으로 개발되기 시작되어 지하보도와 병행 건설되고 있고 대부분 시설관리공단에서 관리·운영하고 있으며 일부는 민간에 위탁하여 관리·운영하고 있다.



〈그림 2-5〉 새서울 지하상가



〈그림 2-6〉 인천 지하상가

(1) 서울시 지하상가 현황

서울시설관리공단에서 관리하고 있는 서울시 지하상가는 총 30개소(중부권역 11개소, 영등포권역 3개소, 강남권역 5개소, 종로권역 11개소)이며 전체 점포수는 2,775개이고 평균 점포수는 93개이다.

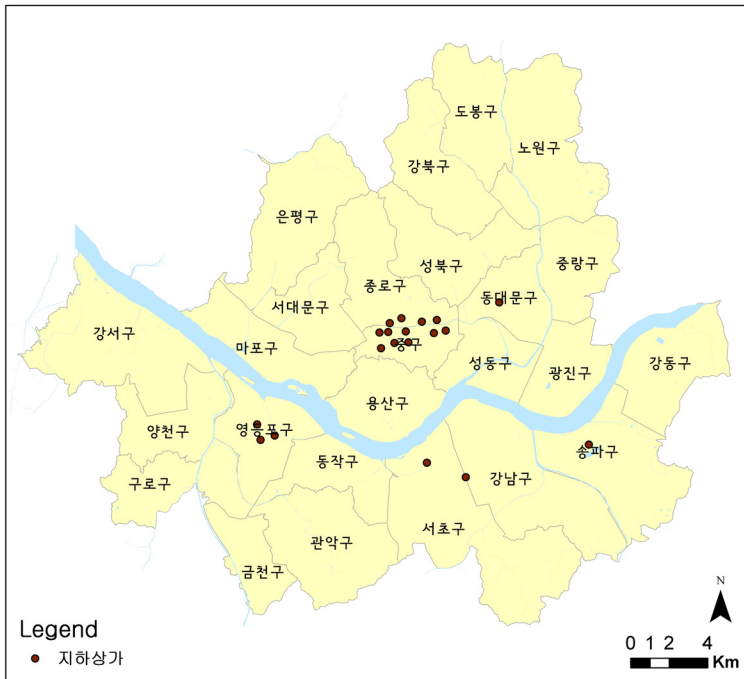
서울에서 지하보행시설이 가장 많이 있는 도심 지하상가가 입지한 종로, 을지로 등에는 간선도로와 각 지하철 노선이 집중되어 있으며, 종로와 청계천 및 남대문, 동대문 등을 중심으로 보행통행량도 많게 나타난다.

〈표 2-6〉 서울시 지하상가 현황

지하상가명	준공	폭 (m)	높이 (m)	연장 (m)	면적 (㎡)	심도 (m)	최저심도 (m)
종로5가	1980.06	25.0	3.0	141.0	4,158.0	2.5	5.5
동대문2차	1985.11	48.6	3.5	26.0	1,144.0	2.4	5.9
동대문1차	1978.02	54.0	3.5	40.0	2,529.0	2.4	5.9
종로4가	1977.12	15.0	3.5	150.0	2,996.0	2.8	6.3
종로2가	1979.12	25.0	3.9	133.0	4,712.0	1.2	5.1
종로5가(한일)	1977.09	15.0	3.5	35.0	1,210.0	2.9	6.4
을지로6가	1975.06	22.1	2.9	43.0	664.0	3.4	6.3
방산	1977.06	35.0	3.4	50.0	1,933.1	3.3	6.7
신당	1971.09	11.5	3.6	397.0	5,057.7	0.7	4.3
청계천6가	1975.06	12.5	3.0	79.0	823.0	3.8	6.8
새서울	1967.12	9.0	3.2	480.0	1,613.0	4.5	7.7
을지로입구	1977.09	20.2	3.3	87.0	2,271.0	3.0	6.3

지하상가명	준공	폭 (m)	높이 (m)	연장 (m)	면적 (㎡)	심도 (m)	최저심도 (m)
소공	1978.12	18.0	3.9	346.0	6,799.0	3.5	7.4
인현	1970.09	42.0	2.3	67.0	1,878.0	2.9	5.2
명동입구	1978.12	28.0	3.8	106.0	3,838.5	3.6	7.4
회현	1978.07	35.0	3.3	153.0	9,031.0	5.0	8.3
남대문	1977.12	24.0	3.5	134.0	3,831.4	3.7	7.2
충무	1977.08	23.0	3.9	72.0	2,215.0	2.8	6.7
을지로	1983.09	15.1	3.9	1649.0	23,564.0	4.3	8.2

참고 : 지하시설물 통합정보시스템 UIIS(서울특별시, 2005)



〈그림 2-7〉 서울시 지하상가 현황

(2) 서울시 지하상가 사례

서울시 지하상가 개발사례로 지하철과 연계되고, 유동인구 및 활동이 많은 강남터미널, 잠실역의 지하상가를 살펴보았다. 각 지하상가의 유동인구는 20

만명(서울시설관리공단, 2010)이며 백화점 및 주변시설과 연계되어 대규모 지하공간을 이루고 있다.

○강남터미널 지하상가

이 지하상가의 1구역과 2구역은 1979년에, 3구역은 1980년에 준공되었으며 서울시 서초구 반포동 364-1번지 도로 지하에 위치해 있다. 전체면적은 1구역 7,696㎡, 2구역 12,474㎡, 3구역 11,111㎡이고, 상가면적은 1구역 2,704㎡, 2구역 5,002㎡, 3구역 4,160㎡이며 상가 1개당 전체면적은 50.5㎡이다.

〈표 2-7〉 강남터미널 지하상가 시설개요

내용	강남터미널역 지하도상가			
	1구역	2구역	3구역	계
준공연도	1979년	1979년	1980년	-
위치	서울시 강남구 역삼동 82101번지(도로지하)			
전체면적(㎡)	7,696㎡	12,473㎡	11,111㎡	31,280㎡
상가면적(㎡)	2,704㎡	5,002㎡	4,160㎡	11,866㎡
상가 1개당 전체면적(㎡)	50.5㎡	50.5㎡	50.5㎡	-
상가 평균면적(㎡)	20.4㎡	20.4㎡	20.4㎡	-
출입구(개)	6개	4개	6개	16개
상가 수(개소)	140개소	274개소	206개소	620개소

이 지하상가 가운데 기둥을 중심으로 양 옆으로 7m의 총 14m의 넓은 통로가 전체적으로 연결되어 있으며 통로와 지하철역, 고속터미널이 긴밀히 연관되어 있어 무리 없이 접근이 가능하다. 또한 병렬 통로형이라 할 수 있어 전기실, 관리실, 기계실이 우측 아랫부분과 단부에 설치되어 있어 상가전체를 서비스한다.

◦ 잠실역 지하상가

이 지하상가는 1981년에 준공되어 2007년에 전면 재보수를 하였으며 서울시 송파구 잠실5동 27번지 도로 지하에 위치해 있다. 전체면적 8,446㎡ 중에서 상가면적은 2,886㎡이고, 상가 1개당 전체면적은 60.8㎡이며 상가 평균 면적은 20.8㎡이다.

이 지하상가는 서울시 지하철 2호선과 8호선이 만나는 지하철역과 송파구청, 롯데백화점, 롯데월드 등과 인접해 있으며 롯데백화점 및 롯데월드가 직접적으로 연결된다.

또한 통로와 지하철역이 연결되어 있고, 롯데백화점과 롯데월드가 연계되어 있으며 잠실 재건축 아파트가 주변에 있어 주민들의 보행환경 및 쇼핑공간을 제공하는 구조로 되어 있다.



〈그림 2-8〉 잠실역 지하상가



〈그림 2-9〉 잠실역 지하상가

5) 지하주차장

(1) 공공지하주차장

현재 서울시 공공지하주차장은 모두 12개소로 총 9,929대의 주차 수용능력을 갖고 있으며, 이중 종묘광장 지하주차장이 1,418대로 가장 큰 규모를 보이고 있다.

공공지하주차장은 건설당시 도심지역 내 주차장 부지확보를 위해 공원이나

공공시설의 지하공간을 이용하여 설치하였으며 현재 공동 운영 중인 것이 특징이다.

〈표 2-8〉 서울시 공공지하주차장 현황

주차장명	위치	건설규모
종묘광장	종로구 훈정동 100	지하5층, 1,418대
세종로미관광장	종로구 세종로 80-1	지하5층, 1,140대
목정공원	중구 충무로5가 21	지하4층, 540대
동대문운동장 옆	중구 신당동 251-7	지하8층, 1,206대
서소문공원	중구 의주로 2가 16	지하4층, 1,316대
구 영남국교	영등포구 영등포동4가 123	지하3층, 지상5층, 805대
당산공원	영등포구 당산3가 385	지하1층, 293대
구파발역	은평구 진관내동 523-14	지하1층, 지상3층, 378대
양재(노외)	서초구 서초동 257-1일대	지하4층, 741대
방산공원	중구 을지로 5가 40-3일대	지하5층, 1,404대
군자 소공원	성동구 군자동 331	지하8층, 지상1층, 208대
양재공원	서초구 양재동 261-22 일대	지하4층, 516대

참고 : 지하공간 종합 기본계획 수립(서울특별시, 2006)

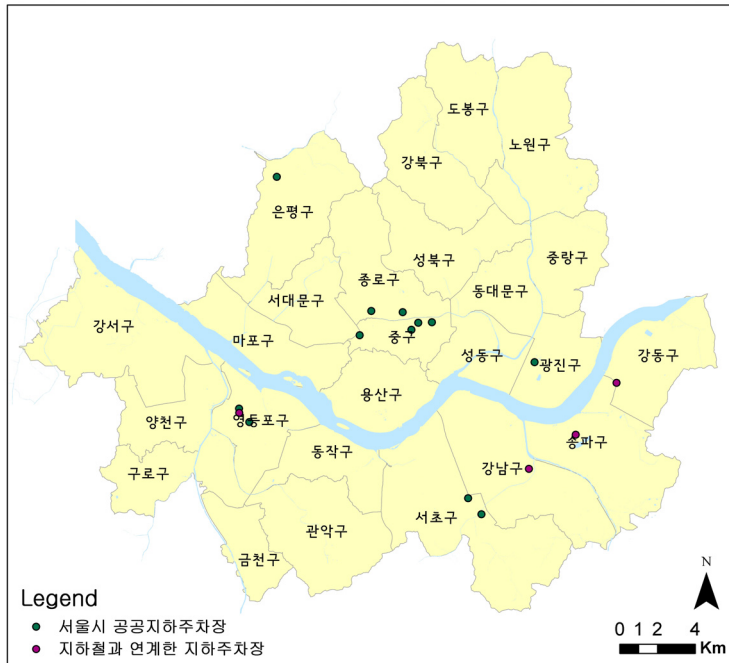
(2) 지하철과 연계한 지하주차장

지하철노선 중 도심 진입차량을 억제하기 위한 환승역 지하주차장이 지하철 역사와 공동으로 건설되었으며 현재 영등포구청역 지하주차장이 34m로 가장 깊은 것으로 나타났다.

〈표 2-9〉 지하철역사와 공동 개발된 지하주차장 현황

주차장명	위치	건설규모
8호선 잠실역	송파구 잠실5동 27	지하 1~2층, 357대
5호선 영등포구청역	영등포구 당산동3가 370	지하 1~2층, 193대
5호선 천호역	강동구 천호동 455	지하 1~2층, 1,551대
3호선 학여울역	강남구 대치동 514	지하 1~3층, 186대

참고 : 지하공간 종합 기본계획 수립(서울특별시, 2006)



〈그림 2-10〉 서울시 지하주차장 현황

3. 국내 지하공간 사고현황

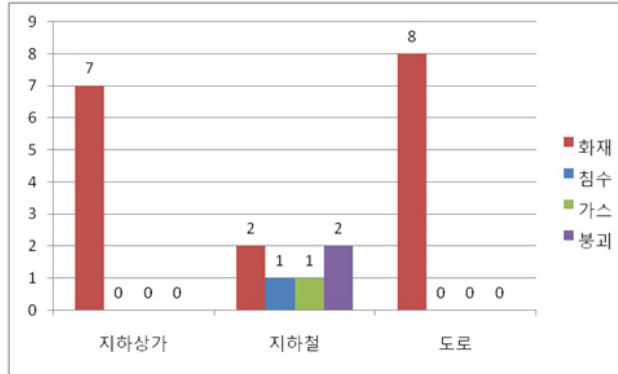
1) 국내 사고현황

국내 지하공간 사고현황은 1993년부터 2009년까지 소방방재청 사고통계 자료를 가지고 정리하였으며, 전체 21건 중 화재로 인한 사고가 17건으로 가장 많았고, 이어 화재, 붕괴, 가스(폭발), 침수 순으로 나타났다.

〈표 2-10〉 전국 지하공간 사고현황

재난유형	발생연도	사고장소	사고원인	피해상황
붕괴	1993	부산북구 구포열차 전복	한전의 지중선사업을 위하여 철도횡단 지하터널식 굴착작업 중 철도노선 붕괴로 열차전복	사망 78명 부상 196명
	2000	대구 중구 남산동지하철공사장	터파기 공사 중 가시설이 토압에 밀리면서 지반붕괴	사망 3명 부상 1명
가스 (폭발)	1995	대구 달서구 상인동 지하철 공사장	대구백화점 상인점 신축공사장의 그라우팅공사 도중 도시가스관 파손으로 약 77m 떨어진 지하철 공사장에 가스유입, 원인 불명의 화인에 의한 폭발	사망 101명 부상 202명 건물 34동 차량 150대 파손 (4,718백만원)
화재	1996	증악터널	핸들 과대조작으로 터널벽면 충격 후 후속 차량의 연속추돌로 화재발생	20분간 차량운행 중단
	1997	대덕터널	핸들 과대조작으로 터널 좌, 우측 벽면 연쇄 충격 후 전도	40분간 차량운행 중단
	1999	마성터널	파손된 타이어 과열로 인한 화재발생	30분간 차량운행 중단
	2000	수리터널	핸들 과대조작으로 우측터널 내벽 충격 후 전소	30분간 차량운행 중단
	2000	영동터널	엔진과열	5분간 차량운행 중단
	2001	전북 순창군 용수로터널 공사사고	암반발파 중 안전부주의	사망 5명
	2002	봉평터널	엔진과열	20분간 차량운행 중단
	2003	대구지하철 화재사고	방화	사망 192명 부상 148명 615억원
	2003	대관령 4터널	엔진과열	35분간 차량운행 중단
	2005	대구 수성동 목욕탕 상가	지하 기름탱크 유증기 폭발	사망 5명 부상 49명
	2006	경기도 구리시 인창동 상가	방화	부상 15명 2천백여 만원
	2006	대구시 달서구 스포츠센터 상가	용접 도중 불꽃이 천장 단열재로 떨어져 화재	차량11대 전소
	2006	인천시 구월동 아웃렛상가	용접 도중 불꽃이 종이 박스에 옮겨 붙어 화재	부상 3명
	2008	경기도 시흥시 P 아파트 상가	원인불명	차량2대 전소 차량1대 반파
	2008	부산시청 및 부산시의회 지하상가	누전	차량1대 반파
	2008	경기도 용인시 T 아파트 상가	차량 보닛에서 화재	차량5대 전소
	2008	대구 중앙로역	변전소 누전	30분간 전동차 20여 대 운행중단
침수	2006	경기도 고양시 일산 지하철 3호선 정발산역	제3호 태풍 '에위니아'	3억원

참고 : 소방방재 주요통계 및 자료(소방방재청, 2010)



〈그림 2-11〉 국내 지하공간별 사고현황

(1) 1995년 대구지하철공사장(가스폭발)

1995년 4월 28일 건설 중이던 대구지하철 1호선 상인동 구간 공사현장에서 도시가스 폭발사고가 발생하여 101명이 사망하고, 202명이 부상을 입은 인명 피해 이외에도 건물 346채와 차량 152대가 파손되는 등 재산피해액이 540억 원에 달하였다.

이 사고는 지하철 공사장에서 30m 떨어진 대구백화점 프라자 신축공사장에서 작업을 위해 75mm 구멍 31개를 굴착 중 실수로 도시가스 배관에 구멍을 내 가스가 누출되었고, 이 가스가 지하철 공사장으로 유입되어 폭발한 것이 원인이다.



〈그림 2-12〉 대구 상인동 지하철 공사장 폭발사고

(2) 2003년 대구 중앙로역(화재)

2003년 2월 18일 대구광역시 중구 성내동 중앙로역 구내에서 50대 남자가 플라스틱 통에 들어 있는 휘발유에 불을 붙인 뒤 바닥에 던져 12량의 지하철 객차가 전소하면서 192명이 사망하고 147명이 부상을 입은 대형참사가 발생했다.

발화당시 지하상가는 개점 시각 전으로 개점준비를 하는 일부의 종업원만 있었고, 내방객도 적어 지하상가에서의 인명피해는 없었지만 열차내부의 승객들은 큰 피해를 입었다.



〈그림 2-13〉 대구 중앙로역 화재



〈그림 2-14〉 대구 중앙로역 화재

2) 서울시 지하공간 사고현황

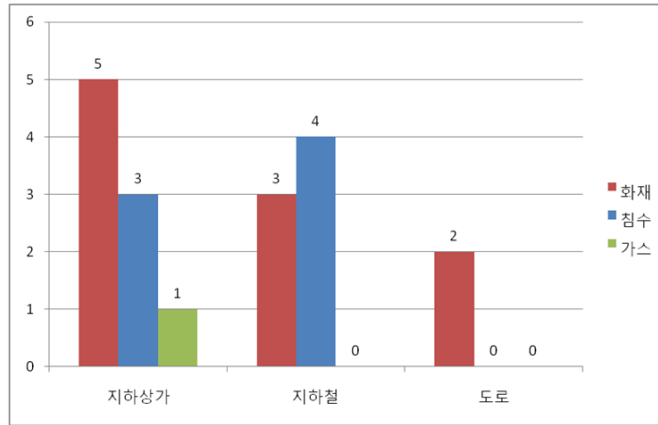
서울시 지하공간 사고현황은 1993년부터 2009년까지 소방방재청 사고통계 자료를 가지고 정리하였으며, 전체 18건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 가장 많았고 그다음으로 침수 7건, 가스(폭발) 1건으로 나타났다.

특히 최근 10년의 사고현황을 살펴보면 전체 17건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 전체 사고발생의 약 59%를 차지했다.

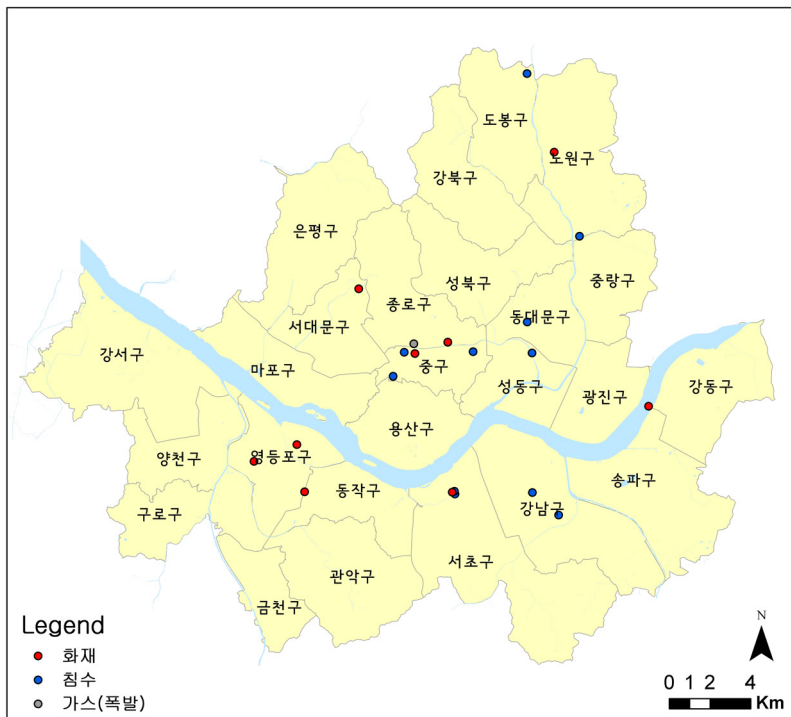
〈표 2-11〉 서울시 지하공간 사고현황

재난유형	발생연도	사고장소	사고원인	피해상황
화재	1996	서울 명동 지하상가 음식점	가스 조작 미숙	부상 2명
	2000	서울 영등포구 여의도 공동구 화재사고	공동구 내 전력 과부하 또는 누전으로 추정	통신선 및 전화선 약 33,000회선 소실
	2001	서울지하철 3호선 고속터미널역	전기실 화재	배전반 설비 교체
	2001	서울지하철 2호선 문래역	누전	창고 내 가구 부분 연소
	2003	홍지문터널	버스, 승용차 추돌로 배연시설 작동오류	240분간 차량운행 중단 240명 중경상
	2005	서울지하철 7호선 철산역	방화	전동차 3량 전소
	2005	서울 종로5가 지하상가	담뱃불	부상 1명
	2007	서울지하철 5호선 천호역~광나루역 지하터널	누전	38분간 열차 운행 중지
	2007	서울 상계동 쇼핑센터	자동차 엔진과열	
	2008	서울시 동작구 대방동 빌딩	원인불명	
침수	1998	서울 지하철 7호선 태릉입구역	77mm의 강우에 의한 중랑천 범람	11개역 침수 527억원
	1998	서울 지하철 2호선 용답역~신답역, 지하철 1호선 청량리역, 서울역	130mm 집중호우	-
	1998	서울 지하철 2호선 선릉역, 지하철 3호선 대치역, 7호선 도봉산역	300mm 집중호우	-
	2001	지하철 1호선 청량리역, 종로 5가역, 2호선 신당역, 7호선 고속터미널역	300mm 집중호우	-
	2001	서울 고속버스터미널 센트럴 시티	집중호우에 의한 하수관거 용량 초과	최고 수심 1.85m 침수
	2002	서울 강서구 경인유통상가	90mm 국지성 집중호우	재산피해
	2007	서울광장 지하상가	신청사 공사과정에서 하수 저장시설을 통한 유입	매장 20곳 침수
가스	2006	서울 종각역 지하상가 일산 화탄소 누출	중앙집중 냉온수기 가동 중 LNG 불완전 연소로 인하여 일산화탄소 발생	부상 66명

참고 : 소방방재 주요통계 및 자료(소방방재청, 2010)



〈그림 2-15〉 서울시 지하공간별 사고현황



〈그림 2-16〉 서울시 지하공간 사고현황

(1) 2003년 홍지문터널 화재사고

2003년 6월 6일 서울 종로구 홍지동 내부순환로 홍지문터널 안에서 중형버스와 승용차의 추돌로 화재가 발생했다. 사고 직후 터널 안은 삼시간에 유독가스로 가득 찼지만 터널 내 전력공급이 중단되면서 환기시설이 19분간이나 작동하지 않아 하마터면 대형 참사로 이어질 뻔했다.



〈그림 2-17〉 홍지문터널 화재



〈그림 2-18〉 홍지문터널 화재

(2) 2006년 서울 종각역 지하상가 일산화탄소 누출

2006년 9월 8일 서울 지하철 1호선 종각역 지하상가에서 지하2층 냉온수기와 배관의 결함으로 인해 일산화탄소가 대량으로 유출되어 상인과 행인 60여명이 피해를 입었다.



〈그림 2-19〉 종각역 가스 누출



〈그림 2-20〉 종각역 가스 누출

제2절 국외 지하공간 재난발생 현황

1. 국외 지하공간 현황

1) 지하도로

(1) 프랑스 파리 A86 지하도로

1988년 콩피루뜨(ConfiROUTE)사가 지하도로의 건설을 제안하였다. 당시에 인프라 시설은 대규모로 건설되기 때문에 넓은 부지가 필요할 뿐만 아니라 혐오 시설로 인식되어 부지확보가 매우 곤란하였다. 이 지하도로는 90년대 초 하나의 원형 대단면을 상하 구분한 2층 터널방식의 소형차 전용고속도로로 민자회사(Cofiroute, 컨소시엄)가 최초로 제안하였으며 중·대형차의 제한은 주민의 설문조사 결과(80% 찬성)에 따른 것이었다.



〈그림 2-21〉 파리 도시순환도로 및 A86 지하도로 위치(서울특별시, 2006)

〈표 2-12〉 프랑스 파리 A86 지하도로 현황

구분	공사개요
노선개요	· 동·서터널 노선은 대부분 산지, 주거지, 문화유적지(베르사이유 궁전)를 통과, 산지 절개지의 기존계획은 환경훼손, 문화재보호, 지역주민 반대 등 지상공간의 보호차원에서 터널방식의 지하도로로 변경계획
사업규모	· 동터널, 연장 10km, 왕복4차로, 설계속도 70km/hr · TMB터널, 환기소 5개소, 비상접근로 12개소
공사기간	· 1999년 ~ 2007년

(2) 노르웨이 오슬로시 오슬로 터널

오슬로 터널은 1.8km의 평행한 2개의 3차선 터널로, 동측에서 서측으로 오슬로 중심부를 통과하며 3.3km의 시 중심부 통과 도로 중 약 80%인 2.6km를 터널로 건설하였다.



〈그림 2-22〉 오슬로 지하터널 및 주변 터널(서울특별시, 2006)

이 터널은 1987년~1990년 4단계 공사로 나뉘어 건설되었다. 즉 1단계 공사로 한벨라그릭(Hanvelagret)빌딩과 서쪽 프란네스(Frannes)만 사이 6차선 도로를 2단계 공사로 헨릭 입센(Henrik Ibsen)순환도로와 E18도로를 지하램프를 통하여 동서방향에서 연결시키는 애드카 브라이(Adker Brygge)와 베스틴(Vestne) 철도역 사이의 지하보도를 건설하였다. 또한 3단계 공사로 E18도로와 고속도로를 연결하는 교차로를 건설하기 위해 오슬로 동쪽으로 통하는 0.4km의 해저터널을 뚫었고, 4단계 공사로 지상도로를 프란네스의 철도와 새 교차로의 용도로 건설한 후 터널을 더 연장하였다.

2) 지하상가

(1) 캐나다 몬트리올 지하상가

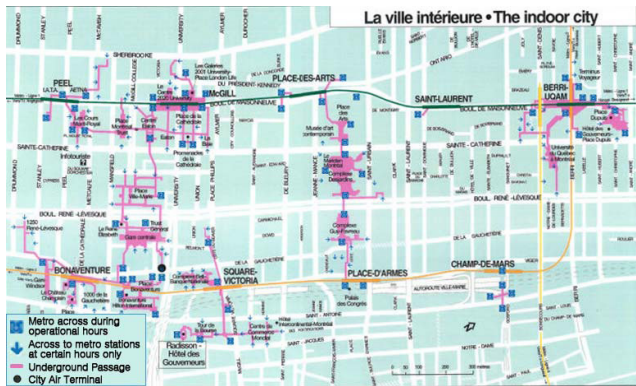
이 지하상가는 총 31km의 보행자 통로를 통해 60여개의 건물과 연결되며

도시전체의 보행네트워크에 중심을 두고 개발되었다. 여기에는 1945년 이후 중심 시가지의 급속한 발전에 따른 교통문제의 대두가 큰 요인으로 작용하였고, 동계 제설 등의 문제로 지하에 공공운송의 네트워크 구축 필요성과 함께 지하철 및 버스 시스템이 고려되었으며, 길고 추운 겨울에 보행자의 보호 측면에서 도심(CBD) 내 대중교통 수단과 연계도 반영되었다.

〈표 2-13〉 몬트리올 지하공간 개요

구분	내용
전체길이	30km
연결교통	지하철역 10개, 기차역 2개, 버스터미널 2개
상점수	1,700개
지상출입구	155개
연결도	사무소타워 62개/ 호텔 7개/ 아파트 1615세대/ 레스토랑 200개/ 영화관 34개/ 전시장 3개/ 대학 3개/ 은행지점 45개/ 주차대수 10,000대
일이용자수	50만명
표지시스템	RESO

참고 : 지하공간 활용 및 관리개선 연구, 2008



〈그림 2-23〉 몬트리올 지하공간(서울특별시, 2006)

몬트리올시는 지하철역과의 연계, 사회문화적 시설, 지하와 지상 시스템, 지하철 간의 접속, 개발예정지역으로의 확장성 등을 고려하여 지하 네트워크 중

합계획을 세웠으며, 인접한 건물들과 몬트리올 소방서의 공동 파트너십을 통하여 화재 자동소등기, 소방장치와 분리된 대피시설 등 안전을 보장하고 있다.

2. 국외 지하공간 사고현황

1) 사고현황

1990년대부터 약 10년간의 일본소방백서에 따르면 지하상가에서 발생한 화재건수는 최대치가 연간 7건 정도에 그치고 있다. 이는 수적으로 적지만 방화 대상물로서의 지하상가는 126개밖에 없으므로 대상물 총수에 대한 발화율만 보면 5%로 다른 용도와 비교할 때 화재발생률이 높다고 할 수 있다(도시방재 안전연구소, 2010).

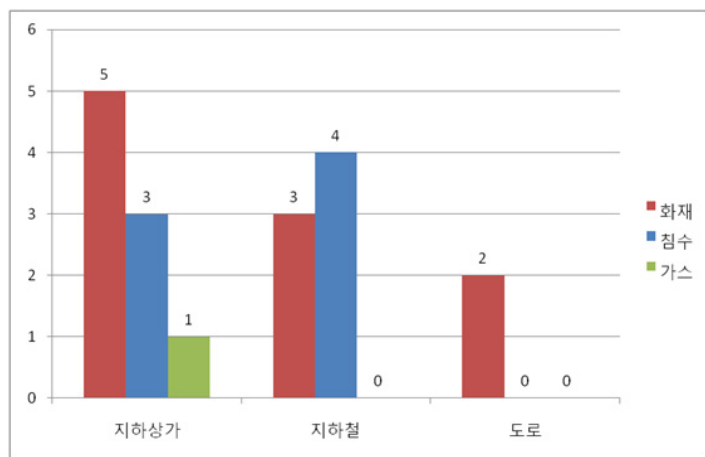
국외 지하철 사고사례의 경우 국내보다 다양한 장소와 원인으로 발생하였으며, 주된 사고원인은 전기누전 및 폭탄테러로 나타났다. 국내 대구 지하철 방화와 성격이 비슷한 도쿄 지하철 사고에서 많은 인명피해와 재산피해가 발생하였다.

대형 인명피해가 발생한 터널 화재사고의 경우 제·배연 시설의 용량부족과 화재 시 신속대처 미흡으로 대피환경 확보가 어려운 점이 가장 큰 피해원인으로 지적되었다.

〈표 2-14〉 국외 지하공간 재난유형별 사고현황

재난유형	발생연도	사고장소	사고원인	피해상황
화재	1990	미국 뉴욕 지하철	전기합선	사망 2명 부상 150명
	1990	일본 어전산 Hills	원인불명	차량 4대 소실
	1995	아제르바이잔 바쿠	전기합선	사망 289명 부상 270명
	1995	오스트리아 Pfander	자동차 사고	사망 3명 부상 4명
	1996	이탈리아 Isola delle Femmine	자동차 사고	사망 5명 부상 20명
	1999	프랑스 Mont Blanc	자동차 사고	사망 39명
		오스트리아 Tauern	자동차 사고	사망 12명 부상 59명
	2000	오스트리아 키츠슈타인호른	원인 불명	사망 150명
		노르웨이 Seljestad	자동차 사고	부상 6명
	2001	독일 Deutsche Oper	원인 불명	열차1량 전소 부상 40여명
		이탈리아 Prapontin	자동차 사고	부상 19명
		오스트리아 Gleinalm	자동차 사고	사망 5명 부상 4명
		덴마크 Guldborgsund	자동차 사고	사망 5명 부상 6명
		스위스 Gotthard	자동차 사고	사망 11명
	2004	홍콩	방화	부상 14명
		러시아 모스크바	폭탄테러	사망 39명 부상 129명
		스페인 마드리드 아토차역	폭탄테러	사망 192명 부상 1800명
	2005	런던 시내 지하철역	폭탄테러	사망 51명 부상 700여명
붕괴	2007	브라질 상파울루	토질분석을 제대로 하지 않은 것이 주원인	사망 4명 실종 4명
침수	1992	뉴욕 해안 지하철 시스템	해안에서 발생한 호우	-
	1996	미국 보스턴 Kenmore Square	홍수	-
	1999	일본 후쿠오카 히카타역	77mm 집중호우	-
	2000	일본 나고야	93mm 집중호우	승강장 70mm 침수
	2001	대만 북부 타이페이	태풍 나리의 통과로 425mm 집중호우	난강역 운전실 침수로 지하철 운행중단
	2001	대만 북부 타이페이 지하철상가	태풍 나리의 직접통과로 425mm 집중호우	-
	2002	체코 프라하시 지하철상가	홍수	-
	2002	체코 프라하시	홍수로 인한 누전	13개역 침수 등 재산 피해 2억3천만 유로

참고 : 지하공간 안전관리 시스템 구축(소방방재청, 2008)



〈그림 2-24〉 해외 지하공간별 사고현황

제3절 국내 · 외 지하공간 법령 및 제도

1. 국내 지하공간 법령 및 제도

국내 지하공간 관련 법령에는 건축법, 건축법시행령, 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 등이 있으며 지하건축물에 대한 규정 대부분은 건축법에 명시되어 있다.

1) 안전관리 관련 법령

국내 지하공간의 안전에 관한 법령은 여러 부처(국토해양부, 행정안전부, 노동부, 환경부, 지식경제부)에서 제정되어 용어의 통일이 이루어지지 않고 있는데, 부처별 지하공간 안전관리 관련 법령은 소방방재청(2007)에서 다음과 같이 정리하였다.



〈그림 2-25〉 지하공간 안전과 관련된 법령

(1) 행정안전부

안전관리 관련 행정안전부 법령은 재난 및 안전관리 기본법을 비롯한 6개 법령 및 시행령, 시행규칙으로 구성되어 있으며 대부분 재난, 소방, 안전 등에 관한 세부 내용으로 되어 있다. 각 법령의 세부 내용으로는 재난 및 재해로부터의 안전계획의 수립 및 안전관리 예방, 교육 등이 있다.

〈표 2-15〉 행정안전부의 지하공간 안전관리 관련 법령

구분	주요 내용	관련 법령
재난및안전관리 기본법	- 국가안전관리기본계획 수립 - 안전문화활동 지원 - 안전체험 시설 설치	재연재해대책법
소방기본법	- 소방교육·훈련 : 피난 및 행동방법 홍보 - 화재경계지구 지정	-
소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률	- 소방시설의 유지·관리 - 피난시설·방화구획 및 방화시설의 유지·관리 - 소방대상물의 안전관리	- 소방기본법 - 소방시설공사업법 - 위험물안전관리법 - 건축법
다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법	- 다중이용업소의 안전관리기준 - 피난안내도 및 영상을 비치 - 위치 및 내용은 행정안전부령으로 정함	- 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 - 소방기본법 - 소방시설공사업법 - 건축법 - 위험물안전관리법
자연재해대책법	- 사전재해영향성 검토 협의대상 - 지하공간 수방기준 제정 대상 정의 - 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호 및 제9호의 규정에 따른 기반시설 및 공동구 - 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제2조제1호의 규정에 따른 시설물 - 「대도시권 광역교통관리에 관한 특별법」 제2조제2호나목의 규정에 따른 광역철도 - 「건축법」 제2조제1항제2호의 규정에 따른 건축물	- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 - 시설물의 안전관리에 관한 특별법 - 대도시권 광역교통관리에 대한 특별법 - 건축법
위험물 안전관리법	- 위험물의 저장 및 취급에 관한 기준 (제5조) - 화재 및 재해 발생 시의 비상조치를 위한 예방규정(제17조) - 유출 및 사고 등에 관한 응급조치(제27조) - 안전관리자 등의 안전교육(제28조)	- 소방기본법 - 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 - 소방시설 공사업법
화재안전기준 (소방방재청 고시)	- 소화설비인 소화기구의 설치유지 및 안전관리에 필요한 사항을 규정 - 화재안전기준 구체적 내용 제시	소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 / 시행령

(2) 국토해양부

안전관리 관련 국토해양부 법령은 6개의 법령 및 시행령, 시행규칙으로 구성되어 있으며 지하도로, 지하광장, 지하건축물 등을 포함한 지하공간 시설물 안전관리에 대한 내용으로 이루어져 있다. 각 법령 및 시행령은 시설물의 구체적 구조, 안전기준 등을 규정하고 있다.

〈표 2-16〉 국토해양부의 지하공간 안전관리 관련 법령

구분	주요 내용	관련 법령
건축법	• 건축물의 피난시설 및 용도제한 등(제49조) • 지하층의 구조 및 설비 기준(제53조)	• 국토의 계획 및 이용에 관한 법률
시설물의 안전관리에 관한 특별법	• 안전점검 실시(제6조)	-
주차장법	• 노외주차장 기준	• 국토의 계획 및 이용에 관한 법률
도로법	-	-
도시철도 정거장 및 환승 편의시설보완설계 지침	• 정거장 내 열차 화재 시 대피시간 - 대피방법별 승객이동(대피)속도 - 대피방법별 대피 수용량 • 대피시간 기준 제시 • 계단손잡이 및 점자표시판/유도블록	• 도시철도법 • 도시계획시설기준에 관한 규칙 • 국유철도건설규칙 • 주차장법 • 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 • 도시교통정비촉진법 • 대도시권 광역교통관리에 관한 특별법 • 승강기 제조 및 관리에 관한 법률 • 환경교통재해 등에 관한 영향 평가법
건설기술관리법	-	• 건설산업기본법 • 산업안전보건법

(3) 노동부

안전관리 관련 노동부 법령은 산업안전보건법, 공중위생관리법 및 시행령, 시행규칙으로 구성되어 있으며 각 법령 및 시행령은 산업안전 및 공중위생과 관련된 안전관리 및 지하공간 이용 등을 규정하고 있다.

〈표 2-17〉 노동부의 지하공간 안전관리 관련 법령

구분	주요 내용	관련 법령
산업안전보건법	• 위험예방을 위한 조치 - 기계·기구·기타설비에 의한 위험 - 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험 - 전기, 열 등에 의한 위험	• 건설기술관리법

(4) 지식경제부

안전관리 관련 지식경제부 법령은 고압가스 안전관리법, 도시가스 사업법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법과 시행령 및 시행규칙으로 구성되어 있다. 각 법령 및 시행령은 고압가스, 도시가스, 액화석유가스의 안전과 관련된 인명피해나 가스누출 등에 의한 사고발생 대비책을 규정하고 있다.

〈표 2-18〉 지식경제부의 지하공간 안전관리 관련 법령

구분	주요 내용	관련 법령
도시가스사업법	- 도시가스배관의 매설상황 확인 조치 - 매설위치표시, 표지사실통지, 배관보호시설 설치 - 협의·순회점검 - 가스배관이 공사장을 통과하는 경우 합동감시체제 구축	산업안전보건법
액화석유가스의 안전관리 및 사업법	- 안전교육(제28조) - 액화석유가스 사업자 등은 시·도지사가 실시하는 교육을 받아야 함 - 사고의 통보(제39조) - 인명피해나 가스누출 등에 의한 사고발생 시 즉시 한국가스안전공사에 알려야 함	- 도시가스사업법 - 고압가스안전관리법

(5) 환경부

안전관리 관련 환경부 법령은 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 및 시행령, 시행규칙으로 구성되어 있으며 각 법령 및 시행령은 지하공간(지하상가, 지하주차장, 실내주차장 등)의 실내공기질 안전관리와 관련된 적용대상 및 교육 등 구체적 사항을 규정한다.

〈표 2-19〉 환경부의 지하공간 안전관리 관련 법령

구분	주요 내용	관련 법령
다중이용시설 등의 실내공기질 관리법	- 목적 - 적용대상 - 지하상가 - 지하도상가 - 실내주차장 - 철도역사의 대합실	-
다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행령	- 적용대상 - 모든 지하역사 - 연면적 2천㎡ 이상의 지하도상가 - 연면적 2천㎡ 이상인 실내주차장 - 철도역사의 연면적 2천㎡ 이상인 대합실	다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행령
다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙	- 다중이용시설 소유자 등의 교육 - 신규교육, 보수교육	환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 시행규칙

2) 소방관련 법령

지하공간에 설치해야 할 소방시설 등의 설치 유지 기준은 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조(특정소방대상물에 설치하는 소방시설 등의 유지·관리 등), 시행령 제15조(특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설 등), 시행령 별표 4(특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설 등의 종류)에 의하며, 각 법령에서 말하는 특정소방대상물이란 시행령 제5조와 관련 시행령 별표2에 규정된 것을 말한다(김동일, 2005).

〈표 2-20〉 특정소방대상물에서 지하공간과 관련된 사항

구분	관련사항
지하가	• 지하가는 지하의 공작물 안에 설치되어 있는 점포, 사무실 그밖에 이와 비슷한 시설로서 연속하여 지하도에 면하여 설치된 것과 그 지하도를 합한 것임 • 지하상가 • 터널 : 지하, 해저 또는 산을 뚫어서 차량(궤도차량을 제외) 등의 통행을 목적으로 만든 것
지하구	• 지하구는 전력, 통신용의 전선이나 가스, 냉난방용의 배관 또는 이와 비슷한 것을 집합수용하기 위하여 설치한 지하 공작물로서 사람이 점검 또는 보수하기 위하여 출입이 가능한 것 중 폭 1.8m 이상이고 높이가 2m 이상이며 길이가 50m 이상(전력, 통신사업용인 것은 500m 이상)인 것 • “국토의 계획 및 이용에 관한 법률” 제2조 제9호의 규정에 의한 공동구라 함은 지하매설물(전기, 가스, 수도 등의 공급시설 및 통신시설, 하수도시설 등)을 공동 수용함으로써 도시의 미관, 도로구조의 보전과 원활한 교통의 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말함 • 특정소방대상물이 지하가, 지하구 등으로 연결된 경우 하나의 소방대상물로 간주하여 소방시설을 적용하여야 하며 단, 지하구 등의 소방대상물 양쪽에 갑종방화문, 자동방화셔터, 드렌처설비, 개방형 스프링클러헤드 등이 설치된 경우에는 별개의 소방대상물로 볼 수 있음. 별표 2의 특정소방대상물의 지하층이 지하가와 연결되어 있는 경우 당해 지하층의 부분을 지하가로 봄

위에서 말한 특정소방대상물에서 지하공간 관련 사항 중 소방법령에서 정하는 소방관련 시설은 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비로 구성되어 있다.

〈표 2-21〉 지하공간에 설치하여야 할 소방시설

구분		소화설비	경보설비	피난설비	소화활동설비 등
지하가	지하상가	- 소화기 - 옥내소화전 - 스프링클러설비	- 자동화재탐지설비 - 시각경보기	- 피난기구 - 공기호흡기 - 유도등, 유도표지 - 휴대용 비상조명등	- 상수도소화용수설비 - 제연설비 - 무선통신보조설비
	터널	- 소화기 - 옥내소화전	- 비상경보설비 - 자동화재탐지설비	비상조명등	- 제연설비 - 연결송수관설비 - 비상콘센트설비 - 무선통신보조설비
지하구		소화기	- 자동화재탐지설비 - 통합감시시설	-	- 무선통신보조설비 - 연소방지설비
지층·무창층		- 소화기 - 옥내소화전 - 스프링클러설비 ※간이스프링클러설비 (다중이용업소)	- 비상경보설비 - 비상방송설비	비상조명등	- 제연설비 - 연결송수관설비 - 연결살수설비 - 비상콘센트설비 - 무선통신보조설비

3) 피난관련 법령

국내의 피난관련 법령 및 기준에는 건축법, 소방법, 서울시 피난방재기준이 있으며 지하공간에서의 피난계획 내용을 포함하고 있다. 각 법령 및 기준은 안전한 피난을 위한 구조, 설계 방식을 규정하고 있으며 신속한 피난 및 안전 관련 규칙을 포함한다(박준욱, 2009).

〈표 2-22〉 국내의 피난안전 관련 규정

구분	건축법	소방법	서울시 피난방재기준
요약	- 통로, 복도 및 문의 폭 규정 - 계단의 위치, 구조 및 개소 규정 - 피난관련 건축사항	- 수용인원의 산정방법 - 다중이용업소의 계단이격거리 정의 - 성능위주설계 규정	서울특별시 다중이용건축물 중 16층 이상 또는 연면적 30,000㎡ 이상인 건축물 심의 시 적용

2. 국외 지하공간 법령 및 제도

일본의 화재안전규정은 우리나라와 비슷한 체계를 지니고 있으며, 정부 주도하에 건축기준법과 소방법에서 화재안전법령을 규정하고 있다. 각 법령의 세부내용에는 건축물의 구조, 소방시설, 재난관리가 포함되며 안전한 피난을 위한 행정적인 사항 및 설치 등에 관한 기준으로 구성되어 있다(박준욱, 2009).

〈표 2-23〉 일본의 피난안전 관련 규정

화재안전법령			
	건축법령	소방법령	재해대책 및 구조법(지진)
제정 기관	• 건설성	• 자치성	• 자치성
적용 범위	• 건축분야	• 소방분야	• 재난(화재·지진)에 관한 구조 및 조치 관련분야
관련 법	• 건축법 기준법 • 건축기준법 시행령 • 건축기준법 시행규칙 • 고시	• 소방법 • 소방법 시행령 • 소방법 시행규칙 • 소방력 기준 • 위험물 규칙령, 규칙 • 위험물규칙에 관한 기술고시 • 시·도 화재 예방조례	• 재해대책기본법 • 재해구조법 • 대규모 지진대책 조치법, 시행령, 시행규칙
세부 내용	• 내화구조(내화설계법 신설) • 방화구조 • 방화문 • 방화재료(불연, 준불연, 난연재료) • 피난계획(피난계산법 신설) • 방염	• 소방시설(소화, 경보, 피난, 소화용수, 소화활동설비 등) • 위험물(염산류, 크롬·아연·산화물류 등)에 대한 제조, 설치 등에 관한 기준	• 자연재해(지진 등)를 포함한 화재, 폭발에 대한 규정 • 재난의 관리, 예방, 수습, 구조에 관한 행정적인 사항 규정

한국, 미국, 일본의 피난관련 규정 중 지하층에서 요구되는 기준을 <표 2-24>와 같이 비교·검토하였다. 각 나라의 피난안전 관련 법령에는 건축법, 소방법 등이 있으며 피난규정 및 피난경로를 살펴보면 재실자 중심의 안전계획으로 구성되어 있고, 피난용량 산정에서 비슷한 규정을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

〈표 2-24〉 한국, 미국, 일본의 피난안전 관련 규정 비교

구분		한국	미국	일본
관계법령		• 건축법, 소방법	• NFPA101, IBC	• 건축기준법 제35조 • 소방법(피난보조설비)
일반적 특징		• 성능적 규제 도입	• 사양위주의 규정 (용도별 분류에 근거) • 성능위주의 규정	• 건설성 고시를 통한 피난안전 설계법 도입
피난 규정 수립 방법	용도 분류	• 일본과 유사함	• 재실자 중심의 건축물 용도 분류	• 건축물의 종류를 유사한 구조· 이용목적 및 형태별로 묶어 분류
	피난 용량 산정	• 일본과 유사하게 단위면적 당 피난용량을 규정	• 수용인원 : 재실자밀도 • 피난용량 : 피난용량계수	• 단위면적당 피난용량을 규정 • 도쿄도 건축조례안은 재실자 에 따른 피난용량을 규정함

참고 : 사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구(안태성 외, 2010)

제4절 국내외 지하공간 안전체계

1. 국내 지하공간 안전체계

1) 시설·구조

관련법령에 규정된 지하공간 소방시설 종류 및 구조적 방재 특성은 <표 2-25>와 같이 나타났으며, 안전체계 수립을 위한 세부 내용을 포함하고 있다.

지하공간의 소방시설은 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비, 예비전원 및 자가발전설비로 나뉘며 지하공간의 분류에 따라 각 시설물을 설계하도록 되어 있다.

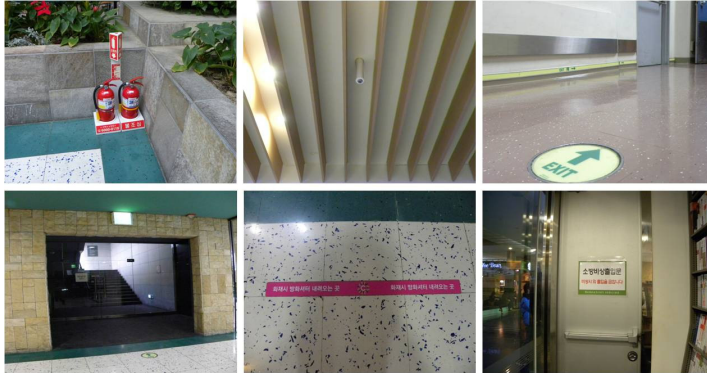


〈그림 2-26〉 지하공간의 소방시설 및 종류

지하공간의 구조적 방재 특성은 내화구조, 방화구획, 피난구조로 세분화하여 각 지하공간의 특성에 알맞은 안전체계 시설·구조를 계획한다.

〈표 2-25〉 지하구조물의 구조적 방재 특성

구분	특성	내용
건물의 내화구조	· 요구기능	· 차열과 화염의 차단 · 장기설계 하중의 지지 · 충격과 소방주수 시 강도유지 · 부재의 성능 유지 · 화재 후 건물 재사용 문제 · 불연성
	· 내화구조의 성능	· 지하건축물로서 화재시 열에 견디고, 재사용이 가능하도록 주요 구조부 및 방화설비들은 내화성능을 확보
건물의 방화구획	· 방화구획의 구획기준	· 층별 구획 · 면적별 구획 · 용도별 구획
	· 방화문	· 방화문은 상시 폐쇄식과 상시 개방식
	· 자동방화셔터	· 셔터 · 일체형 자동방화셔터
건물의 피난구조	· 직통계단	· 출입구는 피난에 지장이 없도록 간격을 두고 계단 상호 간에는 각각 거실과 연결된 복도 등의 통로 설치
	· 피난유도	· 단순 명쾌한 피난경로와 동선 · 다양한 피난동선 확보 · 중간 안전 지역 설치



〈그림 2-27〉 코엑스몰 소화·방재시설

2) 안전계획

국내 지하공간 안전계획의 사례로 삼성동 코엑스몰을 참고하였다. 코엑스몰의 경우 평상시 27,000여명의 불특정 다수가 이용한다. 이에 따라 비상시를 대비하여 다른 용도의 실과 방화구획하여 통로부분의 피난장애를 최소화하였으며, 쇼핑몰 내의 에스컬레이터 주위는 지하2층과 지상1층에서 층별 방화구획하여 지하1층 부분을 피난로로 사용이 가능하도록 하였다.

〈표 2-26〉 코엑스몰 방재계획 주요 사항

항목	주요 사항
방재계획	• 피난을 고려한 방화구획 - 쇼핑몰과 타 용도의 실과 방화구획하여 통로부분의 피난장애 최소화 - 판매시설 바닥면적 500m³, 유흥주점 바닥면적 200m³ 이상인 부분은 타 부분과 방화구획 • 효과적인 피난계획 - Safe Zone을 설정하여 비상시 대피공간으로 활용 - 주 통로는 신속한 피난을 위하여 방화구획 완화 - 주 통로의 끝부분은 Sunken Garden으로 통하거나 인접 건물로 연결 - 비상시 에스컬레이터를 정지하여 피난수단으로 활용 • 시뮬레이션을 이용한 검증 - 시뮬레이션을 이용하여 피난통로와 폭, 계단까지의 거리, 계단의 수 결정 • 방재센터 - 전시장 지상1층에 통합 방재센터를 설치하여 집중 관리
방재설비	• 주통로와 매장 사이에는 방화유리 + 축벽형 Sprinkler Head 설치 • 지하1층 에스컬레이터 주위에는 Drench System 및 제연커튼 설치 • 공조 검출 기계식으로서 화재 시 자동으로 제연기능 작동

참고 : 사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구(안태영 외, 2010)

3) 운영 · 관리

지하상가의 관리 운영조직은 평상시 운영계획에 따라 시설물들이 정상적 작동을 할 수 있도록 유지관리를 하고, 비상시 이러한 시설물들이 비상체재로 전환되어 요구하는 성능을 발휘할 수 있도록 한다. 국내 지하상가의 방재관리 운영과 조직체계는 평상시 방화관리조직과 비상시 방화관리조직의 운영방안을 보여준다.

〈표 2-27〉 지하상가의 방재관리 운영

평상시 방화관리조직	비상시 방화관리조직
• 화재 예방 조직 • 건축, 설비 점검 정비 조직	• 자위 소방대의 구성(주간편제 및 야간, 공휴일편제) - 자위소방대로 편성된 지는 소방 훈련 시나 화재 발생 시 분대별, 반별 임무를 수행 - 자위소방대는 자체 및 민·관 합동으로 훈련하여 화재를 대비

참고 : 지하상가 소방 및 방재시설물의 효율적인 유지관리 개선방안에 관한 연구(백일현, 2009)

도시연대(2005)는 지하철 및 수도권전철에서의 안전체계 분석을 위해 역사현장조사를 실시하였다. 현장조사 결과 대단위 연결 상가의 경우 자체방재 설비 및 역사와의 비상연락망과 안전대책은 비교적 잘 시행되고 있으나 역사 내부 소규모 점포의 경우 비상연락망 또는 안전대책의 사각지역으로 화재와 같은 비상사태에 취약한 것으로 조사되었다.

〈표 2-28〉 상가의 유형 및 안전대책 현황

안전관련대책	신길역	사당역	신촌역	신도림역
관할기관	• 서울도시철도 공사	• 서울지하철 공사	• 서울지하철 공사	• 서울지하철 공사
상가유형	• 내부 환승로 소규모 점포	• 내부 환승로 소규모 점포	• 백화점 역사 내부 소규모 점포	• 내부 환승로 소규모 점포
안전대책	• 없음	• 연계구축	• 비상연락망 구축 및 안전대책 협의	• 없음
비상연락 유관기관 거리	• 지구대 (대방역 부근 1.5km) • 영등포 소방서 (1.5km)	• 마포소방서(3km)	• 역사내 소방서, 경찰서 있음 • 구로 소방서(신고 후 5분)	-

참고 : 도시연대(2005)

신길역, 사당역, 신촌역의 경우 유관기관이 반경 3km 이내에 위치한 것으로 조사되었으며 사당역, 신도림역의 경우 비상시 안전대책을 세우지 않은 것으로 나타났다.

2. 국외 지하공간 안전체계

일본의 지하공간 안전체계를 보면 재난발생 초기 출화방지부터 피난, 소방 활동 종료까지의 안전대책뿐만 아니라 화재위험요인별 대책이 수립되어 체계적인 안전체계를 구축하고 있다.

〈표 2-29〉 지하공간의 화재위험요인 및 방재대책

구분	화재위험요인	방화안전대책
출화, 착화	• 화기사용 설비기구 등 • 수납가연물의 내장재 등	• 화기사용 설비기구 등의 안전화 • 특수 가연물의 제한, 내장재 등의 불연성
초기 확대	• 발견통보의 지연 • 초기소화의 실패 • 수납가연물의 내장재 등	• 발견통보의 신속성 • 초기소화설비(스프링클러설비) • 수납가연물의 제한, 내장재 불연화 • 방화 구획화
연소 확대	• 특수가연물의 불연화 • 방화구획의 미설치	• 수납가연물의 제한 • 방화구획화(통로, 계단, 지하공간의 밀폐성을 활용한 소화의 유효성 고려)
피난	• 불안감 상승으로 피난곤란성 • 상층방향으로 피난하기 때문에 피난의 어려움 - 연기의 확산방향이 피난방향과 동일 - 체력적 곤란성 • 지하전체 위험성 물질로 인한 피난곤란성	• 피난 시 심리적 불안감을 해소하기 위한 대책수립 • 상층방향에 대한 피난대책 - 계단부분의 대책 - 기계적인 피난장치 개발 및 도입 - 지하 전체 위험성물질 격리 대책
소방 활동	• 상황파악의 곤란성 • 진입의 곤란성 - 진입통로의 한정 - 계단방향의 연기 상승으로 인한 통로 미확보 - 비상용 엘리베이터 사용 부적합 • 장시간 소화활동 곤란성 - 진입시간 지연 - 매연가스의 발생 • 극한 환경으로 인한 소방대원의 활동 곤란 • 소화구의 누수로 전기사설의 마비 우려 • 연락방법 등	• 내부상황을 파악하기 위한 이론 및 훈련 • 소화수 대책 • 장시간 소화활동을 할 수 있는 대책 수립 • 통신수단의 확보대책 • 소화수 누설방지대책
연기제어	• 기계배연방식 불량	• 피난경로 및 소방진입경로를 확보하기 위한 기계배연방식 필요성
관리	• 방재시설 및 설비 불량 • 화기·가연물관리 소홀 • 방재훈련, 방재지도의 소홀 • 정원을 초과한 거주자	• 방화시설, 설비점검 철저 • 화기, 가연물관리 철저 • 방재훈련, 방재지도 철저 • 정원관리 철저

참고 : 일본화재학회지(1991)

일본의 히로시마 도심 지하상가인 사례오는 도로 아래에 계획하는 지하2층, 지상1층의 상가 외 지하역, 지하주차장 및 주변 빌딩 등과 지하로 연결되는 지하보행자 네트워크를 형성하고 있어서 통상의 건축물과는 다르게 높은 방화·안전대책이 요구된다.

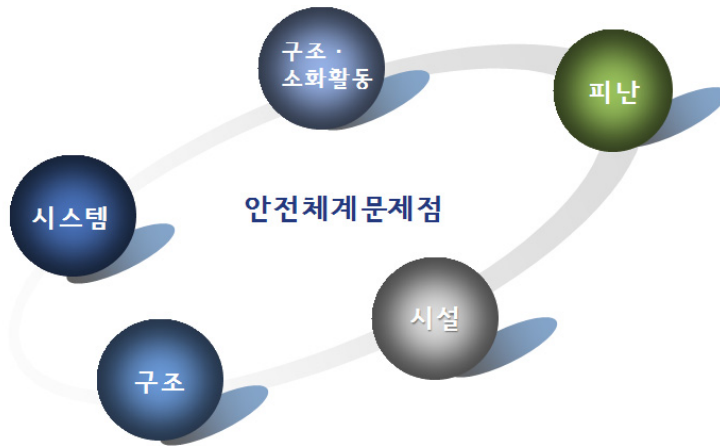
〈표 2-30〉 사례오 방재계획 주요 사항

항목	주요 사항
방재계획	• 공공 지하보도의 안전계획 - 지하가 이용자가 쉽게 위치 및 방향확인이 가능하도록 명쾌한 평면계획 - 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 30m 이내 직통계단 설치 - 공공 지하보도 300㎡ 이내마다 방연구획 설치 - 피난 시 안전성 확보 관점에서 방화셔터 설치 제외 • 공공 지하광장의 안전계획 - 공공 지하보도의 전체 부분에서 보행거리 50m 이내의 위치에 타 부분과 방화구획 된 방재상 유효한 광장을 설치 - 광장은 자연배기구 설치, 일부 광장에는 자연채광 취입 - 각 광장에서 직접 지상으로 통하는 출입구 2개소 이상 설치 - 2,000㎡의 광대한 중앙광장은 피난경로 이용부분에는 자연배연, 피난상 지장이 없는 부분에는 축연능력을 유효하게 사용한 기계배연 설치 • 점포의 안전계획 - 각 점포는 지하 1층에 한정, 풍속영업·위험물 취급업 등의 설치 금지 - 점포는 200㎡ 이내의 방화·방연구획 설치 - 공공 지하보도에 면하는 개구부는 방화·방연셔터 2단 강하식 설치 및 만일의 사태에 대비한 방화문 설치 - 화기를 사용하는 점포는 설치범위를 한정하여 방화구획된 구역에 집중배치 • 방재센터 - 외부에서 직접 진입이 가능한 선크가든을 지하1층에 설치 - 신 교통시스템 지하역, 지하주차장 및 인접빌딩의 방재센터 등과 연락 장치를 설치하여 상호 방화관리 유지
방재설비	• 비상용 조명등 - 피난통로 및 지상에 통하는 계단의 바닥면 조도는 10lux 이상으로 하고, 자연채광 미확보 광장에는 조명설비 비상전원 설치 • 배연설비 - 공공 지하보도계통의 배연능력은 법규정의 2배를 적용하고, 화재 및 피난시물레이션을 통한 안전성 검증 • 소화설비 - 기계실 등을 제외한 지하가의 전역(창고, 화장실 포함) 및 피난계단에 스프링클러설비 설치 • 가스보완설비 - 방재센터에서 원격조작이 가능한 긴급가스차단장치(ESV), 가스누설경보설비 설치 • 광점멸주행기구에 의한 광점멸주행식 피난유도시스템 설치

참고 : 사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구(안태영 외, 2010)

3. 국내 지하공간 안전체계의 문제점

지하공간에서의 화재발생은 전체공간이 화염과 연기로 가득하게 되고, 피난 행동 및 소방 활동이 어려워 큰 인적, 물적 피해를 초래하게 된다. 이에 따라 지하상가에서의 상황별 지하공간의 위험성과 문제점을 노삼규 외(2004) 연구를 참고하여 지하공간의 위험성과 현행 안전체계의 문제점을 기술하였다.



〈그림 2-28〉 지하공간 안전체계의 문제점

〈표 2-31〉 지하공간의 위험성과 현행 안전체계의 문제점

상황	지하공간의 위험성	안전관리상의 문제점	개선방향
구조 및 소화활동	외부로부터 소화구조 활동의 어려움	지하철공사와 도시철도공사에서 제작·활용하고 있는 SOP에서는 사고유형별 대응 계획을 만들어 훈련에 임하지만, 실질적으로 어떠한 상황에서 누가 무엇을 어떻게 조치해야 하는지에 대한 구체적 제시가 없어 혼란이 야기됨	승무원, 사령실 등에서의 순간적 조치사항들을 명기하여 비상시 대응 조치를 할 수 있도록 배양
피난	자기의 위치와 방향을 알 수 없는 지하공간의 특성	- 비상유도등은 혼란 시 비상구의 위치를 쉽게 파악하기 힘들며, 일부는 천장의 장애물로 인해 식별이 어려움 - 비상조명 설치 부족	- 비상유도등을 가로 및 세로로 복합 설치하고 방향표시를 명확히 하며 지상유도등 설치장소에는 별도의 시설물을 장착하지 않도록 함 - 승감장 및 피난계단에 비상조명 설치

상황	지하공간의 위험성	안전관리상의 문제점	개선방향
	• 피난방향이 상방향이고, 출구가 한정	• 안전구획으로의 피난은 지상으로의 대피가 유일하며 지하 3층 승강장에서의 피난 시 많은 시간과 장애의 제약을 받음	• 피난계단 하단부에 안전구획을 만들고 화재 시 연기의 유입을 막기 위한 급기시설확보
	• 불안감 등에 의한 곤란성	• 피난 시의 심리적 불안감에 패닉상태 및 혼란을 가중	• 위치표시, 피난유도 시스템을 도입하여 피난경로의 단순명확화
시설	• 방화셔터 및 방화문으로 인한 피난의 어려움	• 대구지하철 참사 때 인명피해를 증가시킨 방화셔터 및 방화문은 양방향 개방이 되지 않아 피난에 어려움이 발생	• 피난동선상 대형인명피해를 유발할 수 있는 방화구획(방화셔터)는 신설 역사에서 설치를 고려해야 하며 이미 설치된 역사에는 방화문을 많이 설치하여 양방향에서 개방이 가능하도록 함
	• 공조검용의 제연설비의 문제점	• 현재 지하철의 공조검용제연설비는 화재 시 발생하는 연기량을 제어하지 못하고 열과 화염을 견딜 수 없는 구조	• 내열·내화 구조 및 발생 연기량을 배출할 수 있는 전용의 제연설비로 교체
	• 화재 시 제연경계벽으로 인한 화재 취약성	• 현행 제연구획은 대합실에만 적용되고 승강장 부분에는 적용되지 않아서 화재시 상층부로 전파 및 확산의 우려	• 제연경계벽을 승강장에 적용하고 층간 수직개구부 상에 설치
	• 지상시설에 비해 소구획화되어 있으므로 사각이 발생하기 쉬움	• 상시 감시 및 통제의 CCTV는 비상시 상용전원이 꺼질 경우 차단되어 작동불능	• 설치된 CCTV전원을 비상전원에 연결하여 비상시에도 작동이 가능하게 함
시스템	• 화재발생 초기의 효과적 진압을 위한 시스템 부재	• 위기관리시스템(보고체계, 대피방송, 전원차단 등)의 부재 • 진압시스템(소화기, 소화전 등) 사용 방법에 대한 교육 부재	• 교육 및 홍보를 통한 안전의 중요성 홍보 • 위험요소가 많은 건축물에서는 법안을 보완하여 방재설비의 충분한 확보 • 지하철 건축설비에 대한 일률적 규정에 대한 재검토
구조	• 지하공간 구조측면에서의 입체·복합화	• 통로 등의 접속부분을 통해서 다른 시설로의 연소확대·연기확산 • 평면적인 확장 및 입체적인 복잡화에 따른 미로화	• 연락통로 등 접속부분의 방화안전 대책(방화방연성능의 향상, 자체소방대의 활동 자체의 설비 등) • 광역적인 방화시설·설비의 설치 및 방화관리방식

참고 : 지하공간의 위험성평가에 관한 연구(노삼규 외, 2004)

제3장 지하공간 안전관리 요소분류

제1절 시설 및 구조

제2절 피난

제3절 인명구조 · 소화활동

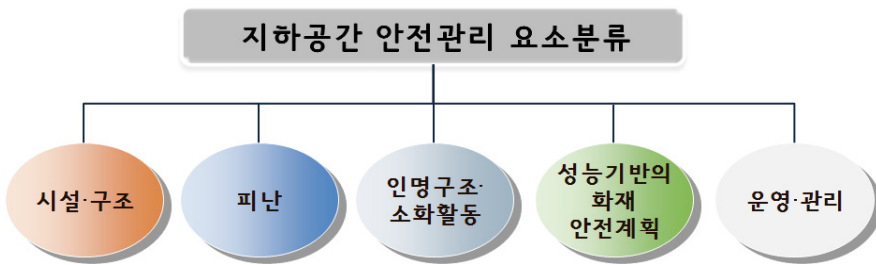
제4절 성능기반의 화재 안전계획

제5절 운영 · 관리

제 3 장

지하공간 안전관리 요소분류

지하공간은 지상공간에 비해 폐쇄적이기 때문에 화재·가스폭발·침수 등의 위험에 영향을 받기가 쉽고, 안전측면에서 여러 문제점을 나타낸다. 공간 특성에 따른 위험상황별 안전 확보를 위해서는 예방을 위한 전략 등이 종합적으로 고려되어야 하며, 이에 따라 선행연구 검토를 통하여 시설·구조, 피난, 인명구조·소화활동, 성능기반의 화재 안전계획, 운영·관리 등 5개 안전관리 요소로 나누었다.



〈그림 3-1〉 안전관리 요소 (대)분류

안전관리는 5개의 대분류(시설·구조, 피난, 인명구조·소화활동, 성능기반의 화재 안전계획, 운영·관리)와 22개의 중분류, 94개의 소분류로 나누어진

다. 각각의 대분류 및 중분류에 해당하는 법규 및 선행연구를 통하여 안전관리 소분류를 나누고, 사례검토를 진행하였다.

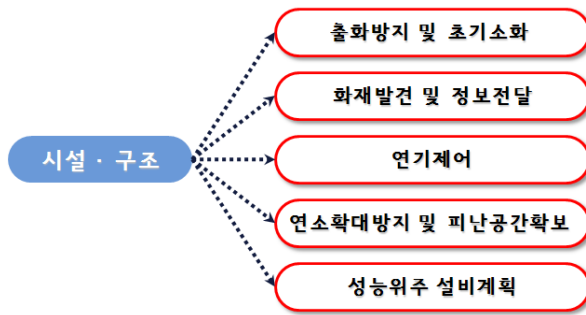
〈표 3-1〉 안전관리 대분류 및 고려요소

안전관리 요소	고려요소
시설·구조	- 지하공간은 일단 시설이 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서부터 종합적인 안전시설·구조 대책이 중요 - 지하시설의 내부 공간구성은 가능한 단순하고 명확해야 하며, 피난로는 그 시설의 출입 시 일상적으로 이용하는 친숙한 동선 패턴과 일치하는 구조이어야 함
피난	- 공간의 특성상 인명의 구조나 화재 진압활동에 어려움이 있으며, 불특정 다수가 이용하는 폐쇄적 이미지로 인해 국소화재임에도 대형의 인명 피해 가능 - 화재 발생 시 연기가 급속도로 가득할 가능성이 높은 폐쇄공간이고, 지상까지 피난거리가 길기 때문에 패닉 등 피난상 중대한 장애가 발생할 위험이 높음 - 지상의 경우보다 피난의 어려움이 많기 때문에 피난에 대한 안전 대책이 필요
인명구조·소화활동	- 지하공간 특성상 소방대의 도착시간이 지연될 우려가 있고, 빠른 상황파악이 곤란하기 때문에 적절한 소화활동을 행하는 것이 지상공간보다 어려움 - 소방대원의 진입거리가 길고, 입체행동이 되기 때문에 소방대원의 체력소모가 크고, 활동에 큰 제약 - 재난이 발생할 경우 긴급구조 대응활동 및 재난 현장 지휘체계를 확립하기 위한 체계와 절차, 그리고 긴급 구조 활동의 연계가 보다 체계적·통합적이어야 함
성능기반의 화재 안전계획	갑자기 발생하는 화재, 가스폭발, 붕괴 등의 원인으로 발생하는 위험에 대한 원인들을 제거하기 위해서는 공간에 따른 여러 부처의 관련 법령에 대해 상호 연계성 분석을 통한 효율적인 안전계획이 필요
운영·관리	- 지하공간의 대형화로 관리자의 범위가 넓어짐에 따라 위험성이 증대되었고, 관리인원의 축소로 재난 발생 시 대응 능력이 부족하게 되어 재난의 대형화가 우려 - 안전체계와 관련하여 다수의 연관된 법들이 존재하고, 법 규정은 개정되고 있기 때문에 전체적인 구성과 통합 운영 및 관리가 필요

지하공간의 화재발생 안전체계 구축을 위하여 안전관리 요소를 분류하였으며 각 요소는 안전관리의 목적에 따라 목적기능, 기본기능, 2차기능, 3차기능으로 세분화하였다.

제1절 시설 및 구조

지하공간은 화재발생장소가 보이지 않고, 소화에 많은 어려움이 따르기 때문에 초기 출화 시 확대를 방지할 수 있는 적절한 시설 및 구조가 필요하다. 이에 따라 출화방지 및 초기소화, 화재발견 및 정보전달, 연기제어 등 시설·구조관련 사항을 포함한 안전체계 중분류를 구성하였다.



〈그림 3-2〉 시설시점 · 구조 중분류항목

〈표 3-2〉 시설·구조 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
만일 화재가 발생하더라도 그 규모를 국지적 수준에 그치게 한다.	시설·구조 : 지하공간의 시설 및 구조는 한번 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서의 종합적인 대책 마련이 필요	출화방지 및 초기소화	- 천장, 벽 등의 구조물 및 내장재 불연화 - 화기사용 설비기구와 가연물 등의 사용제한 - 설치된 전기기구 등의 출화방지 대책 - 초기 소화설비인 스프링클러 및 포소화설비 등 자동화 소화설비의 설치 - 긴급 가스공급 차단밸브 및 누설경보기 설치 - 화기사용 장소의 환경정비
			- 공간 및 시설의 형태를 고려한 감지 및 통보설비 설치 - 화재발생 장소, 화연확대상황을 파악하기 위한 장치 - 이용자의 피난상황을 파악하기 위한 장치 - 피난 중 이용자에게 적절한 정보를 전달하기 위한 장치 - 시스템의 인텔리전트화
		연기제어	- 급기기계 방배연방식 제어시스템의 대책사항 - 화재실·연기에 오염된 공간 등의 배기 - 급기할 공간과 다른 구획과의 압력차 조정조치 - 계단실 등 창이 많이 개방된 경우의 압력조정조치 - 화재발생 인접 지역은 정압을 유지하며 피난경로 및 대피장소 등은 적극적으로 가압
			- 지하공간은 다른 시설로 연결되는 지하통로 등의 피난 시에는 유효하나, 연소확대 및 연기확산의 통로가 되므로 통로 중간에 대중정 혹은 소중정을 설치하여 연소차단 - 지상공간보다 높은 압력 상태의 지하건물에서는 지상 공간보다 높은 내화성능 요구 - 채광, 배연용의 대형 및 소형 환기구가 있는 지하 방재 광장 설치 - 공간을 블록화하여 연기확산 방지 및 수평피난 유도 - 지상으로의 직통계단 다수 설치 - 출화위험 장소, 피난경로 확보를 위한 방화구획
		연소확대방지 및 피난공간확보	- 명확하고 효과적인 비상표지 시스템 - 비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획 - 유도등의 설치위치 주위에는 유사한 등화, 광고물, 표시물 등을 설치하지 않아야 함 - 지하공간의 공간별 특성을 고려하여 유도음, 플래시, 유도라인과 같은 부가적인 피난유도장치를 추가적으로 설치 - 오픈공간에 대해서는 유도등에 대한 보강조치가 필요하며, 특히 방향성을 제시할 수 있는 유도등을 설치
		성능위주 설비계획	- 명확하고 효과적인 비상표지 시스템 - 비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획 - 유도등의 설치위치 주위에는 유사한 등화, 광고물, 표시물 등을 설치하지 않아야 함 - 지하공간의 공간별 특성을 고려하여 유도음, 플래시, 유도라인과 같은 부가적인 피난유도장치를 추가적으로 설치 - 오픈공간에 대해서는 유도등에 대한 보강조치가 필요하며, 특히 방향성을 제시할 수 있는 유도등을 설치

○출화방지 및 초기소화

- 화재발생 시 내장재는 방화를 고려해 피난상 중요하며 천장, 벽의 마감 및 바탕재료에 대해서는 건물의 용도, 구조규모에 따라 불연재, 준불연재, 난연재를 사용하는 것으로 법규에서 의무화하고 있다.

○화재발견 및 정보전달

- 화재 및 재난 발생 시 화재장소, 화연확대상황을 파악하고 신속한 정보 전달 및 빠른 대처와 피난을 유도할 수 있다. 재난현장에서 효과적이고 적절한 대응을 위하여 화재발견 및 재난발생에 대한 정보전달이 빠르게 이루어져야 한다.

○연기제어

- 화재발생 시 효과적인 연기제어는 지하공간 전체의 인명안전에 가장 주요한 요소이며, 연기의 축적은 피난을 방해할 뿐만 아니라 화재관련 사고의 75% 이상이 연기에 의한 사고로 보고되고 있다. 이에 따라 화재발생 시 초기 연기의 확산 방지가 중요하며 화재발생 인접 지역은 정압을 유지하고, 피난경로 및 대피장소 등은 적극적 가압이 필요하다.

○연소확대방지 및 피난공간확보

- 중정은 배연효과와 더불어 일시적 피난공간의 확보가 가능하고, 특히 방화유리를 통한 중정은 화재구역의 정보를 주고 확실한 피난통로로서 이점이 있으므로 연소확대방지 및 피난공간 확보에 필요한 시설이다.

○성능위주 설비계획

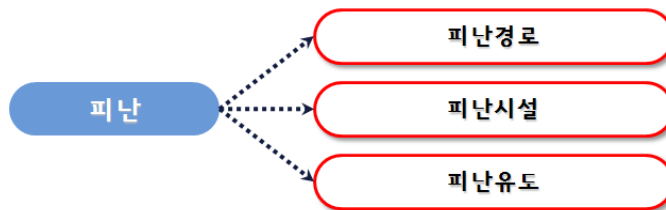
- 화재발생 시 효과적 신속한 대피 및 진압을 위하여 명확한 비상표지 및 유도등이 필요하며 이러한 설비의 개선을 통하여 지하공간의 안전을 유도할 수 있다.



〈그림 3-3〉 시설 · 구조관련 소방시설 및 장비

제2절 피난

지하공간의 특성상 화재 발생 시 피난이 자유롭지 못하며, 이용자를 패닉상태에 빠뜨릴 수 있다. 이에 따라 이용자들의 심리적 불안감을 완화하고, 피난자의 위치 및 피난경로를 명확히 하기 위하여 위치표시 및 피난유도 시스템 도입이 필요하다.



〈그림 3-4〉 피난 중분류항목

〈표 3-3〉 피난 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
화재가 발생하면 신속하게 전원을 안전한 장소로 피난	피난 : 지하공간의 경우 지상보다 피난의 어려움이 많기 때문에 피난 예방대책이 필요	피난경로	이용자의 특성을 고려한 피난경로 및 일시피난 장소의 설치
			위치표시시스템, 피난유도시스템의 도입, 피난경로의 단순명확화
			체류자 보호를 위한 공간(수평피난구획·일시피난거점 등) 확보
			방화방연구획의 성능 향상
			전관(全館)피난대책 : 피난 개시시간 단축, 피난공간 확보, 체류시간의 단축, 가스 감지 및 경보시설의 설치
			계단실내를 층별·출입문별 구획화
			계단 등의 필요면적 확보
		피난시설	피난경로 및 일시피난장소에서의 비상조명, 정보전달수단 및 방화/방연수단의 확보
			필요에 따라 비상조명의 명도를 높임
			자연의 유도 및 심볼존으로서의 공간의 이상적 상태 검토
			비상유도등을 가로 및 세로로 복합 설치하고 방향표시를 명확히 하며 비상구유도등 설치장소에는 별도의 시설물을 장착하지 않도록 함
			심리적 불안감의 완화 대책 : 안내표지의 정비 및 비상조명 확보
			유도등 설치 위치나 유도장치의 종류를 시각적 측면 외에 청각, 촉각을 활용
		피난유도	심리적 효과를 고려한 비상방송 등
			화재감지를 포함한 피난유도시스템의 고도화
			재확인인의 신속화(감시카메라 등), 비상방송 매뉴얼 등의 정비
			가스(일산화탄소·불완전가스 등)의 감지·경보시스템의 개발·도입
			피난유도의 철저
			비상 방송설비 음질의 명료화
			재관자를 파악하기 위한 시스템 등
			피난방향을 알기 어려울 경우 유도원을 배치하여 유도
			피난용 엘리베이터 설치(원칙적으로 재해약자 등에 한정)
			상(上)방향 피난대책 : 피난계단 부분의 연기에 의한 영향 배제와 피난용 엘리베이터 및 에스컬레이터 도입

○피난경로

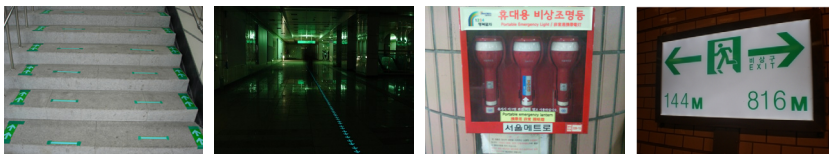
—화재발생 시에는 연기가 천장 부근에 모이게 되므로 표지의 위치는 벽체 아래와 바닥부분이 바람직하며, 지상으로의 탈출을 도울 수 있는 직통 가압계단이나 피난구의 설치가 필요하다.

○피난시설

—자연채광의 유입이 어려운 폐쇄적인 공간적 특성을 가지고 있으므로 명확하고 효과적인 비상조명 및 표지시스템이 요구된다. 이에 따라 비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획하고, 과다한 시각 환경 속에서도 지하매장 등을 쉽게 분별할 수 있도록 유도등의 설치가 필요하다.

○피난유도

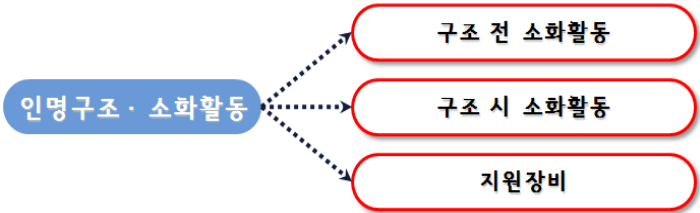
—비상상황 발생 시 대피경로 및 피난에 대한 정확한 정보를 설명하는 방송을 통하여 피난자들에게 심리적 안정과 신속한 피난을 유도해야 하며, 피난유도 시에는 휴대확성기, 전등, 로프 등을 활용하여 피난자에게 안전한 피난을 유도해야 한다.



〈그림 3-5〉 피난관련 소방시설 및 장비

제3절 인명구조 · 소화활동

화재발생 시 지상에서 내부를 확인할 수 있는 부분이 국한되어 발화지점이 나 규모 및 피난 지연 등의 상황 파악이 곤란하고, 지하공간에 축적된 질은 연기 및 열기가 지상으로 배출되기 어려워 내부진입 소방요원의 활동을 저해시킨다. 따라서 빠른 인명구조 및 소화활동을 위한 체계적인 훈련과 대비가 필요할 것으로 예상된다.



〈그림 3-6〉 인명구조 · 소화활동 중분류항목

〈표 3-4〉 인명구조 · 소화활동 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
화재가 발생하면 신속하게 전원을 안전한 장소로 피난	인명구조 · 소화활동 : 지상에서의 경우와 달리 지하공간은 어려움이 많기 때문에 대책이 필요	구조 전 소화활동	지하공간 내부의 파악
			내부 진입경로의 확보와 안전
			소방대 진입경로 및 활동거점의 확보
			진입경로 및 활동거점의 방화/방연수단의 확보
			화재현장의 상황파악을 위한 수단의 확보
			진료자의 위치 등을 파악할 수 있는 시스템의 개발 도입
			화재상황을 파악할 수 있는 시스템의 개발 도입
		구조 시 소화활동	인접 의료기관 확인 및 환자수송 계획
			장시간의 소방활동 고려
			사고발생 시 엔지니어가 구조요원들의 상황판단을 돕기 위한 공동협력방안 검토

〈표 계속〉 인명구조 · 소화활동 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
		지원장비	• 소방로봇의 개발 및 이용
			• 소화용수의 방수 및 배수
			• 통신 수단의 확보
			• 소화 및 구조 활동의 부담을 줄일 수 있는 장비와 시설의 확보
			• 소방대 전용의 진입로(계단 등)의 확보
			• 소방활동거점(각 층 2개소 이상, 비상콘센트 등의 설비) 확보
			• 소방활동용 엘리베이터의 설치 · 기능 향상
			• 소방활동시설 등의 방배연시스템 성능 향상
			• 소화설비(연결살수설비 등)의 설치
			• 소방장비의 경량화
			• 장시간 사용이 가능한 호흡기의 개발
			• 소방대원용 경량 냉각장치의 개발
			• 바닥의 방수장치
			• 소화용수의 배수장치
			• 무선통신수 보조설비 등의 설치

○ 구조 전 소화활동

—소화기 또는 옥내소화전설비 등을 활용하여 적절한 초기소화를 수행하고, 방화고, 방화셔터 등을 폐쇄하여 화재의 확산을 방지한다. 또한 화재현장의 빠른 상황파악 및 인접의료기관 확인을 통한 환자수송계획을 수립하여야 한다.

○ 구조 시 소화활동

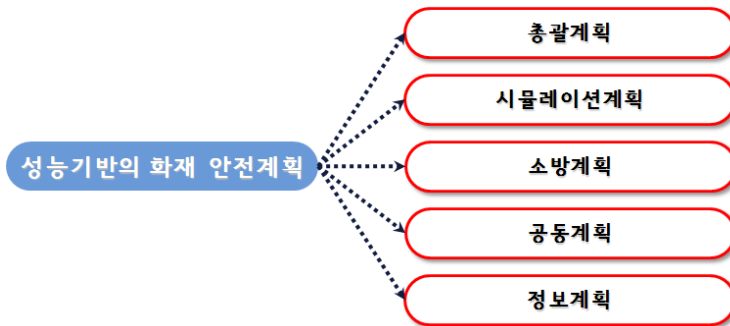
—피해가 확대된 경우에는 대응이 매우 곤란하므로 피해의 국한화를 도모하기 위하여 관리체제의 강화와 지하공간 종사원들의 안전 확보 차원에서 광역적인 방화시설 및 설비의 설치가 필요하다.

○지원장비

—지상에서의 경우와 달리 지하시설에 대한 소화활동은 어려움이 많기에 인간을 대신해 지하시설 내에서의 활동이 가능한 소방로봇(정찰, 소화 및 구조용), 통신수단, 소방 활동용 장비 등의 개발과 이용이 필요하다.

제4절 성능기반의 화재 안전계획

화재예방 및 빠른 대응을 위하여 위험발생 요소를 사전에 제거하고, 시뮬레이션 및 소방·정보계획을 통하여 성능기반의 효율적인 화재 안전계획을 수립하여야 한다.



〈그림 3-7〉 성능기반의 화재 안전계획 중분류항목

〈표 3-5〉 성능기반의 화재 안전계획 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
• 화재가 발하지 않도록 한다(화재방지)	• 성능기반의 화재 안전계획 : 갑자기 발생하는 화재 및 가스폭발 등에 대비한 안전계획 수립 필요	총괄계획	• PBD(Performance-Based Design) 설계
		시뮬레이션 계획	• 화재시뮬레이션 : 적용된 소방시설들에 대하여 화재영향평가를 위한 화재시뮬레이션을 적용하여 설계단계부터 안전성 획득
			• 피난시뮬레이션 : 연기의 이동과 전파경로, 그리고 피난자들의 방화문 집중현상과 상품의 통로 적치로 인한 피난지연 등의 발생여부 확인
			• 구조체와 사람에 미치는 화재와 연기의 영향과 더불어 실제상황을 실현하는 시뮬레이션 모델 개발
			• 단계별 긴급대피책에 근거한 현재 설계기준의 적정성을 검증하기 위하여 피난계획에 대한 설계적 분석 실행
		소방계획	• 소방시스템 분석 : 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비의 적정성을 검토하여 설계에 반영
공동계획	• 구조, 소방, 기계설비, 건축의 엔지니어들의 공동작업 필요		
	• 화재 시 건물의 성능 개선방안에 대하여 소방과 구조 엔지니어가 설계부터 참여		
정보계획	• 미래의 재난사고에 대비하여 구조물에 대한 정보, 인터뷰, 샘플, 현장사진 등의 데이터에 용이하게 접근이 가능하며 조사에 필요한 수준에 상응하는 지원체계가 필요		

○ 총괄계획

—용도에 따른 분석과 컴퓨터 모델링 기법을 통하여 건축구조 및 방재설비가 얼마나 효과적으로 성능을 발휘하여 거주자의 생명과 안전을 보호할 수 있는지를 평가하며, 위험도가 낮은 장소에는 불필요한 방재시설을 없애거나 축소하고, 위험도가 높은 장소에는 필요한 방재시설을 추가하여 건물의 화재 위험을 경감시키는 계획을 수립하여야 한다.

○ 시뮬레이션계획

—불특정 다수가 이용하는 지하공간의 소방시설들에 대하여 화재영향평가를 위한 화재 및 피난 시뮬레이션을 실시하고 드러난 문제점들을 개선하여야 한다.

○소방계획

- 지하공간은 피해가 확대된 경우에 대응이 매우 곤란하므로, 피해의 국소화를 도모하기 위하여 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비 등의 소방시스템 분석을 통한 소방계획이 필요하다.

○공동계획

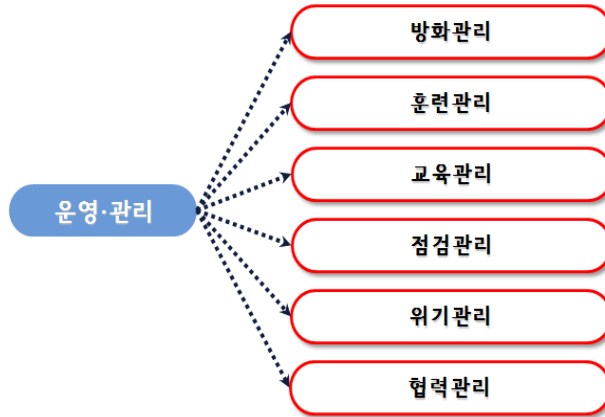
- 재난에 대한 신속한 대응을 위해 지하공간의 구조, 소방, 기계설비 등에 대한 관련기관의 공동 작업이 필요하고, 성능 개선방안 도출 시 소방과 구조 엔지니어가 참여하여야 한다.

○정보계획

- 지하공간 내 방재센터 상호 간의 연락과 방재관련기관과의 유기적인 연락체계를 구축하여 재난사고에 대비한 구조물에 대한 정보, 인터뷰, 샘플, 현장사진 등의 데이터 공유가 필요하다.

제5절 운영 · 관리

지하공간의 범위 및 위험요소가 많아짐에 따라 화재예방 · 대응을 위한 체계적인 운영 · 관리가 필요하다. 따라서 운영 · 관리에 필요한 방화, 훈련, 교육, 점검, 위기, 협력관리 등의 세부항목을 구성하였다.



〈그림 3-8〉 운영·관리 중분류항목

〈표 3-6〉 운영·관리 기능 및 분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
만일 화재가 발생하더라도 그 규모를 국지적 수준에 그치게 한다.	운영·관리 : 사고발생 및 예방을 위한 적절한 운영 및 관리가 필요	방화관리	- 화재, 가스탐지, 경보 및 전산 시스템 - 관리 주체의 체계적인 관리 - 소방계획의 검토와 자위소방활동 매뉴얼의 수립 - 방재센터 또는 방재실 기능의 강화
		훈련관리	- 비상대응능력의 향상을 위한 훈련 - 종사원과 이용객 및 통행인에게 협력을 구하는 종합 훈련의 추진 - 구조와 소방을 연계한 포괄적 훈련 실시
		교육관리	- 인명의 구출, 구호를 위한 지식의 보급과 장비 및 기자재 확보 - 교육훈련 : 각종 재난교육, 화재예방교육, 전기안전교육, 기계안전교육, 산업안전과 보건교육, 소방훈련 등
		점검관리	- 시설보수관련 : 지하상가에 대한 시설 보수만을 하는 전문팀이 접수된 각종 시설물의 보수 시행 - 시설안전점검 : 월간점검, 분기점검, 반기점검, 연간점검, 특별점검을 지하상가의 전체 시설물과 장비들에 대하여 지속적이고 계획적으로 실시
		위기관리	- 보고체계의 확보 - 대피방송의 확보 - 전원차단 시스템의 확보
		협력관리	공공기관과 개인기관 간의 관계와 협조체계 재평가

○방화관리

—각 운영기관에 따라 체계적인 운영 및 관리를 위한 소방계획의 검토와 자위소방활동을 위한 매뉴얼 책정 및 효율적인 방화관리가 필요하다.

○훈련관리

—비상시를 대비하여 구조와 소방을 연계한 훈련이 필요하며, 종사원과 이용객 및 통행인이 참여하는 종합훈련을 통해 안전체계에 대한 운영·관리가 필요하다.

○교육관리

—종사원 및 이용객을 대상으로 각종 재난 및 안전교육을 실시하여 인명의 구출, 구호를 위한 노하우를 보급하고, 비상시 안전을 위한 장비 및 기자재 확보의 교육관리를 시행하여야 한다.

○점검관리

—지하공간에 대한 보수만을 전문으로 하는 시설보수 전문팀을 통해 각각의 시설에 대한 안전점검을 시행하고, 월간, 분기, 반기, 연간, 특별점검을 통해 시설물에 대한 지속적이고 계획적인 점검관리가 진행되어야 한다.

○위기관리

—사고발생 시 신속한 보고체계 및 대피방송을 통하여 위기상황에 대한 적절한 대응이 필요하고, 위기관리를 위한 운영이 필요하다.

○협력관리

—지하공간 관련 공공기관과 개인기관 간의 관계 및 협조체계의 재평가를 통해 안전을 위한 매뉴얼을 운영·관리함으로써 지하공간 화재발생시 효율적이고 빠른 구조 활동을 진행한다.

제4장 지하공간 화재위험성 평가방안

제1절 평가항목

제2절 배점기준

제3절 평가방법

제 4 장

지하공간 화재위험성 평가방안

화재위험성 평가를 위해 지하공간의 안전관리를 대, 중, 소분류 하였으며, 소방전문가 의견수렴을 거쳐 평가항목 및 배점기준을 선정하였다.

평가 모델은 크게 대분류 5개, 중분류 22개, 소분류 94개로 구성되며, 각 소분류는 평가항목으로서 점수를 계산하여 최종적으로 화재위험성 평가방안을 제시하였다.

제1절 평가항목

이 연구에서는 제시된 5가지 지하공간 안전관리 요소로 화재위험성평가를 수행하기 위하여 평가항목을 분류하고, 평가항목에 대한 점수를 계산하여 화재위험성을 평가하였다(김윤중, 2008; 김수태, 1996).

〈표 4-1〉 화재위험성 평가항목의 구성

대분류	중분류	소분류(평가항목)	평가항목배점합계
시설/구조	5	26	348
피난	3	19	142
인명구조/소화	3	25	168
성능기반의화재안전계획	5	9	73
운영/관리	6	15	116

제2절 배점기준

1. 평가항목에 대한 배점

소방전문가의 의견을 바탕으로 평가항목의 중요도에 따라 3단계로 분류하여 단계별로 배점을 차등 부여하였다.

- －중요함 : 기능적 측면이나 유지관리상 중요한 영향을 미치는 경우(10점)
- －필요함 : 기능적 영향을 미치지 않으나 필요한 경우(7점)
- －일반적 사항 : 일반 관리적 사항인 경우(4점)

2. 평가항목별 점수 평가기준

소분류의 평가항목은 점검결과를 통해 다음과 같은 기준의 A, B, C, D의 4단계로 구분하여 평가한다.

- －A(양호) : 양호한 경우(1.0)
- －B(보통) : 평가항목에 대한 고려가 어느정도 있음(0.7)
- －C(개선이 필요) : 평가항목에 대한 향후 개선이 필요(0.3)
- －D(고려되지 않음) : 평가항목에 대한 고려가 전혀 없는 경우(0)

〈표 4-2〉 평가항목별 배점 및 취득점수 사례

대분류	중분류	평가항목	배점	취득점수
시설/ 구조	출화 방지 및 초기 소화	천장, 벽 등의 구조물 및 내장재 불연화	10	7
		화기사용 설비기구와 가연물 등의 사용제한	10	7
		설치된 전기기구 등의 출화방지 대책	10	10
		초기 소화설비인 스프링클러 및 포소화설비 등 자동화소화설비의 설치	10	10
		긴급 가스공급 차단밸브 및 누설경보기 설치	10	7
		화기사용 장소의 환경정비	10	3
		소계	60	49

제3절 평가방법

지하공간 화재위험성 평가를 위해 소방전문가 자문을 통하여 평가항목별로 점수 및 가중치를 부여하고, 1) 평가항목별 소분류 취득점수, 2) 중분류 평가점수에 각각의 중분류 및 대분류 가중치를 적용하며, 3) 대분류 평가점수, 4) 위험점수, 5) 종합점수를 산출하는 방법으로 진행되었다.



〈그림 4-1〉 지하공간 화재위험성 평가방법

1. 평가항목별 소분류 취득점수(A1)

- 평가항목별 소분류 취득점수는 항목별 배점에 현장점검 평가등급(A, B, C, D)을 곱하여 산정한다.
- 항목별 배점은 소방전문가의 의견을 수렴하여 결정되었고, 각 전문가의 평균점수를 반영하였다.

1) 시설 및 구조

시설 및 구조의 중분류별 평가항목의 배점에서 ‘천장, 벽 등의 구조물 및 내장재 불연화’, ‘공간 및 시설의 형태를 고려한 감지 및 통보 설비 설치’, ‘명확하고 효과적인 비상표지 시스템’의 점수가 높았으며, 이는 초기소화 및 연소확대방지가 시설 및 구조에 가장 큰 영향을 끼친다는 것을 보여준다.

〈표 4-3〉 시설 및 구조 배점

중분류	평가항목	배점
출화방지 및 초기소화	천장, 벽 등의 구조물 및 내장재 불연화	10
	화기사용 설비기구와 가연물 등의 사용제한	7
	설치된 전기기구 등의 출화방지 대책	5
	초기 소화설비인 스프링클러 및 포소화설비 등 자동화소화설비의 설치	10
	긴급 가스공급 차단밸브 및 누설경보기 설치	9
	화기사용 장소의 환경정비	7
소계		48
화재발견, 정보전달	공간 및 시설의 형태를 고려한 감지 및 통보설비 설치	10
	화재발생 장소, 화연확대 상황을 파악하기 위한 장치	8
	이용자의 피난상황을 파악하기 위한 장치	8
	피난 중 이용자에게 적절한 정보를 전달하기 위한 장치	9
	시스템의 인텔리전트화	9
소계		44
연기제어	화재실·연기에 오염된 공간 등의 배기	8
	급기할 공간과 다른 구획과의 압력차 조정조치	9
	계단실 등 창이 많이 개방된 경우의 압력조정조치	8
	화재발생 인접 지역은 정압을 유지하며 피난경로 및 대피장소 등은 적극적으로 가압	7
소계		32
연소확대 방지, 피난공간 확보	지하공간은 다른 시설로 연결되는 지하통로 등의 피난 시에는 유효하나, 연소확대 및 연기확산의 통로가 되므로 통로 중간에 대중정 혹은 소중정을 설치하여 연소차단	7
	지상공간보다 높은 압력 상태의 지하건물에서는 지상공간보다 높은 내화성능 요구	10
	채광, 배연용의 대형 및 소형 환기구가 있는 지하 방재광장 설치	5
	공간을 블록화하여 연기확산 방지 및 수평피난 유도	7
	지상으로의 직통계단 다수 설치	8
	출화위험 장소, 피난경로 확보를 위한 방화구획	8
소계		45

중분류	평가항목	배점
성능위주 설비계획	명확하고 효과적인 비상표지 시스템	10
	비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획	8
	유도등의 설치위치 주위에는 유사한 등화, 광고물, 게시물 등을 설치하지 않아야 함	6
	지하공간의 공간별 특성을 고려하여 유도음, 플래시, 유도라인과 같은 부가적인 피난유도장치를 추가적으로 설치	6
	오픈공간에 대해서는 유도등에 대한 보강조치가 필요하며, 특히 방향성을 제시할 수 있는 유도등을 설치	7
소계		37

2) 피난

피난의 중분류별 평가항목의 배점을 살펴보면, ‘심리적 불안감의 완화 대책 : 안내표지의 정비 및 비상조명 확보’ 평가항목과 같이 이용자의 안전한 피난시설이 가장 높은 점수를 취득한 것으로 나타났다.

〈표 4-4〉 피난 배점

중분류	평가항목	배점
피난경로	이용자의 특성을 고려한 피난경로 및 일시피난 장소의 설치	7
	위치표시시스템, 피난유도시스템의 도입, 피난경로의 단순명확화	9
	체류자 보호를 위한 공간(수평피난구획 · 일시피난거점 등) 확보	8
	방화방연구획의 성능 향상	9
	전관(全館)피난대책 : 피난 개시시간 단축, 피난공간 확보, 체류시간의 단축, 가스 감지 및 경보시설의 설치	7
	계단실내를 층별 · 출입문별 구획화	5
	계단 등의 필요면적 확보	6
소계		51
피난시설	피난경로 및 일시피난장소에서의 비상조명, 정보전달수단 및 방화/방연수단의 확보	7
	필요에 따라 비상조명의 명도를 높임(자연의 유도 및 심볼존으로서의 공간의 이상적 상태 검토)	5
	비상유도등을 가로 및 세로로 복합 설치하고 방향표시를 명확히 하며 비상구유도 등 설치장소에는 별도의 시설물을 장착하지 않도록 함	7
	심리적 불안감의 완화 대책 : 안내표지의 정비 및 비상조명 확보	10
	유도등 설치 위치나 유도장치의 종류를 시각적 측면 외에 청각, 촉각을 활용	8
소계		37

중분류	평가항목	배점
피난유도	심리적 효과를 고려한 비상방송 등	6
	화재감지를 포함한 피난유도시스템의 고도화	8
	재확인의 신속화(감시카메라 등), 비상방송 매뉴얼 등의 정비	7
	가스(일산화탄소·불완전가스 등)의 감지·경보시스템의 개발·도입	5
	피난유도의 철저(비상 방송설비 음질의 명료화, 재관자를 파악하기 위한 시스템 등)	6
	피난방향을 알기 어려운 경우 유도원을 배치하여 유도	6
	피난용 엘리베이터(원칙적으로 재해약자 등에 한정)	8
	상(上)방향 피난대책 : 피난계단 부분의 연기에 의한 영향 배제와 피난용 엘리베이터 및 에스컬레이터 도입	8
소계		54

3) 인명구조·소화활동

인명구조 및 소화활동의 중분류별 평가항목의 배점에 있어서는 ‘내부 진입 경로의 확보와 안전’, ‘소화 및 구조 활동의 부담을 줄일 수 있는 장비와 시설의 확보’, ‘장시간 사용이 가능한 호흡기의 개발’ 평가항목이 높은 점수를 취득했다.

〈표 4-5〉 인명구조·소화활동 배점

중분류	평가항목	배점
구조 전 소화활동	지하공간 내부의 파악	7
	내부 진입경로의 확보와 안전	9
	소방대 진입경로 및 활동거점의 확보	9
	진입경로 및 활동거점의 방화/방연수단의 확보	6
	화재현장의 상황파악을 위한 수단의 확보	7
	잔류자의 위치 등을 파악할 수 있는 시스템의 개발·도입	5
	화재상황을 파악할 수 있는 시스템의 개발 도입	8
	인접 의료기관 확인 및 환자수송 계획	5
소계		56
구조 시 소화활동	장시간의 소방활동 고려	8
	사고발생 시 엔지니어가 구조요원들의 상황판단을 돕기 위한 공동협력방안 검토	7
소계		15

중분류	평가항목	배점
지원장비	소방로봇의 개발 및 이용	7
	소화용수의 방수 및 배수	6
	통신 수단의 확보	6
	소화 및 구조 활동의 부담을 줄일 수 있는 장비와 시설의 확보	9
	소방활동거점(각 층 2개소 이상, 비상콘센트 등의 설비) 확보	7
	소방활동용 엘리베이터의 설치·기능 향상	7
	소방활동시설 등의 방배연시스템 성능 향상	7
	소화설비(연결살수설비 등)의 설치	6
	소방장비의 경량화	7
	장시간 사용이 가능한 호흡기의 개발	10
	소방대원용 경량 냉각장치의 개발	8
	바닥의 방수장치	6
	소화용수의 배수장치	5
	무선통신수 보조설비 등의 설치	6
소계		97

4) 성능기반의 화재안전계획

성능기반의 화재안전계획에서는 중분류 총괄계획의 평가항목 ‘PBD (Performance-Based Design) 설계’가 가장 높은 점수인 만점을 취득하였고 이어 ‘화재관련 시뮬레이션 계획’, ‘정보계획’이 높은 점수를 받았다.

〈표 4-6〉 성능기반의 화재안전계획 배점

중분류	평가항목	배점
총괄계획	PBD(Performance-Based Design) 설계	10
소계		10
시뮬레이션 계획	화재시뮬레이션 : 적용된 소방시설들에 대하여 화재영향평가를 위한 화재시뮬레이션을 적용하여 설계단계부터 안전성 획득	8
	피난시뮬레이션 : 연기의 이동과 전파경로, 그리고 피난자들의 방화문에서의 집중현상과 상품의 통로 적치로 인한 피난 지연 등의 발생여부 확인	9
	구조체와 사람에 미치는 화재와 연기의 영향과 더불어 실제상황을 실현하는 시뮬레이션 모델 개발	7
	단계별 긴급대피책에 근거한 현행 설계기준의 적정성을 검증하기 위하여 피난계획에 대한 설계적 분석 실행	9
	소계	33

중분류	평가항목	배점
소방계획	소방시스템 분석 : 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비의 적정성을 검토하여 설계에 반영	7
	소계	7
공동계획	구조, 소방, 기계설비, 건축의 엔지니어들의 공동 작업 필요	7
	화재 시 건물의 성능 개선방안에 대하여 소방과 구조엔지니어가 설계부터 참여	8
	소계	15
정보계획	미래의 재난사고에 대비하여 구조물에 대한 정보, 인터뷰, 샘플, 현장사진 등의 데이터에 용이하게 접근이 가능하며 조사에 필요한 수준에 상응하는 지원체계가 필요	8
	소계	8

5) 운영·관리

운영·관리의 경우 항목별 취득점수는 대부분 비슷한 것으로 나타났으며, 중분류 훈련관리의 평가항목 중 ‘비상대응능력의 향상을 위한 훈련’의 점수가 가장 높았다.

〈표 4-7〉 운영·관리 배점

중분류	평가항목	배점
방화관리	화재, 가스탐지, 경보 및 진산 시스템	7
	관리 주체의 체계적인 관리	8
	소방계획의 검토와 자위소방활동 매뉴얼의 수립	7
	방재센터 또는 방재실 기능의 강화	7
	소계	33
훈련관리	비상대응능력의 향상을 위한 훈련	9
	종사원과 이용객 및 통행인에게 협력을 구하는 종합훈련의 추진	7
	구조와 소방을 연계한 포괄적 훈련 실시	9
	소계	25
교육관리	인명의 구출, 구호를 위한 지식의 보급과 장비 및 기자재 확보	7
	교육훈련 : 각종 재난교육, 화재예방교육, 전기안전교육, 기계안전교육, 산업안전과 보건교육, 소방훈련 등	7
	소계	14
점검관리	시설보수관련 : 지하상가에 대한 시설 보수만을 하는 전문팀이 접수된 각종 시설물의 보수를 시행함	7
	시설 안전점검 : 월간점검, 분기점검, 반기점검, 연간점검, 특별점검을 지하상가의 전체 시설물과 장비들에 대하여 지속적이고 계획적으로 실시	7
	소계	14

중분류	평가항목	배점
위기관리	보고체계의 부재	8
	대피방송의 부재	8
	전원차단 시스템의 부재	8
소계		24
협력관리	공공기관과 개인기관 간의 관계와 협조체계 재평가	6
소계		6

2. 중분류 평가점수(X1)

$$= \frac{\text{중분류 내의 소분류 취득점수합계} (\Sigma A1)}{\text{중분류 내의 소분류 배점합계} (\Sigma A)} \times \text{중분류 백분율 가중치} (X)$$

－1개의 대분류 내에서 각 중분류 백분율 가중치의 합은 100이 되도록 하며 소방전문가의 자문을 통하여 적절한 가중치를 결정하였다.

〈표 4-8〉 중분류 가중치

대분류	중분류	점수	대분류	중분류	점수
시설 · 구조	출화방지 및 초기소화	27	성능기반의 화재안전계획	총괄계획	20
	화재발견, 정보전달	25		시뮬레이션계획	22
	연기제어	13		소방계획	23
	연소확대 방지, 피난공간 확보	25		공동계획	18
	성능위주 설비계획	10		정보계획	17
	총계	100		총계	100
피난	피난경로	42	인명구조 소화활동	구조 전 소화활동	38
	피난시설	33		구조 시 소화활동	22
	피난유도	25		지원장비	40
	총계	100		총계	100
운영 · 관리	방화관리	27			
	훈련관리	13			
	교육관리	12			
	점검관리	20			
	위기관리	17			
	협력관리	12			
	총계	100			

3. 대분류 평가점수(Y1)

$$= \frac{\text{대분류 내의 중분류 평가점수 합계}(\Sigma X1)}{\text{대분류 내의 중분류 백분율 가중치의 합계}(\Sigma X)} \times \text{대분류 백분율 가중치}(Y)$$

- 각 대분류 백분율 가중치의 합은 100이 되도록 하며 소방전문가의 자문을 통하여 적절한 가중치를 결정하였다.

〈표 4-9〉 대분류 가중치

대분류	점수	대분류	점수
시설·구조	30	인명구조·소화활동	20
피난	20	성능기반의 화재안전계획	15
운영·관리	15		

4. 위험점수(D)

$$= \text{각 대분류 백분율 가중치} - \text{대분류 평가점수}(Y-Y1)$$

- 위험점수(D)는 중분류 항목의 백분율 가중치(즉, 중분류 항목에 대한 배점)에서 평가점수를 뺀 값으로 각 항목에 대한 화재의 잠재위험도를 나타낸다.

5. 종합점수(Z)

$$= 100 - \Sigma D$$

- ΣD 는 대분류 항목별 위험도 점수의 합을 나타낸다.

6. 계산 예

지하공간 안전관리의 대분류 시설·구조에 대한 평가 계산 예로, 출화방지 및 초기소화, 화재발견 및 정보전달, 연기제어 등의 항목을 포함하여 아래와 같이 평가점수를 계산하였다.

〈표 4-10〉 화재위험성 평가 계산 예시

대분류	중분류	배점합계 (A)	취득점수 (A1)	중분류		대분류		위험 점수 (D)	종합 점수 (Z)
				백분율 가중치(X)	점수(X1)	백분율 가중치(Y)	점수(Y1)		
시설/구조	출화방지 및 초기소화	48	42	27	24	30	26	4	
	화재발견, 정보전달	44	41	25	23				
	연기제어	32	28	13	11				
	연소확대방지, 피난공간확보	45	36	25	25				
	성능위주 설비계획	37	33	10	9				

1) 중분류 평가점수(X1)

$$= \frac{\text{중분류 내의 소분류 취득점수합계} (\Sigma A1)}{\text{중분류 내의 소분류 배점합계} (\Sigma A)} \times \text{중분류 백분율 가중치} (X)$$

$$\text{— 출화방지 및 초기소화} = \frac{42}{48} \times 27 = 24$$

$$\text{— 화재발견, 정보전달} = \frac{41}{44} \times 25 = 23$$

$$\text{— 연기제어} = \frac{28}{32} \times 13 = 11$$

$$\text{— 연소확대 방지, 피난공간 확보} = \frac{36}{45} \times 25 = 20$$

$$\text{— 성능위주 설비계획} = \frac{33}{37} \times 10 = 9$$

2) 대분류 평가점수(Y1)

$$= \frac{\text{대분류 내의 중분류 평가점수 합계}(\Sigma X1)}{\text{대분류 내의 중분류 백분율 가중치의 합계}(\Sigma X)} \times \text{대분류 백분율 가중치}(Y)$$

$$\text{— 시설/구조} = \frac{24 + 23 + 11 + 20 + 9}{27 + 25 + 13 + 25 + 10} \times 30 = 26$$

3) 위험점수(D)

$$= Y - Y1$$

$$\text{— 시설/구조} = 30 - 26 = 4$$

4) 종합점수(Z)

$$= 100 - (4 + \dots)$$

— 시설 · 구조에서의 위험점수(4)에 나머지 4개의 대분류에서의 위험점수를 합산한 후 100에서 뺀 값으로 산출한다.

제5장 서울시 지하공간 재난관리 및 재난의료 개선방안

제1절 법령 및 제도개선 방안

제2절 서울시 지하공간 재난관리 현황

제3절 서울시 지하공간 재난관리 개선방안

제4절 서울시 지하공간 재난의료현황 및 개선방안

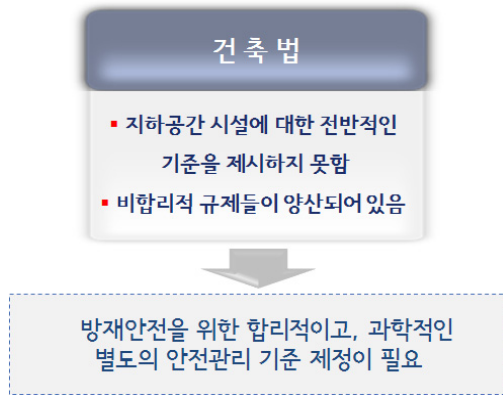
제 5 장

서울시 지하공간 재난관리 및 재난의료 개선방안

제1절 법령 및 제도개선 방안

1. 건축법관련

현행 건축법에서 지하공간 관련 규정은 지상층의 건축에 따른 지하층의 설치에 관한 규정으로 지하공간시설의 전반적 기준을 제시하고 있지는 못하므로 이에 대한 제도개선 방안이 필요하다. 그리고 지하생활공간의 방재안전성을 보다 합리적으로 평가, 보완할 수 있는 시스템이 요구되며 과학적인 별도의 안전 관리기준 제정이 시급하다.



〈그림 5-1〉 건축법 제도개선 방안

2. 안전관련

지하공간의 건축물 및 설비·장비에 관한 안전규정이 국토해양부, 행정안전부, 노동부, 환경부, 지식경제부의 개별법으로 나뉘어 있어 법령들의 연계성을 이해하기 어려우므로 개선이 필요하다.

국토해양부의 “지하공공보도 시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한규칙”에는 지하공공보도시설의 시설 기준만이 제시되어 있으므로 지하철, 지하상가, 지하주차장의 시설기준에 대해서도 명확한 제시가 요구된다.

기준에 연구된 국내 지하공간의 안전관련 법령의 문제점(이정은 외, 2008)을 재구성하여 이에 대한 개선방안을 나타냈다.

〈표 5-1〉 지하공간의 안전관련 법령 개선방안

구분	법령	개선방안
부처 간 법령의 표준화 필요	• 지하공공보도시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙	• 지하공간시설 정의 필요
	• 건축물의 피난·방화구조 등의 기준	• 지하공간에 관한 규정 강화 필요
	• 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙	① 직통계단, 피난계단, 특별피난계단의 기준에 지하공간에 대한 별도 기준은 없음 ② 지하층의 기준은 건축법 제53조를 따르는데 건축법 제53조의 지하층 정의는 명확하지 않으므로 지하공간의 기준이 필요 ③ 방화문의 구조는 지하공간에 대한 고려가 없으므로 별도의 규정이 필요
지상과 지하 구분 없이 법령 제시	• 고압가스 안전관리법	• 안전규정이 지상과 지하의 구분이 필요
	• 주차장법	• 정의나 시설기준의 명시
	• 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률	• 소화설비, 이산화탄소소화설비, 할로겐화합물 소화설비의 설치대상이 지하층이나 지하주차장에 대한 지시가 필요
	• 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령	• 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비의 설치를 보면 지상·지하의 구분 없이 설치를 지시하여 이에 대한 개선 필요(단, 일부 지하층에만 단독으로 설치하는 설비는 제외)
	• 위험물안전관리법	• 위험물시설의 저장소 분류에서 지하공간에 설치된 저장소에 대한 분류가 필요
	• 건축법 시행령 제46조 및 57조	• 지하층은 층마다 구획되어 있으나 구획구분의 구조 등이 지상의 것과 동일하게 사용되어 개선이 필요
	• 건축법 시행령	• 건축물의 내화구조에는 지하층도 적용되지만 지상층과 일률적으로 방화구조를 정하여 이에 대한 개선 필요
복잡한 법령 구조	• 건축법 제53조	• “건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙”의 제1조에 건축법 제49조에서 제53조까지의 규정에 따른 건축물의 피난·방화 등에 관한 기술적 기준을 정한다고 명시되어 있으나 건축법의 어떤 규칙을 따라야 하는지는 없어 이에 대한 명시 필요

3. 소방관련

지하공간의 특성상 화재발생 시 빠른 상황이 곤란하고, 지상공간보다 적절한 소화 및 구조 활동이 어려우므로 적절한 대응책이 필요하다. 즉 화재안전관

런 소방시설의 제도개선 방안은 다음과 같다. 첫째, 채광, 배연용의 대형 및 소형 환기구가 있는 지하 방재광장을 여러 곳에 설치한다. 둘째, 공간을 블록화하여 화재발생 구획으로 열 및 연기를 제한하고 수평피난을 가능하게 한다. 셋째 지상으로의 직통계단을 다수 설치하고, 계단의 위치 및 방향을 알기 쉽게 하여 시야를 확보한다.



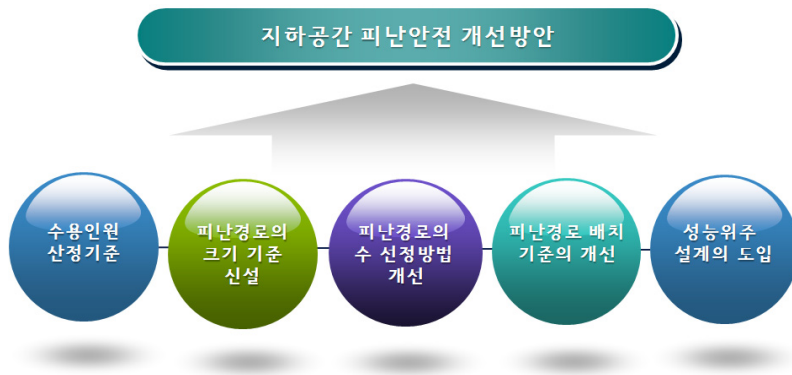
〈그림 5-2〉 소방시설의 제도개선 방안

4. 피난관련

지하공간의 경우 공간의 제약으로 인해 피난 활동에 어려움이 따르므로 대책마련이 필요하다. 특히, 지하공간에서의 수용인원 산정기준과 피난경로의 크기기준 신설, 피난경로의 수 선정방법 개선과 피난경로의 배치기준 개선이 필요하다.

〈표 5-2〉 지하공간 피난안전 개선방안

구분	개선방안
수용인원 산정기준	• 수용인원을 산정 시 다양한 용도로 분류하여 용도별 특성을 나타낼수 있도록 개선
피난경로의 크기 기준 신설	• 수용인원계수를 세분화하여 피난경로의 폭에 대한 기준을 다양하게 규정할 필요가 있음
피난경로의 수 선정방법 개선	• 용도와 바닥면적만을 기준으로 피난경로의 수를 선정하였는데 용도별 수용인원과 바닥 면적별 수용인원을 고려할 필요가 있음
피난경로 배치기준의 개선	• 내화구조 또는 불연재료만을 고려하여 피난경로를 배치하였으나 건축물의 용도, 설비 피난성능 등 다양한 요인을 고려할 필요가 있음
성능위주 설계의 도입	• 소방뿐 아니라 건축분야에서도 성능위주의 설계 도입이 필요



〈그림 5-3〉 지하공간 피난안전 개선방안

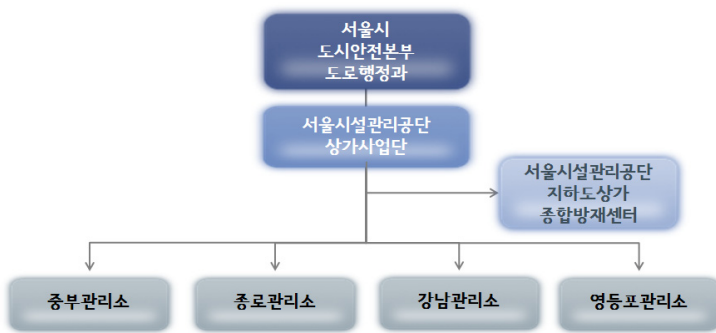
제2절 서울시 지하공간 재난관리 현황

서울시 지하공간 재난 중 화재의 발생 빈도가 가장 높았으며, 화재의 경우 지하상가에서의 발생률이 가장 높았다. 이에 따라 이 절에서는 지하공간 중 지하상가에서의 화재발생 시 재난관리 현황에 대해 서술하였다.

1. 조직

1) 예방 및 대비

지하공간에서 발생하는 각종 재난으로부터 인명 및 재산, 시설물을 보호하고 재난을 신속히 대응·복구함으로써 피해를 최소화하여, 상가영업 및 지하 보도 기능을 조기에 정상화하고자 재난관리체계를 계획·운영하고 있다.



〈그림 5-4〉 지하공간 재난예방·대비조직(서울시 안전관리계획, 2010)

서울시는 도시안전본부 도로행정과, 시설관리공단 상가사업단을 포함한 재난관리체계 예방·대비 조직을 구성하여 운영하고 있다.

2) 대응 및 복구

서울시 안전관리계획(2010)의 “지하도상가 안전관리계획”, “폭발·대형화재 재난관리대책”을 참고하여 대응 및 복구조직(안)을 작성하였다.



〈그림 5-5〉 지하공간 재난대응·복구조직(안)

재난안전대책본부의 본부장인 시장은 재난의 예방·대비·대응·복구 등에 관한 사항을 총괄·조정하며, 재난상황에 대한 통합관리를 위하여 관계 재난 관리책임기관의 장에게 제반조치를 요청한다.

2. 기능

1) 예방 및 대비

서울시 도시안전본부 도로행정과, 시설관리공단 상가사업단 등은 지하도상가의 체계적 관리와 재난상황에 대한 대처를 주요 기능으로 하고 있다. 지하도상가 위치에 따라 중부관리소, 종로관리소, 강남관리소, 영등포관리소 등 4개로 나뉘며, 각 관리소 및 조직의 기능은 다음과 같다.

〈표 5-3〉 재난예방·대비 조직의 기능

기능	내용
지하도상가의 체계적 관리	- 재난 취약지역 조사, 재난 위험지구 지정 - 재해 취약성 사전 조사, 재해 위험도 평가 후 재해 위험지구별 정비계획 수립, 시행
재난대책 수립, 시행	- 피해 저감 종합대책에 포함하여 수립 시행 - 지역의 개발과 보존, 토지이용, 공간·시설계획을 포함한 도시계획과 연계, 시행 - 위험지역의 사전 지정, 정비 및 유사시 경계·대피가 용이한 방재체계의 구축 - 재난 위험지구별 행동매뉴얼 작성 및 활용 - 계획시행을 위한 필요 인력, 예산 장비의 확보
재난 취약시설 점검, 지정 관리	- 방재시설물 점검, 정비 - 재해위험지구(고립예상지역) 지정, 관리 - 대규모 공사장 점검, 관리 - 국민생활 필수시설 점검 관리
수방자재 확보·관리	
응급복구용 동원장비 지정 관리	
봉사단체 및 유관기관 협조체제 구축	- 자원봉사단체 지원·협조체제 구축 - 유관기관 소관업무 지원·협조체제 구축 - 관할 군부대 장비 및 병력동원 계획
재난상황 홍보방안 및 자물 방재의식 고취	- 예측 및 정보전달 체계 구축(예 : 경보) - 재난대비 교육 및 훈련실시 - 자물방재조직 활동 지원 - 대국민 홍보대책
긴급 지원체계의 구축 및 지원계획 점검·보강	- 현장 응급의료 및 구호 지원체계 구축·점검 - 자원봉사자 등 민간단체와 연계·조직화 활용방안 강구 - 재난의 진압·복구를 위한 동원체계 구축 및 자재 비축

참고 : 서울시 안전관리계획, 2010

2) 대응 및 복구

대응·복구조직은 서울시장을 본부장으로 하여 차장(행정2부시장), 총괄조정관(경영기획실장), 통제관(도시안전본부장), 담당관(도로행정담당관)을 포함한 9개 실무반 전체 76명(반장12명, 조원64명)으로 구성되어 있다. 조직의 기능은 다음과 같다.

〈표 5-4〉 대응·복구조직의 기능

기능	
	• 대규모 안전재난의 예방·대비·대응·복구 등에 관한 사항을 총괄 조정 • 재난상황에 대한 통합관리를 위하여 관계 재난관리 책임기관의 장에게 제반조치 요청 등 • 각종 재난사고 상황의 접수, 확인 • 재난유형, 규모 등 판단, 계통 보고 • 유관기관 통보, 전파 및 초동조치 강구 • 재난관련 정보파악 확인 • 재해발생 시 응급조치 총괄 • 위기수준 평가 및 위기경보 발령에 관한 사항 • 위기발생에 따른 조치사항 결정·집행에 관한 사항 • 위기단계별 인력·장비·예산 동원 결정에 관한 사항 • 유관부처·기관·단체에 지원협조 및 파견요청에 관한 사항 • 위기발생에 따른 복구 및 사후조치에 관한 사항

참고 : 서울시 안전관리계획, 2010

〈표 5-5〉 실무반별 임무

구분	내용
상황반	• 사고대책본부의 운영 및 관리 • 종합상황 기록·보고·연락체계 유지 • 유관기관 간 협조체제 구축 등 재해 구호상황 기록유지 및 보고
조치반	• 사고원인 조사 및 피해현황 통계 작성 • 수습대책 수립시행 및 소요예산 확보 • 유가족 등에 대한 피해배상 및 보상대책 수립, 사후수습 등
인명구조반	• 현장지휘와 인명구조 활동 • 화재예방 및 진압, 긴급구조구난작업
구호반	• 현장응급진료소 설치운영, 사상자처리, 병원관리, 구호금품 관리 • 방역예방, 구호관련 민간자원봉사자 관리
복구반	• 복구계획 수립시행 및 소요예산 산출 • 복구용 장비지원 및 자재수급과 배정 • 복구관련 민간자원봉사자에 관한 사항 • 추가 붕괴 등 2차 피해방지를 위한 긴급안전점검반 편성·운영
교통대책반	• 교통통제와 우회소통대책 수립 • 복구인력·장비 등의 수송로·수송차량 확보
지원반	• 통신망 및 차량, 사무용품, 비품, 장비지원 • 공무원 비상소집과 근무상태 점검 • 본부요원의 복무와 후생, 출입자통제 • 민간인자원봉사자 총괄, 재난지역 주민대피·소개, 각종 민원사항접수·처리
홍보반	• 취재인력과 장비의 출입통제 • 대변인의 지정운영, 현장보도 안내와 시민홍보, 주민행동요령 홍보 • 피해지역 현장촬영 등 기록유지 • 공동취재단 운영 등 언론기관 협조 • 구조구난장비의 동원 등 언론기관에 재난대응요령 홍보

참고 : 서울시 안전관리계획, 2010

제3절 서울시 지하공간 재난관리 개선방안

지하공간의 재난관리는 예방 및 대비조직, 대응 및 복구조직으로 나뉘어 이루어지고 있다. 각 조직은 하위조직으로 반을 구성하고 있으며, 이러한 운영은 각 부처에 분산되어 있는 재난관리업무의 통합을 불가능하게 만들어 재난발생 시 신속한 대처 및 효율적 운영을 어렵게 할 수 있다. 또한 각 부서의 업무 분산으로 인하여 재난 대응과 복구 단계에서 협력시스템과 통합지휘체계의 구축의 한계가 발생할 수 있다.

1. 재난현장 통합지휘체계 확립

주요 지하시설물(지하상가, 터널, 공동구 등)에 대규모 폭발, 대형화재 등 재난발생 시 재난현장 통합 지휘체계 확립을 위하여 “재난안전대책본부” 및 “긴급구조통제단”을 설치하고 있다(서울시 안전관리계획, 2010). 재난안전대책본부는 본부장이 서울시장이고 그 기능은 재난의 예방, 대비, 대응, 복구 등에 관한 사항을 총괄, 조정하고 있으며 긴급구조통제단은 서울소방재난본부장이 단장이고 그 기능은 재난현장에 참여하는 긴급구조기관 및 긴급구조지원기관의 통합조정과 함께 재난안전대책본부장을 보좌하고 서울시 차원의 긴급 구조활동을 총괄한다.



〈그림 5-6〉 재난현장 통합지휘체계

긴급구조통제단은 인위 재난 시에는 현장에 설치하고, 자연 재해 시에는 서울종합방재센터 종합상황실에 설치한다. 긴급구조통제단은 하나 이상의 자치구에서 재난이 발생하거나 자치구통제단의 대응능력을 초과한 상황에 가동되며, 자치구 긴급구조통제단은 자치구 내 여러 긴급구조지원기관과의 공동대처가 필요한 경우로 통제단장이 재난현장에서의 효과적인 대응활동을 위하여 통제단 구성 및 운영이 필요하다고 인정하는 재난발생 시 가동된다.



〈그림 5-7〉 긴급구조통제단의 가동시기

그러나 재난의 관리를 위한 각종 법령이 건축법, 소방법 등 부처별로 나뉘어 있어 재난관리체제의 통합적 구조화에 어려움이 발생할 수 있다. 즉, 재난관리를 위한 각종 법령이 별개로 운영되며, 법률 간 연계성도 부족하여 다수의 부처가 관련되는 재난사고가 발생하는 경우 부처 간의 협조가 원활하게 이루어지지 않는다. 또한 재난관리 업무가 재난재해 유형별로 분산되어 있기 때문에 재난대응과정에서 공조체제가 이루어지기 어렵고, 통합지휘체계가 구축되기 어렵다.

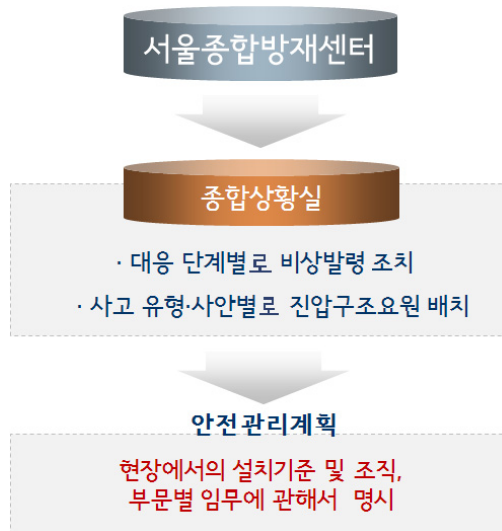


〈그림 5-8〉 재난관리체제의 개선사항

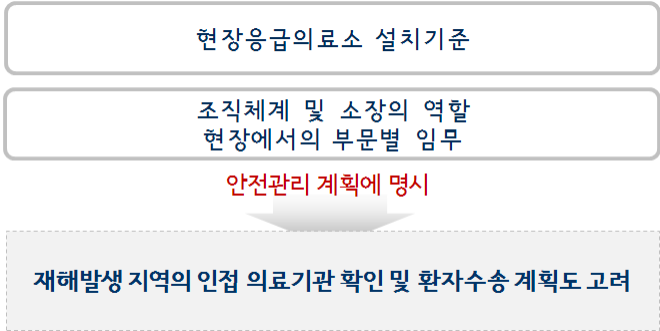
2. 현장 응급구조체계 구축

신속하고 정확한 상황보고 체계 구축을 위하여 서울종합방재센터는 종합상황실을 설치 운영하여 대응 단계별로 비상발령 조치를 취하고 사고 유형별, 사안별로 전문 진압구조요원을 신속히 배치하도록 되어 있다. 그러나 지하공간에서 대규모 폭발, 대형화재 등 재난발생 시 현장 응급의료소 등의 설치기준과 조직체계 및 소장의 역할과 현장에서의 부문별(중증도 분류반, 응급처치반, 이

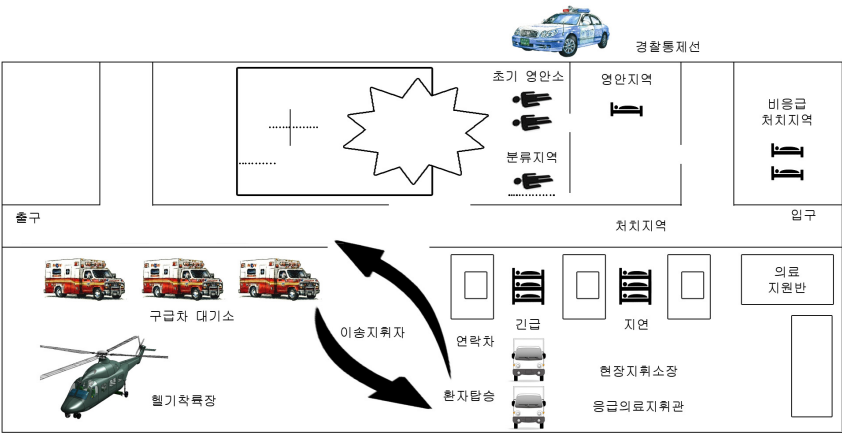
송반 등) 임무에 관해서는 명시되어 있지 않으므로 이러한 사항을 안전관리 계획에 명기하여야 한다. 또한 재난이 발생하였을 경우 재해현장에서 가까운 의료기관일수록 재해에 더 심각한 타격을 받는다고 알려져 있다. 이 때문에 재해발생 지역의 인접 의료기관 확인 및 환자수송 계획도 고려해야 할 것이다. 제5장 제4절의 재난의료 지원사항에서 구체적인 관리계획을 서술하였다. 보건 의료뿐 아니라 재해 대응을 위해서는 재해 현장의 체계, 배치, 임무에 대한 전체적 이해도를 높일 필요가 있다.



〈그림 5-9〉 종합상황실 업무 및 기능



〈그림 5-10〉 현장 응급구조체계 구축



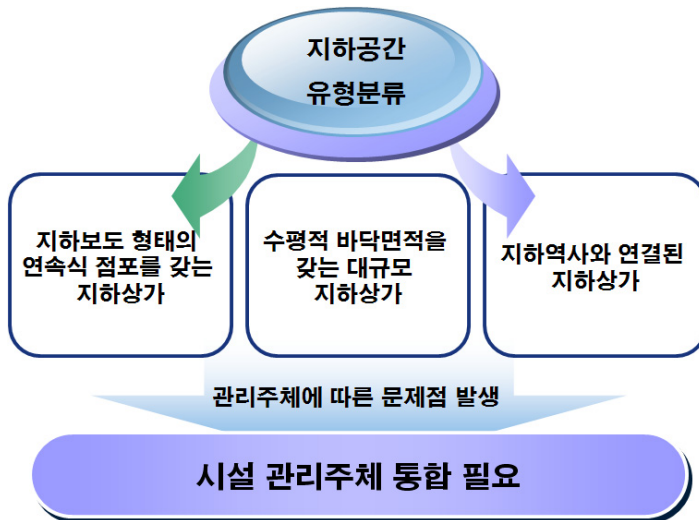
〈그림 5-11〉 재해현장의 모식도

3. 시설관리주체 통합 개선

서울시 지하상가는 크게 공간 및 형태적 유형에 따라 나눌 수 있으며, 유형별 형태에 따라 관리주체가 다르게 나타난다. 지하상가의 유형은 크게 1) 지하 보도 형태의 연속식 지하상가, 2) 수평적 바닥 면적을 갖는 대규모 지하상가, 3) 지하역사와 연결된 형태의 지하상가로 구분할 수 있다. 각 유형의 지하상가

는 공통적으로 방화 및 유지관리 측면의 문제점을 가지고 있지만, 유형별·상가별 관리주체가 다르기 때문에 경보시스템 등 방화설비의 설치 및 관리가 별도로 되어 있다. 지하상가는 서울시설관리공단 또는 민간업체, 지하철역사는 지하철공사 또는 도시철도공사가 관리하고 있다. 이러한 개별관리체계로 인하여 화재 및 재난발생 시 현장의 통합 지휘체계와 현장 응급구조에 문제가 발생할 우려가 있다.

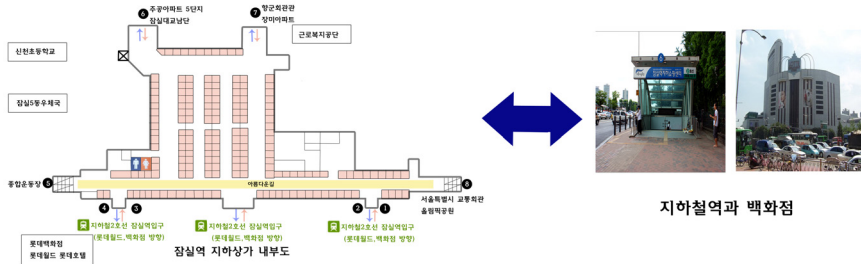
따라서 향후 통합관리를 위한 대책 및 시설관리주체의 개선이 필요하다.



〈그림 5-12〉 지하공간의 유형분류

1) 지하보도 형태의 연속식 지하상가

연속식 지하상가의 대표적 사례로는 강남고속터미널과 연결된 반포지하상가, 롯데월드와 연결된 잠실지하상가가 있다. 각 사례는 백화점, 터미널 등 대규모 다중이용시설과 연결되는 지하보도 형태의 특징을 가지고 있어 화재안전을 위해 지하상가 및 다중이용시설을 연계할 필요가 있다.



〈그림 5-13〉 잠실역 지하상가의 유형

2) 수평적 바닥면적의 지하상가

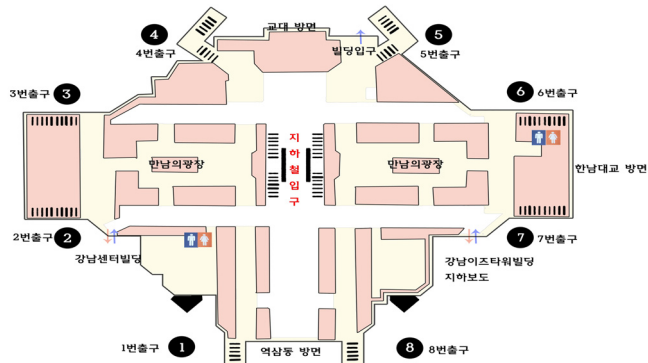
수평적 바닥 면적을 갖는 지하상가의 대표적 시설에는 코엑스몰이 있다. 복합 문화시설로 설계된 코엑스몰은 다른 지하상가처럼 지하철 및 다중이용시설과 연계되어 있지만, 수평적 바닥면적의 특성상 다른 지하상가와 위험성 및 방재적 특성의 차이점을 가지고 있다.



〈그림 5-14〉 코엑스 지하상가의 유형

3) 지하역사와 연결된 지하상가

지하역사와 지하상가가 연결된 형태의 대표적인 시설로는 강남역 지하상가가 있다. 강남역 지하상가의 경우 지하역사가 지하상가의 수직적 아래에 위치하기 때문에 지하철 이용 승객이 지하상가를 거쳐 밖으로 나가는 구조로 되어 있다. 따라서 이에 적절한 방화 및 유지관리 체계가 필요하다.



지하철역



〈그림 5-15〉 강남역 지하상가의 유형

제4절 서울시 지하공간 재난의료현황 및 개선방안

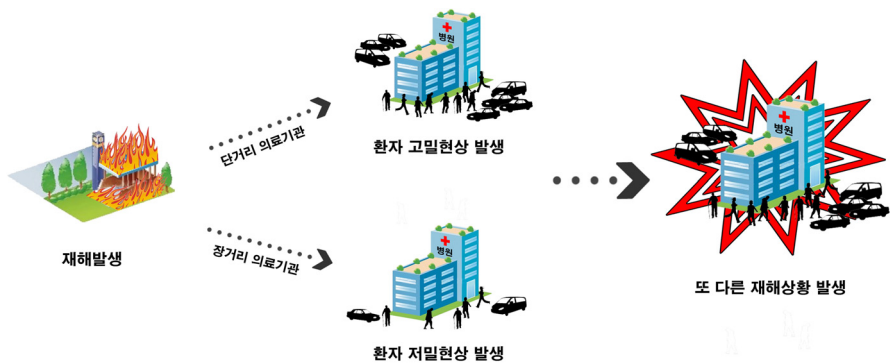
1. 재난의료 지원의 기본사항

1) 재난의료 고려사항

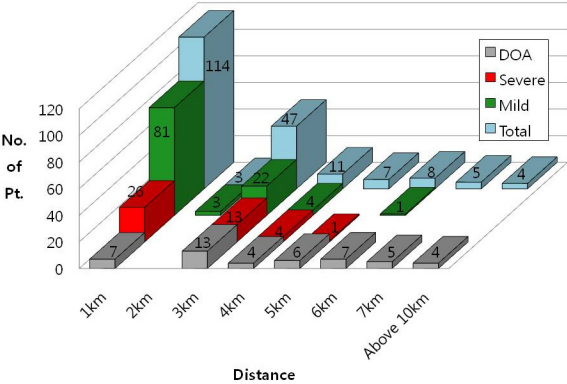
(1) 지리효과

실제 재해 분석결과를 보면 재해현장에서 가까운 의료기관일수록 더 심각한 타격을 받는다고 알려져 있다. 원칙적으로 재해발생 시 경환자는 재해현장에서 먼 소규모 의료기관으로 분산되어야 하고, 중환자는 재해현장에서 가까운

대규모 의료기관에 분산되어야 한다. 그러나 혼란한 재해 상황에서는 대다수 피해자들이 걸어서 혹은 차량을 이용하여 현장에서 가장 가까운 큰 의료기관을 방문하게 된다. 이로 인해 이러한 의료기관은 수많은 환자가 갑자기 내원하게 되어 또 다른 재해 상황에 빠지기가 쉽다(한국방재협회, 2010).



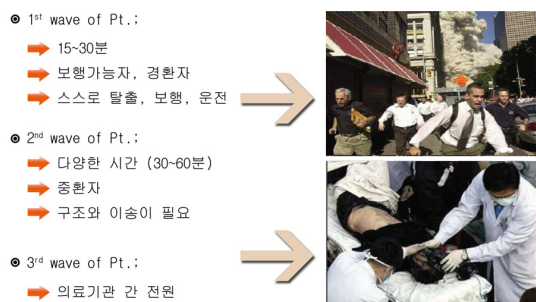
〈그림 5-16〉 의료기관 이송문제 모식도



〈그림 5-17〉 2003년 대구지하철 화재 시의 지리효과 예

(2) 이중파 현상

재해가 발생한 후 15~30분 정도 지나면 보통 의료기관에서는 재해 현장에서 스스로 탈출하여 찾아온 보행가능 피해자, 경환자들을 볼 수 있는데 이 상황이 환자 내원의 1차 파동이다. 이때 중환자들은 현장에서 구조되고 있는 시기이며, 병원 의료진은 1차로 맞는 환자들의 상황을 보고 2차적으로 현장에서 중환자가 내원할 가능성이 높음을 미리 인지하고 준비해야 한다. 또한 재해 발생 후 30~60분 지나면 재해 현장으로부터 중환자들이 이송되어 오기 시작하는데 이들은 구조와 이송이 필요하고 집중적인 처치를 요하는 환자들이다(한국방재협회, 2010).



〈그림 5-18〉 이중파현상

2) 현장 재난의료 지원

(1) 중증도 분류

중증도 분류란 응급처치와 피해자이송의 우선순위를 결정하기 위하여 환자를 중증도별로 구분하는 것이며, 한정된 인원으로 최대의 환자에게 최선의 의료를 제공하기 위해 처치 및 이송의 우선순위를 부여한다는 중요성을 갖는다. 중증도 분류의 방법은 실제 여러 가지가 있으나 가장 많이 사용되는 것이 긴급환자, 응급환자, 비응급환자, 지연환자의 4가지로 분류하는 방법이다(한국과 학재단, 2005).

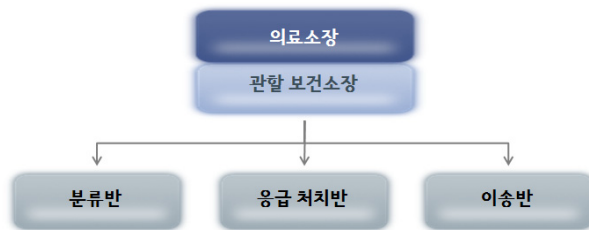
〈표 5-6〉 중증도 분류 및 피해자의 중증도

분류	분류색	피해자의 중증도
긴급환자	적색	수분 혹은 수시간 이내의 응급처치를 요하는 중증 피해자
응급환자	황색	수시간 이내의 응급처치를 요하는 중증 피해자
비응급환자	녹색	수시간, 수일 후에 치료해도 생명에 지장이 없는 피해자
자연환자	흑색	사망하였거나 생존의 가능성이 없는 피해자

(2) 현장의료소

“현장의료소”는 법 규정에 의하여 통제관이 재난현장에서 발생한 사상자의 응급처치 및 의료 기관으로의 이송을 위하여 설치하고, 관할보건소장이 소장이 되어 의료소의 운영전반에 관하여 지휘 및 감독하는 장소를 지칭한다.

현장의료소장은 사고의 성격, 규모, 발생 가능한 위험, 환자의 상태와 숫자 파악 및 의료 활동 지휘, 재해 현장으로부터 이송까지 환자의 모든 의료행위에 의료진의 개입과 활동이 원활한지 등을 확인한다.

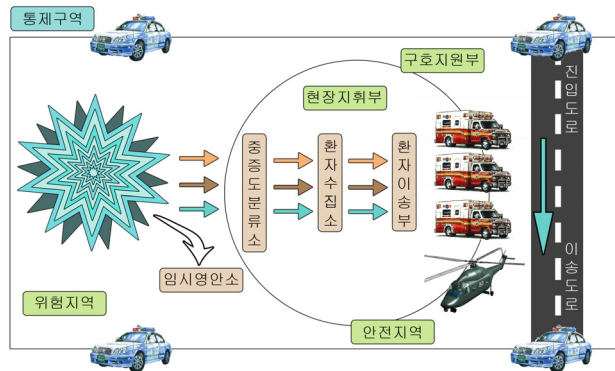


〈그림 5-19〉 현장의료소 기본조직체계도(한국방재협회, 2010)

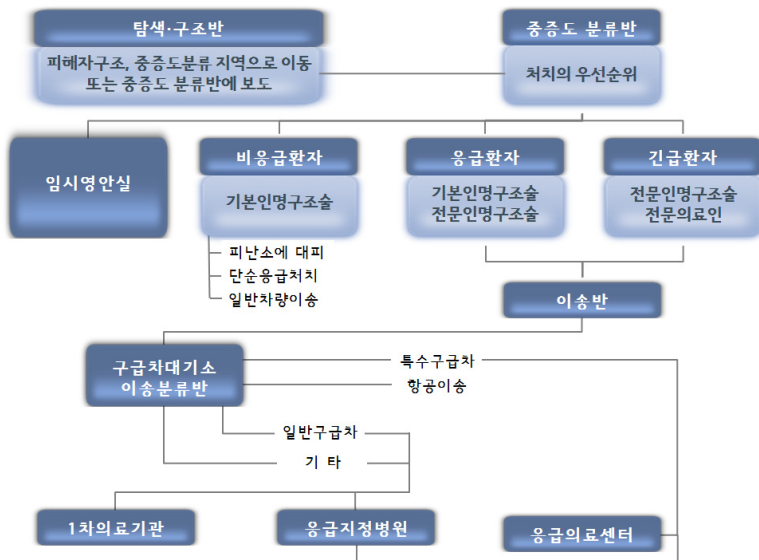
〈표 5-7〉 현장의료소의 업무

현장의료소 업무
• 의료소의 설치 절차 및 방법에 관한 지침 수립 - 재난의 규모에 따른 기본체계를 구축 - 재해의 유형에 따른 대응체계를 구축 • 의료소의 설치 및 운영방법을 구체화하고 대원들을 교육 - 인력동원 방법 및 부서별 배치계획 - 사상자의 인적사항 관리계획 - 사상자의 귀가, 입원, 안치 등 처치과정 관리계획 - 실종자 신고접수의 관리 - 병·의원 등 의료시설의 인적·물리적 수용능력 관리계획 - 의료소의 설치·운영에 필요한 자원의 재고관리계획 • 각 반의 위치 및 인력구분을 위한 계획을 수립 • 재난 시 필요한 장비와 물품 파악 • 장비의 구입 및 배치계획을 수립 • 응급의료체계에서 갖출 수 없는 특수장비의 소재파악 및 동원계획 수립

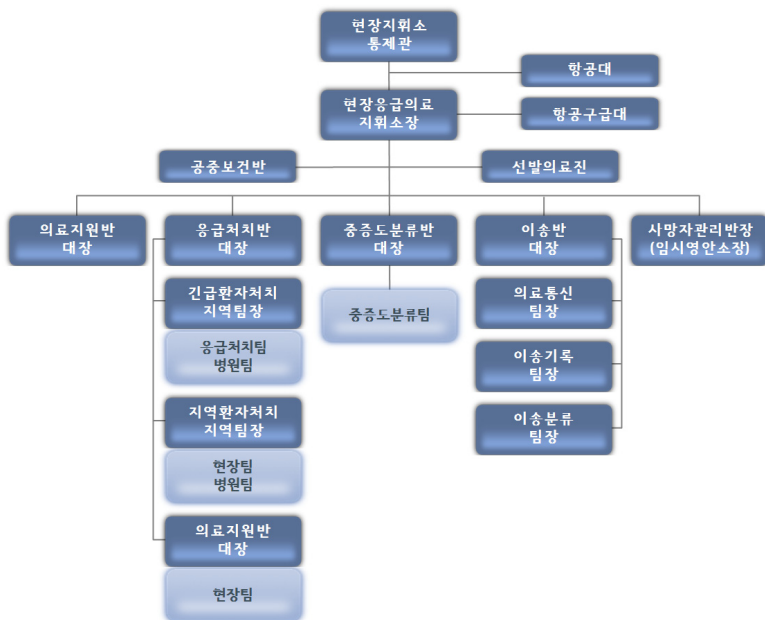
참고 : 재난관리 및 제도일반(한국방재협회, 2010)



〈그림 5-20〉 재해현장과 현장지휘소



〈그림 5-21〉 피해자의 처리 흐름도(한국방재협회, 2010)



〈그림 5-22〉 현장의료소 조직체계도(한국방재협회, 2010)

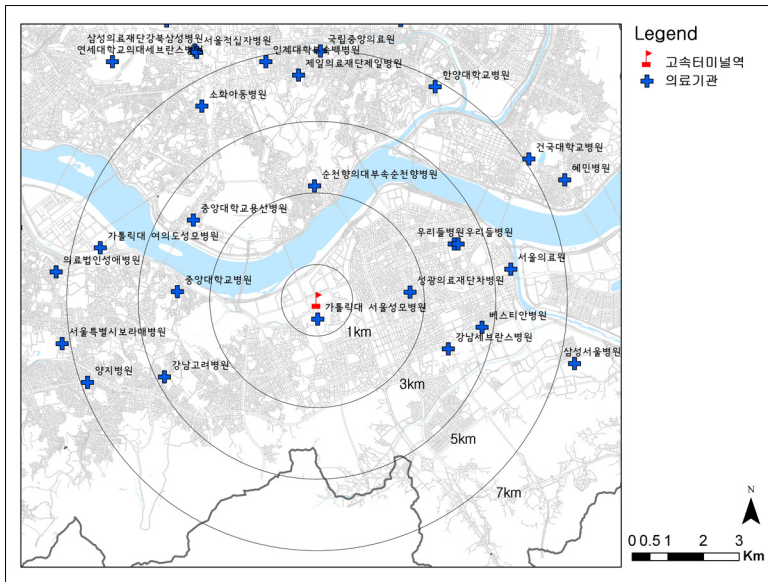
2. 현장 응급구조를 위한 재난의료 지원사항

1) 수용의료기관의 분포

수용의료기관의 분포 분석은 서울시 지하공간 중 인구의 이동 및 집중이 가장 많은 강남터미널, 잠실역, 코엑스 지하상가를 대상으로 하였다. 이를 위해 각 지하상가 현장에서 의료기관까지의 이송을 위한 직선거리 분포를 최소 1km에서 최대 7km까지로 정하였다.

(1) 강남터미널 지하상가

전체 7km 이내에 17개의 의료기관이 고르게 분포하고 있으며, 가장 가까운 거리인 1km 이내에는 가톨릭대 성모병원이 위치한다. 또한 3km 이내에는 차병원, 5km 이내에는 순천향대부속순천향병원 외 6개 병원, 7km 이내에는 서울의료원 외 7개 병원이 분포하고 있다.



〈그림 5-23〉 강남터미널 지하상가 수용의료기관

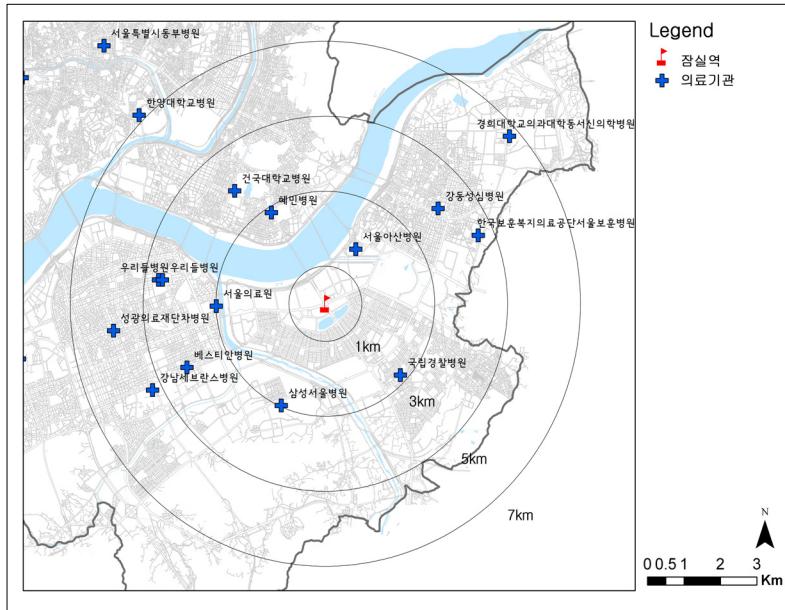
전체 17개 병원의 평균 병상 수는 452개이며 병상규모를 기준으로 보면 가톨릭대 성모병원이 전체 1,150개로 가장 크며, 강남 세브란스병원이 전체 804개로 그다음으로 나타났다.

〈표 5-8〉 강남터미널 지하상가 수용의료기관 현황

거리	병원명칭	분류	병상	응급실 병상	응급실 의사
1km	가톨릭대학교서울성모병원	상급종합	1150	42	4
3km	성광의료재단차병원	종합	206	-	-
5km	순천향의대부속순천향병원	상급종합	713	20	2
	중앙대학교용산병원	종합	348	21	4
	중앙대학교병원	상급종합	533	37	2
	강남고려병원	종합	180	10	-
	강남세브란스병원	상급종합	804	31	5
	베스티안병원	종합	116	10	3
	우리들병원	종합	272	5	0
7km	서울의료원	종합	500	22	3
	한양대학교병원	상급종합	837	28	3
	국립중앙의료원	종합	560	21	1
	제일의료재단제일병원	종합	300	-	-
	인제대학부속백병원	상급종합	402	20	4
	소화아동병원	종합	130	10	-
	여의도성모병원	상급종합	523	26	3
	양지병원	종합	124	10	3

(2) 잠실역 지하상가

1km~7km 이내에는 13개 의료기관이 위치하고 있으나, 1km 내에는 의료기관이 존재하지 않는다. 가장 근접한 거리인 3km 이내에는 서울아산병원, 국립경찰병원, 혜민병원, 삼성서울병원, 서울의료원이 있고, 5km 이내에는 건국대학교 병원 외 6개 병원, 7km 이내에는 강남 세브란스 병원 외 2개 병원이 존재한다.



〈그림 5-24〉 잠실역 지하상가 수용의료기관

잠실역 지하상가 수용의료기관은 7km 이내에 13개 병원이 있는 것으로 분석되었으며, 전체 병상 수는 10,217개로 나타났다. 의료기관의 병상규모를 기준으로 보면 500~1,000병상 사이가 가장 많았는데, 3km 내에 위치하고 있는 서울아산병원이 전체 병상 2,650개로 가장 크며, 서울삼성병원이 전체 병상 1,960개로 그다음으로 나타났다.

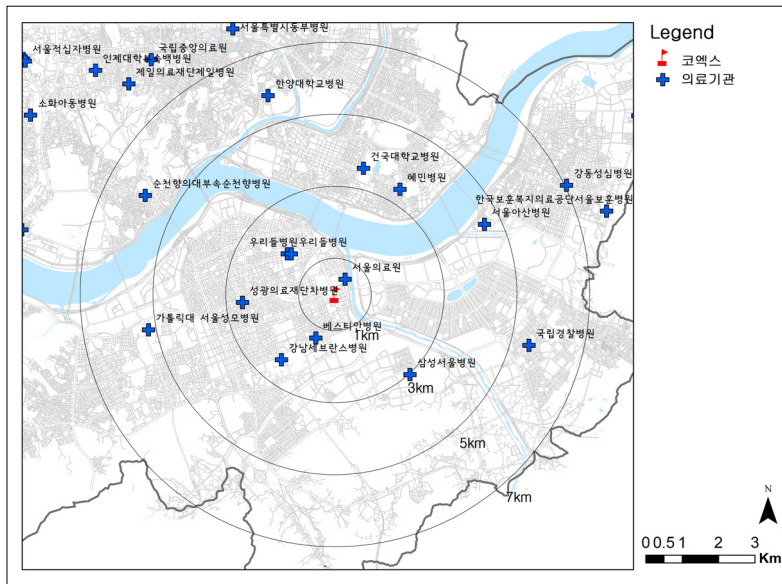
〈표 5-9〉 잠실역 지하상가 수용의료기관 현황

거리	병원명칭	분류	병상	응급실 병상	응급실 의사
3km	서울아산병원	상급종합	2650	50	14
	국립경철병원	종합	500	15	2
	해민병원	종합	299	10	1
	서울의료원	종합	500	22	3
	삼성서울병원	상급종합	1960	46	8

거리	병원명칭	분류	병상	응급실 병상	응급실 의사
5km	건국대학교병원	종합	874	35	4
	우리들병원	종합	272	5	-
	베스티안병원	종합	116	10	3
	강동성심병원	종합	660	27	-
	서울보훈병원	종합	779	36	-
7km	강남세브란스병원	상급종합	804	31	5
	성광의료재단차병원	종합	206	0	-
	동서신의학병원	종합	597	0	4

(3) 코엑스 지하상가

코엑스 지하상가 주변 직선 1km~7km 이내의 거리에는 전체 13개 의료기관이 위치하고 있으며, 1km 내에 서울의료원, 3km 내에 강남세브란스 외 3개, 5km 내에 삼성서울병원 외 3개, 7km 내에 한양대학교 병원 외 3개 병원이 위치하는 것으로 나타났다.



〈그림 5-25〉 코엑스 지하상가 수용의료기관

코엑스 지하상가 주변 7km 내에 있는 의료기관 수는 전체 13개이며, 평균 병상 수는 837개, 전체 병상 수는 10,881개로 나타났다. 의료기관의 병상규모를 기준으로 보면 500~1,000병상 사이가 가장 많았으며, 5km 내에 위치하고 있는 서울아산병원이 전체 병상 2,650개로 가장 큰 것으로 나타났다.

〈표 5-10〉 코엑스 지하상가 수용의료기관 현황

거리	병원명칭	분류	병상	응급실 병상	응급실 의사
1km	서울의료원	종합	500	22	3
3km	베스티안병원	종합	116	10	3
	우리들병원	종합	272	5	-
	강남세브란스병원	상급종합	804	31	5
	성광의료재단차병원	종합	206	-	-
5km	삼성서울병원	상급종합	1960	46	8
	해민병원	종합	299	10	1
	건국대학교병원	종합	874	35	4
	서울아산병원	상급종합	2650	50	14
7km	서울성모병원	상급종합	1150	26	4
	국립경찰병원	종합	500	15	2
	순천향병원	상급종합	713	20	2
	한양대학교병원	상급종합	837	28	3

2) 고찰

이송의 적절성에 대한 기준을 크게 이송거리, 이송받는 의료기관의 진료능력(응급의료기관의 행정 분류, 전체 병상수, 응급실 병상수 및 상급 응급의료 인력의 수), 환자의 중증도 등으로 구분하여 분석하여야 한다. 이송거리는 직선거리를 사용하였으나 도심에서의 여러 이송로의 선택 및 교통 혼잡정도는 고려되지 않아 거리가 현장 출발에서 이송기관 도착까지의 시간과 비례하지는 않을 것으로 추측된다(왕순주, 2003).



〈그림 5-26〉 응급의료기관 이송의 적절성

재난 발생 시 이송의 원칙 중 하나는 경환자를 상대적으로 멀고 규모가 적은 의료 기관으로 이송하여, 중환자를 가깝고 전문적 처치가 가능한 의료 기관으로 이송할 수 있도록 해야 한다(왕순주, 2003; 한국과학재단, 2005). 또한 현장에서 사망한 환자는 중증 환자를 진료하는 의료기관 및 의료 인력의 부담을 최소화하기 위해 먼 거리의 영안실이 있는 곳으로 이송하여야 한다. 관할보건소장은 기술된 재해발생 부근 의료기관의 분포와 진료 능력 등을 고려하여 환자 수송계획을 진행하여야 한다.



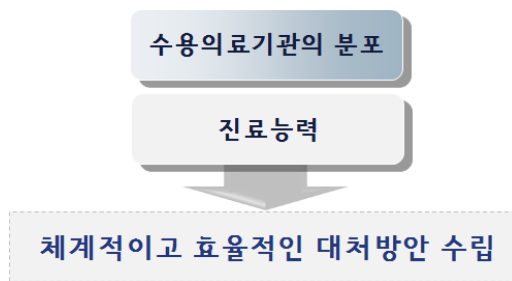
〈그림 5-27〉 환자수송계획

이러한 이송이 실제 현장에서 이루어지려면 능숙한 의료진과 응급구조사가 존재하고, 현장지위본부와의 협조가 원활해야 가능하기 때문에 평소에 재해정보와 응급의료정보가 실시간으로 파악되어야 한다. 이 연구에서는 고속터미널, 잠실역, 코엑스 지하상가의 수용의료기관 현황을 파악하였다.

이송의 적절성을 평가하기 위해서는 중증도와 이송거리 및 수용병원의 진료

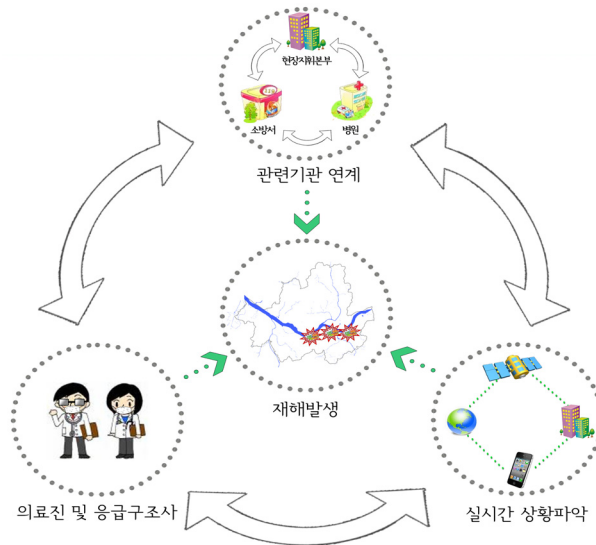
능력 외에도 치료결과 및 일반병실 또는 중환자실로의 입원 유무, 타 병원으로의 전원 유무 등도 고려해야 하지만 이 연구에서는 세가지 요소(중증도, 이송거리, 수용병원의 진료능력)만을 고려하였다(한국과학재단, 2005).

따라서 분석된 수용의료기관의 분포와 수용병원의 진료능력을 고려하여 서울시 지하공간에서 재해 발생 시 보다 체계적이고 효율적인 대처방안을 수립해야 한다.



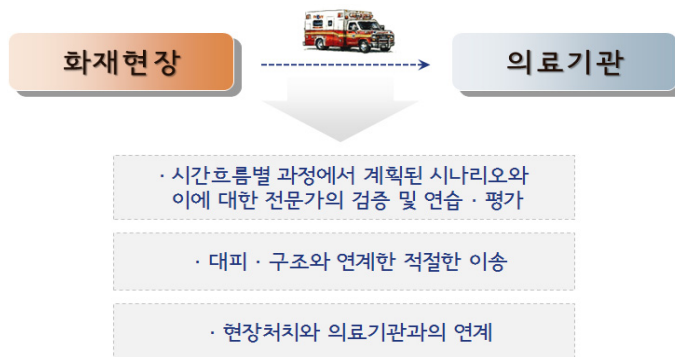
〈그림 5-28〉 지하공간 재난 대처방안

향후 서울시 지하공간에서 사고가 발생할 경우, 적절한 환자 이송은 현장에 능숙한 의료진과 응급구조사가 존재하고 현장지휘본부와 전문성을 인정하는 협조가 원활해야 가능하며, 평소에 재해정보와 응급의료정보가 실시간으로 파악되어야만 효율적으로 작동할 수 있다.



〈그림 5-29〉 서울시 지하공간 재난발생 시 대처

따라서 초기 화재 현장부터 이송, 의료기관에 이르기까지 시간흐름별로 모든 과정에서 계획된 시나리오와 이에 대한 전문가의 검증과 연습, 평가가 있어야 하며 이를 통해 대피, 구조와 연계한 적절한 이송 및 현장처치와 의료기관과의 연계 문제를 해결하려는 노력이 필요하다.



〈그림 5-30〉 이송문제의 해결방안

3. 재난의료훈련 개선방안

왕순주(2010)는 전국의 16개 권역 응급의료센터를 대상으로 2007년 8월부터 2008년 7월까지 1년 동안 상기 기관들이 참여하여 시행된 재난훈련의 자료를 조사하여 현장응급구조 현황을 분석하였다.

시행된 재난훈련 중 일반적인 구조물의 붕괴나 폭발 등 인위 재난의 발생을 가정하여 시행된 훈련이 가장 많았고(44.4%), 이어 의료관련 훈련(15.4%), 특수훈련(13.7%) 등의 순으로 나타났다.

〈표 5-11〉 재난훈련의 종류

종류	빈도(%)
방사능	4 (3.4%)
스포츠	11 (9.4%)
의료	18 (15.4%)
일반	52 (44.4%)
자연	2 (1.7%)
전염병	1 (0.9%)
테러	3 (2.6%)
특수	16 (13.7%)
화재	6 (5.1%)
화학	4 (3.4%)
합계	117(100.0%)

참고 : 국내 재난의료훈련 현황의 고찰(왕순주, 2010)

의료관련 훈련은 권역응급의료센터에서 관리하는 이동형 현장응급의료 장비를 이동하여 사용하고, 분류하였다가 정리한 후 다시 제자리로 복귀시키는 훈련이 포함되어 있어 훈련이 많은 것처럼 보이나, 정작 각종 재난에 필요한 의료관련 훈련은 미흡한 것으로 파악되었다.

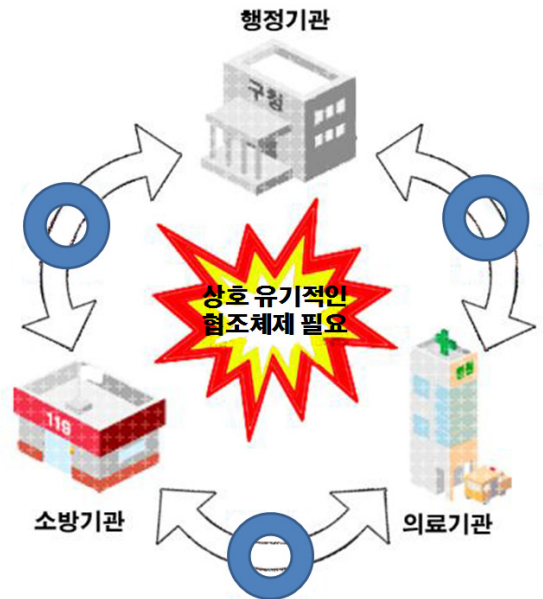
또한 다른 의료기관과 연계하여 재난훈련을 시행한 경우는 35%였으며, 의료기관 외의 다른 종류의 기관들과 연계하여 재난훈련을 시행한 경우는 65%였다.

〈표 5-12〉 재난훈련의 연계

연계기관 분류	연계빈도(건)	연계비율(%)
소방	45	38.5
보건소	27	23.1
행정기관	29	24.8
군	9	7.7
경찰	13	11.1
전문기관	20	17.1
일반기관	10	8.5

참고 : 국내 재난의료훈련 현황의 고찰(왕순주, 2010)

이처럼 국내의 재난훈련은 소방, 전문기관, 행정기관 혹은 의료기관의 계획이나 필요에 의하여 진행되는 경우가 많으나 각 기관 간의 유기적 협조가 이루어지지 않고, 훈련이라는 점에서 실제상황과 많이 다를 수 있는 점이 문제로 지적되고 있다.



〈그림 5-31〉 재난의료훈련의 개선방안

따라서 많은 기관이 참여하여 역할을 충실하게 하고, 유기적 협조에 의한 재난 대응이 되기 위해서는 훈련 때부터 그러한 체계가 되도록 노력해야 한다.

대형 재난현장에서는 무엇보다 인명구조와 응급처치에 필요한 공간 확보를 위하여 재난 현장 통제권이 확보되어야 한다. 또한 부상자를 현장의료소에서 중증도 분류기준에 따라 중·경상자로 구분하고 응급처치를 실시한 후 단계별로 병원에 이송하는 체계가 요구된다.

이에 따라 이 연구에서는 강남고속터미널, 잠실역, 코엑스 지하상가를 대상으로 수용의료기관 현황을 파악하였으며 향후 위급상황 발생 시 중증도 분류 및 의료기관의 진료능력에 따른 재난의료 훈련도 필요하다는 것을 지적하였다.

제 6 장 결론 및 정책제언

제1절 결론

제2절 정책제언

제 6 장

결론 및 정책제언

제1절 결론

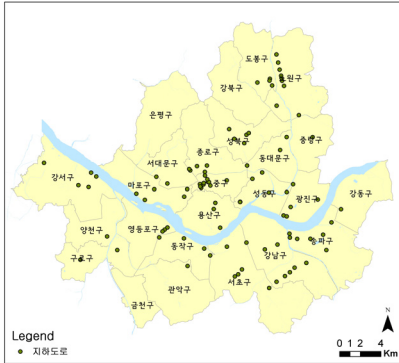
1. 서울시 지하공간 현황

현재까지 서울시 지하공간 개발은 지하공공보도시설, 지하공공주차장과 같은 건축부문과 지하철, 기반시설(공동구, 상하수도, 비축기지, 발전소 등)과 같은 토목부문에서 수행되고 있다. 도시교통난 가중으로 지하철 및 지하상가를 건설하고 있으며 인접 건축물의 지하층과 지하철 역사를 연계하는 지하도시공간 개발이 활발히 추진되고 있다.

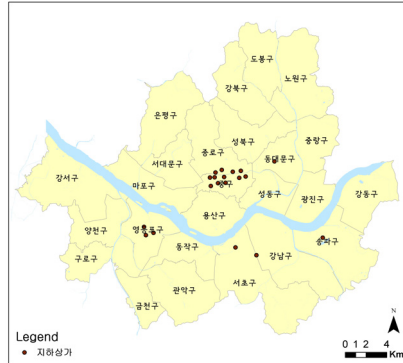
〈표 6-1〉 서울시 지하공간 현황

구분	시설	개발종류
사회 기반 시설	교통시설	지하주차장, 도시지하철, 철도, 차고, 버스정류장, 지하입체교차로, 화물보관소
	공급시설	전선지중화, 지중가스도관, 공동구, 상·하수도, 열수, 전화선, 건설기자재 공급
	환경시설	폐기물 처리시설, 상·하수도처리장, 도수관, 배수관, 하수배관, 유해가스처리관
생활 시설	주거시설	가정용 피난처, 지하실(식품저장용), 사무실, 강의 및 회합실
	문화·복지시설	스포츠 센터, 수영장, 교회, 도서관, 음악당, 박물관, 지하가, 학교, 공원, 도서관
사업 시설	정보통신시설	전선의 지중화, 동로, 관로, CATV
	산업시설	양조장, 오피스빌딩, 냉동창고, 농작물재배, 채석장
	연구시설	실험·연구시설

참고 : 위급상황 발생시 지하근무 공간의 안정성평가 및 개선안(박세현, 2008)

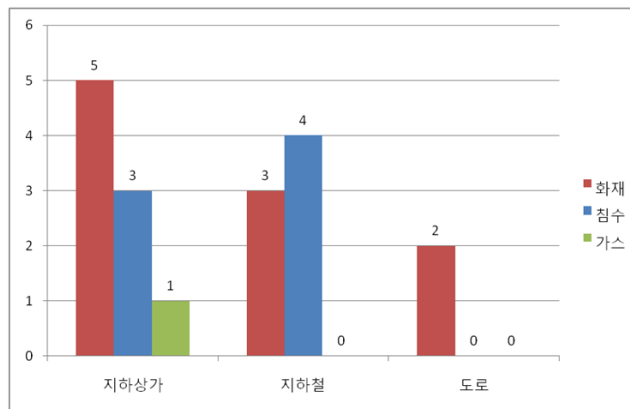


〈그림 6-1〉 서울시 지하도로 현황

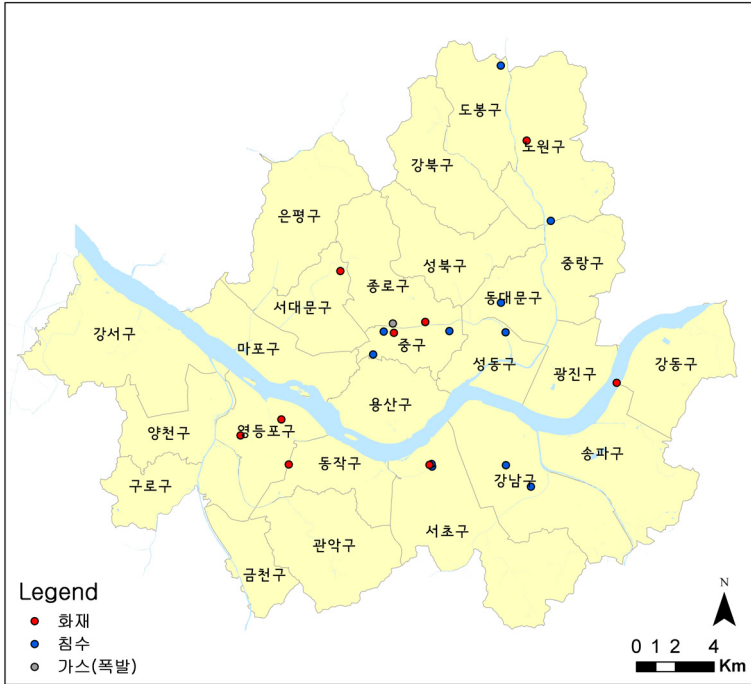


〈그림 6-2〉 서울시 지하상가 현황

서울시 지하공간 사고현황(1993년~2009년)을 보면 전체 18건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 가장 많았으며 그다음으로 침수 7건, 가스(폭발) 1건으로 나타났다. 최근 10년간 사고현황을 보면 전체 17건 중 화재로 인한 사고가 10건으로 전체 사고건수의 약 59%로 나타났다.



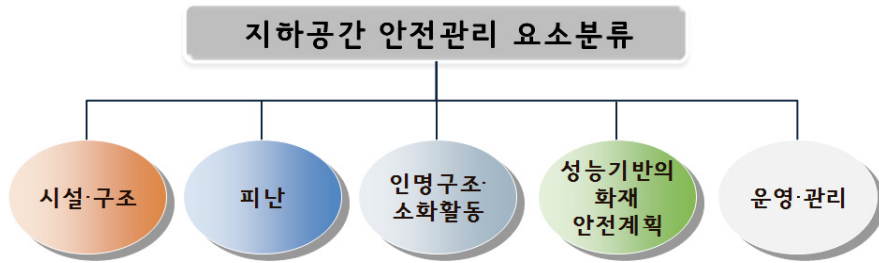
〈그림 6-3〉 서울시 지하공간별 사고현황



〈그림 6-4〉 서울시 지하공간 사고현황

2. 서울시 지하공간 안전관리 분류

지하공간은 지상공간에 비해 폐쇄적이기 때문에 화재·가스폭발·침수 등의 위험에 영향을 받기가 쉽고, 안전측면에서 여러 문제점을 나타낸다. 공간특성에 따른 위험상황별 안전 확보를 위해서는 예방을 위한 전략 등이 종합적으로 고려되어야 하며, 체계적 관리를 위해 5가지 안전관리 요소(시설·구조, 피난, 인명구조·소화활동, 성능기반의 화재 안전계획, 운영·관리)로 분류하여야 한다.



〈그림 6-5〉 안전관리 요소 (대)분류

〈표 6-2〉 안전관리 대분류 및 고려요소

안전관리 요소	고려요소
시설·구조	- 지하공간은 일단 시설이 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서부터 종합적인 안전시설·구조 대책이 중요 - 지하시설의 내부 공간구성은 가능한 단순하고 명확해야 하며, 피난로는 그 시설의 출입 시 일상적으로 이용하는 친숙한 동선 패턴과 일치하는 구조
피난	- 공간의 특성상 인명의 구조나 화재 진압활동에 어려움이 있으며, 불특정 다수인이 이용하는 폐쇄적 이미지로 인해 적은 국소화재임에도 대형의 인명 피해 가능 - 화재 발생 시 연기가 급속도로 충만 될 가능성이 높은 폐쇄공간이고, 지상까지 피난거리가 길기 때문에 패닉 등 피난 상 중대한 장애가 발생할 위험이 높음 - 지상의 경우보다 피난의 어려움이 많은 입장이기 때문에 피난에 대한 안전 대책이 필요
인명구조·소화활동	- 지하공간 특성상 소방대의 도착시간이 지연 될 우려가 있고, 빠른 상황파악이 곤란하기 때문에 적절한 소화활동을 행하는 것이 지상공간보다 어려움 - 소방대원의 진입거리가 길고, 입체행동이 되기 때문에 소방대원의 체력소모가 크고, 활동에 큰 제약 - 재난이 발생되거나 발생 할 경우 긴급구조 대응활동 및 재난 현장 지휘체계를 확립하기 위한 체계와 절차, 그리고 긴급 구조 활동의 연계가 보다 체계적·통합적 이어야함
성능기반의 화재 안전계획	갑자기 발생하는 화재, 가스폭발, 붕괴 등의 원인으로 발생하는 위험에 대한 원인들을 제거하기 위해서는 공간에 따른 여러 부처의 관련 법령에 대해 상호 연계성 분석을 통한 효율적인 안전계획 필요
운영·관리	- 지하공간의 대형화로 관리자의 범위가 넓어짐에 따라 위험성이 증대되었고, 관리인원의 축소로 재난 발생 시 대응 능력이 부족하게 되어 재난의 대형화가 예상 - 안전체계와 관련하여 다수의 연관된 법률이 존재하고, 법 규정은 개정되고 있기 때문에 전체적인 구성과 통합 운영 및 관리가 필요

3. 지하공간 화재위험성 평가방안

5가지 지하공간 안전관리 요소로 화재위험성 평가를 수행하기 위하여 평가

항목을 분류하고, 평가항목에 대한 점수를 계산하여 최종적으로 화재위험성 평가방안을 제시하였다.

〈표 6-3〉 화재위험성 평가항목의 구성

대분류	중분류	소분류(평가항목)	평가항목배점합계
시설/구조	5	26	348
피난	3	19	142
인명구조/소화	3	25	168
성능기반의화재안전계획	5	9	73
운영/관리	6	15	116

평가항목에 대한 배점은 중요도에 따라 3단계로 분류하여 단계별로 차등 부여하였고, 평가항목별 점수 평가기준은 소분류의 평가항목 점검결과를 통해 4단계로 구분하여 평가할 수 있게 하였다.



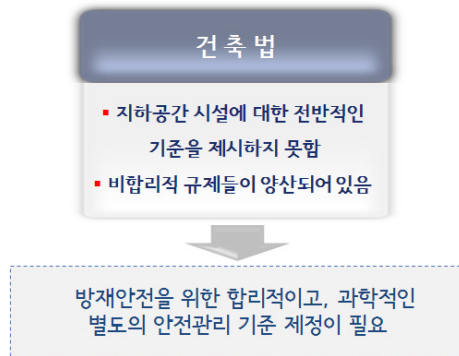
〈그림 6-6〉 지하공간 화재위험성 평가방법

제2절 정책제언

1. 지하공간 안전체계 구축을 위한 법령 및 제도개선 방안

1) 건축법관련

건축법에서 지하공간 관련 규정은 지하층의 설치에 관한 규정으로 지하공간 시설에 대한 전반적인 기준을 제시하지 못하고 있으며 대형사고발생 후 임기응변식 개정으로 일부 비합리적 규제들이 양산되기 때문에 이를 제도적으로 평가, 보완할 수 있는 시스템이 필요하고 지하생활공간의 방재안전을 위한 합리적이고 과학적인 별도의 안전관리기준 제정이 필요하다.



〈그림 6-7〉 건축법 제도개선 방안

2) 안전관련

지하공간의 건축물 및 설비·장비에 관한 안전규정이 여러 부처의 개별법으로 나뉘어 있어 법령들의 연계성을 이해하기가 어려우므로 개선이 필요하다. 국토해양부의 “지하공공보도 시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙”에는 지하공공보도시설의 시설기준만이 제시되어 있으며 지하철, 지하상가, 지하주차장의 시설기준에 대해서는 명확하게 정의된 바가 없다.

〈표 6-4〉 지하공간의 안전관련 법령 개선방안

구분	법령	개선방안
부처 간 법령의 표준화 필요	• 지하공공보도시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙	• 지하공간시설 정의 필요
	• 건축물의 피난·방화구조 등의 기준	• 지하공간에 관한 규정 강화 필요
	• 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙	① 직통계단, 피난계단, 특별피난계단의 기준에 지하공간에 대한 별도 기준은 없음 ② 지하층의 기준은 건축법 제53조를 따르는데 건축법 제53조의 지하층 정의는 명확하지 않으므로 지하공간의 기준이 필요 ③ 방화문의 구조는 지하공간에 대한 고려가 없으므로 별도의 규정이 필요
지상과 지하 구분 없이 법령 제시	• 고압가스 안전관리법	• 안전규정이 지상과 지하의 구분이 필요
	• 주차장법	• 정의나 시설기준의 명시
	• 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률	• 소화설비, 이산화탄소소화설비, 할로겐화합물 소화설비의 설치대상이 지하층이나 지하주차장에 대한 지시가 필요
	• 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령	• 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동 설비의 설치를 보면 지상·지하의 구분 없이 설치를 지시하여 이에 대한 개선 필요(단, 일부 지하층에만 단독으로 설치하는 설비는 제외)
	• 위험물안전관리법	• 위험물시설의 저장소 분류에서 지하공간에 설치된 저장소에 대한 분류가 필요
	• 건축법 시행령 제46조 및 57조	• 지하층은 층마다 구획되어 있으나 구획구분의 구조 등이 지상의 것과 동일하게 사용되어 개선이 필요
	• 건축법 시행령	• 건축물의 내화구조에는 지하층도 적용되지만 지상층과 일률적으로 방화구조를 정하여 이에대한 개선 필요
복잡한 법령 구조	• 건축법 제53조	• “건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙”의 제1조에 건축법 제49조에서 제53조까지의 규정에 따른 건축물의 피난·방화 등에 관한 기술적 기준을 정한다고 명시되어 있으나 건축법의 어떤 규칙을 따라야 하는지는 없어 이에 대한 명시 필요

3) 소방관련

지하공간의 특성상 화재발생 시 빠른 상황 판단이 곤란하고, 지상공간보다 적절한 소화 및 구조 활동이 어려우므로 적절한 대응책이 필요하다. 즉 화재안전 관련 소방시설의 제도적 개선이 요구된다.



〈그림 6-8〉 소방시설의 제도적 개선방안

4) 피난관련

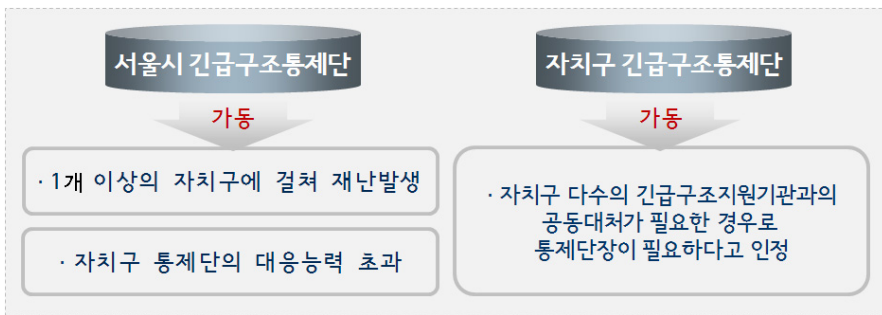
지하공간의 경우 공간의 제약으로 인해 피난 활동에 어려움이 따르므로, 대책마련과 지하공간 피난안전 개선방안이 필요하다.

〈표 6-5〉 지하공간 피난안전 개선방안

구분	개선방안
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 바닥면적만을 기준으로 피난경로의 수를 선정하였는데 용도별 수용인원과 바닥 면적별 수용인원을 고려할 필요가 있음
피난경로 배치기준의 개선	• 내화구조 또는 불연재료만을 고려하여 피난경로를 배치하였으나 건축물의 용도, 설비 피난성능 등 다양한 요인을 고려할 필요가 있음
성능위주 설계의 도입	• 소방뿐 아니라 건축분야에서도 성능위주의 설계 도입이 필요

2. 재난현장 통합지휘체계 확립

서울시 긴급구조통제단은 재난이 하나 이상의 자치구에 걸쳐 발생하였거나 자치구통제단의 대응능력을 초과한 상황에 가동된다. 자치구 긴급구조통제단은 자치구 내 여러 긴급구조지원기관과의 공동대처가 필요한 경우로 통제단장이 재난현장에서의 효과적인 대응활동을 위하여 통제단 구성 및 운영이 필요하다고 인정하는 재난 발생 시 가동된다.



〈그림 6-9〉 긴급구조통제단의 가동시기

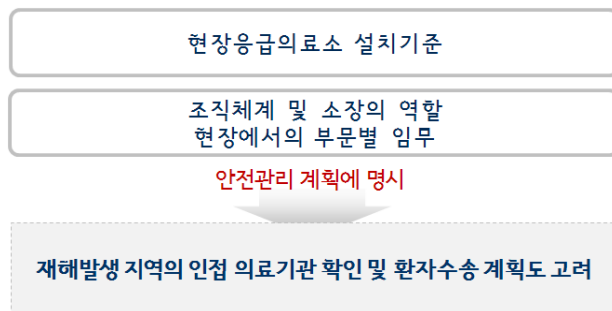
그러나 재난의 관리를 위한 각종 법령이 건축법, 소방법 등 부처별로 나뉘어 있어, 재난관리체계의 통합적 구조화에 어려움이 발생할 수 있다. 즉, 재난관리를 위한 각종 법령이 별개로 운영되며, 법률 간 연계성도 부족하여 다수의 부처가 관련되는 재난사고가 발생하는 경우 부처 간의 협조가 원활하게 이루어지지 않는다. 또한 재난관리 업무가 재난재해 유형별로 분산되어 있기 때문에 재난대응과정에서 공조체제 및 통합지휘체계 구축이 시급하다.



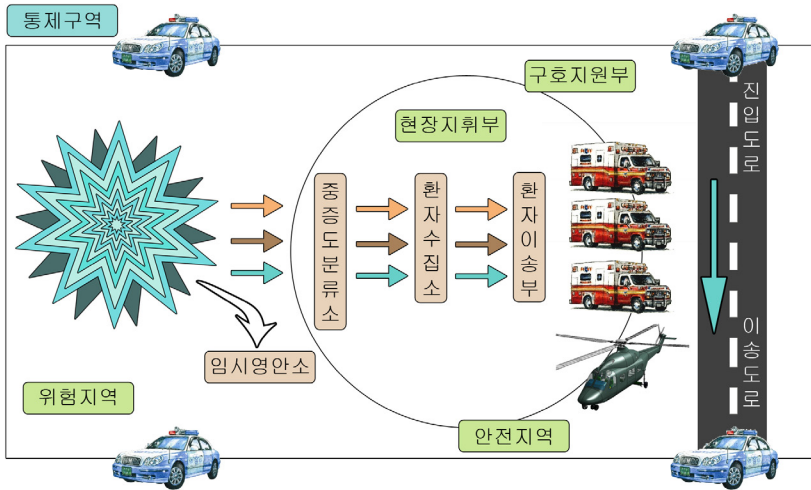
〈그림 6-10〉 재난관리체계의 개선사항

3. 현장 응급구조체계 구축

지하공간에서 대규모 폭발, 화재 등 재난발생 시 현장 응급의료소 등의 설치기준, 조직체계 및 소장의 역할과 현장에서의 부문별 임무(중증도 분류반, 응급처치반, 이송반 등)가 명시되어 있지 않기 때문에 이러한 사항을 안전관리 계획에 명기하여야 한다. 또한 재해 대응을 위해서 재해 현장의 체계, 배치, 임무에 대한 전체적 이해도를 높일 필요가 있다.



〈그림 6-11〉 현장 응급구조체계 구축



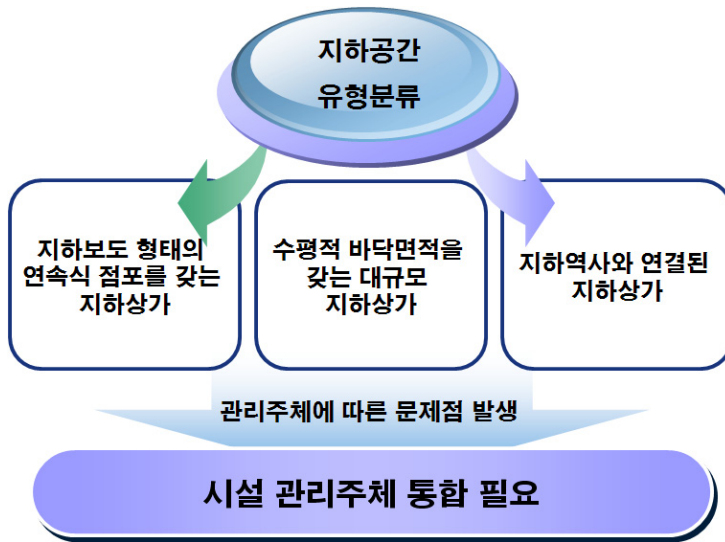
〈그림 6-12〉 재해현장과 현장지휘소

4. 시설관리주체 통합개선

서울시 지하상가는 크게 공간 및 형태적 유형에 따라 나눌 수 있으며, 유형별 형태에 따라 관리주체가 다르게 나타난다. 지하상가의 유형은 크게 1) 지하보도 형태의 연속식 지하상가, 2) 수평적 바닥 면적을 갖는 대규모 지하상가, 3) 지하역사와 연결된 형태의 지하상가로 구분할 수 있다.

각 유형의 지하상가는 공통적으로 방화 및 유지관리 측면의 문제점을 가지고 있지만, 유형별·상가별 관리주체가 다르기 때문에 경보시스템 등 방화설비의 설치 및 관리가 별도로 되어 있다. 지하상가는 서울시설관리공단 또는 민간업체, 지하철역사는 지하철공사 또는 도시철도공사가 관리하고 있다. 이러한 개별관리체계로 인하여 화재 및 재난발생 시 현장의 통합지휘체계와 현장응급구조에 문제가 발생할 우려가 있다.

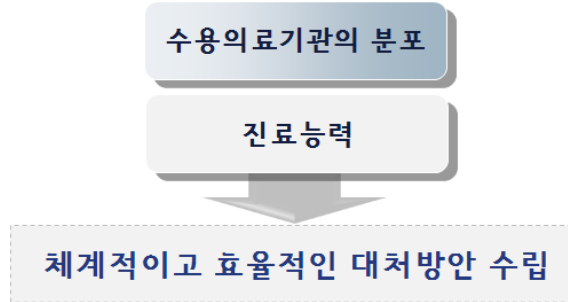
따라서 향후 통합관리를 위한 대책 및 시설관리주체의 개선이 필요하다.



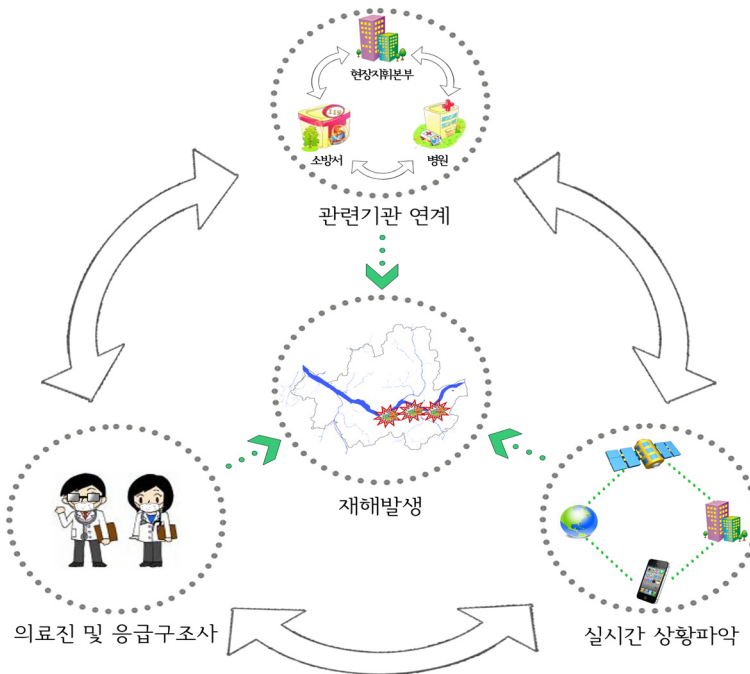
〈그림 6-13〉 지하공간의 유형분류

5. 현장 응급구조를 위한 효율적 대처방안 수립

재해 발생 시 관할보건소장은 부근 의료기관의 분포와 진료 능력 등을 고려하여 환자 수송계획을 진행하여야 한다. 이러한 이송이 실제 현장에서 이루어지려면 능숙한 의료진과 응급구조사가 존재하고, 현장지휘본부와의 협조가 원활해야 가능하기 때문에 평소에 재해정보와 응급의료정보가 실시간으로 파악되어야 한다. 따라서 수용의료기관 분포와 진료능력 등을 고려하여 재해 발생 시 효율적인 대처방안 수립이 필요하다.



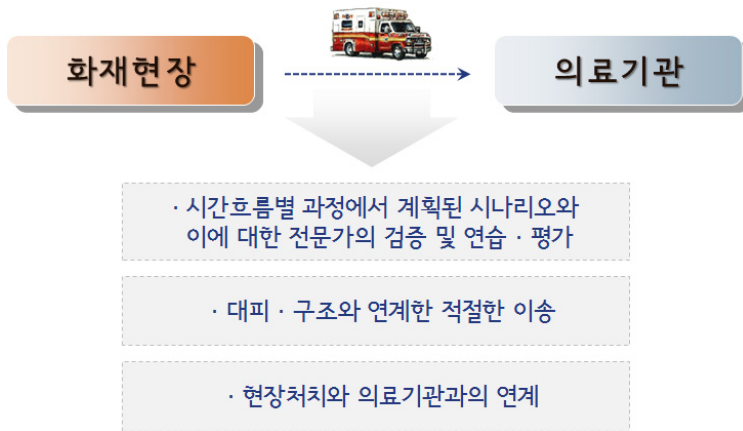
〈그림 6-14〉 지하공간 재해 대처방안



〈그림 6-15〉 서울시 지하공간 사고발생 시 대처

따라서 초기 화재 현장부터 이송, 의료기관에 이르기까지 시간흐름별로 모든 과정에서 계획된 시나리오와 이에 대한 전문가의 검증과 연습, 평가가 있어

야 하며 이를 통해 대피, 구조와 연계한 적절한 이송 및 현장처치와 의료기관과의 연계 문제를 해결하려는 노력이 필요하다.



〈그림 6-16〉 이송문제의 해결방안

참 고 문 헌



참 고 문 헌

- 국토해양부, 2008, “지하공간 활용 및 관리개선 연구”
- 김동일, 2005, “지하공간의 방재설비 적용기준”, 『한국화재보험협회 화재안전 점검』 통권 제109호
- 김태우·서용철, 2009, “지하공간 안전관리를 위한 지하시설물 관련법 구조 고찰”, 한국GIS학회 춘계학술대회
- 김현희, 2006, “지하상가 화재위험성 분석에 따른 소방 대응전략에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위논문
- 김현주, 2004, “지하도시공간 방재계획의 가이드라인”, 『방재연구』, 제6권 제1호
- 노삼규·허준호, 2004, “지하공간의 위험성평가에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지
- 박세현, 2008, “위급상황 발생 시 지하근무 공간의 안정성평가 및 개선안”
- 박재성·윤명오·이용재, 2003, “지하철 역사의 피난안전성능 확보를 위한 설계기준에 관한 연구”, 『대한건축학회』 제19권 제18호
- 박준욱, 2010, “지하역사 피난 안전 설계가이드라인에 관한 연구”, 경북대학교 석사학위논문
- 박준욱·나옥정·홍원화, 2010, “지하공간 피난 안전 규정 분석 및 설계가이드라인에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집
- 백일현, 2009, “지하상가 소방 및 방재시설물의 효율적인 유지관리 개선방안에 관한 연구”, 서울시립대학교 도시대학원
- 서울시립대학교 도시방재안전연구소, 2005, “지하도상가 재난대응체계”
- 서울시정개발연구원, 2005, 『서울시 지하공간 침수방지대책 및 대피체계수립 방안 - 지하철 침수방지대책을 중심으로』, 김윤중
- _____, 2008, 『서울시 소재 문화재의 화재안전관리체계 개선방안』, 김윤중

- 서울지하철공사, 2009, “지하철 수송계획”
- 서울특별시, 2006, “지하공간 종합 기본계획 수립”
- _____, 2010, “서울특별시 안전관리계획”
- 서태웅 · 이정은 · 정명균 · 김창수, 2008, “지하 다중이용시설 안전관리 체계구축 방안 연구”, 한국방재학회 학술발표대회
- 소방방재청, 2008, “지하공간 안전관리 시스템 구축”
- _____, 2010, “소방방재 주요통계 및 자료”
- 안태영 · 성준식, 2010, “사례를 통해 본 대규모 지하공간의 방재대책에 관한 연구”, 한국화재소방학회 학술대회논문집
- 왕순주, 2010, “국내 재난의료훈련 현황의 고찰”, 『한국재난정보학회』 제6권 제2호
- 왕순주 · 정재명, 2003, “대구지하철 화재 시의 피해자 이송의 분석”, 한국화재 · 소방학회 춘계학술논문발표회
- 이강훈, 1996, “지하공간의 화재안전에 관한 연구”, 경남대학교 신소재연구소
- _____, 2005, “지하생활공간의 화재위험과 안전대책”, 『한국화재보험협회 화재안전점검』 통권 제109호
- 이정은 · 황현숙 · 김창수, 2008, “지하공간 안전성 향상을 위한 개선방안에 대한 연구”, 『한국멀티미디어학회지』 제12권 제1호
- 이현진 · 서동구 · 황현배 · 신승우 · 권영진, 2009, “도심 지하공간의 재실자 밀도의 추정에 관한 연구”, 한국화재소방학회 학술대회 논문집
- 정국삼, 2001, “지하가 시설의 방화대책”, 한국안전학회 산업안전기술지 34-39
- 최태영, 2010, “지하철 등 지하공간의 화재위험과 인명안전대책”, 한국화재보험협회

- 한국과학재단, 2005, “대구 지하철화재참사 조사분석을 통한 초등의료체계 및 도시방재시스템 개발”
- 한국방재협회, 2010, “재난관리 및 제도일반 II”
- 한수곤 · 권한솔 · 양재훈 · 정영선 · 박재성 · 윤명오, 2005, “국내 지하공간의 화재안전의 문제점에 대한 사례연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집
- 홍원화, 2005, 『대구 지하철화재참사 조사분석을 통한 초등의료체계 및 도시방재시스템 개발』, 경북대학교

부 록

<부록 1> 안전체계 요소분류

<부록 2> 지하공간 안전시설 사진

부록 1 안전체계 요소분류

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
만일 화재가 발생하더라도 그 규모를 국지적 수준에 그치게 한다.	시설·구조 : 지하공간의 시설 및 구조는 한번 건설되면 철거나 증축이 어렵기 때문에 설계 초기단계에서의 종합적인 대책 마련이 필요	출화방지 및 초기소화	- 천장, 벽 등의 구조물 및 내장재 불연화 - 화기사용 설비기구와 가연물 등의 사용제한 - 설치된 전기기구 등의 출화방지 대책 - 초기 소화설비인 스프링클러 및 포소화설비 등 자동 화소화설비의 설치 - 간급 가스공급 차단밸브 및 누설경보기 설치 - 화기사용 장소의 환경정비
		화재발견 및 정보전달	- 공간 및 시설의 형태를 고려한 감지 및 통보설비 설치 - 화재발생 장소, 화연확대상황을 파악하기 위한 장치 - 이용자의 피난상황을 파악하기 위한 장치 - 피난 중 이용자에게 적절한 정보를 전달하기 위한 장치 - 시스템의 인텔리전트화
		연기제어	- 급기기계 방배연방식 제어시스템의 대책사항 - 화재실·연기에 오염된 공간 등의 배기 - 급기 할 공간과 다른 구획과의 압력차 조정조치 - 계단실 등 참이 많이 개방된 경우의 압력조정조치 - 화재발생 인접 지역은 정압을 유지하며 피난경로 및 대피장소 등은 적극적으로 가압
		연소확대방지 및 피난공간확보	- 지하공간은 다른 시설로 연결되는 지하통로 등의 피난 시에는 유효하나, 연소확대 및 연기확산의 통로가 되므로 통로 중간에 대중정 혹은 소중정을 설치하여 연소차단 - 지상공간보다 높은 압력 상태의 지하건물에서는 지상공간보다 높은 내화성능 요구 - 채광, 배연용의 대형 및 소형 환기구가 있는 지하 방재광장 설치 - 공간을 블록화하여 연기확산 방지 및 수평피난 유도 - 지상으로의 직통계단 다수 설치 - 출화위험 장소, 피난경로 확보를 위한 방화구획
		성능위주 설비계획	- 명확하고 효과적인 비상표지 시스템 - 비상등은 단전 후 10초 이내에 작동하도록 계획 - 유도등의 설치위치 주위에는 유사한 등화, 광고물, 게시물 등을 설치하지 않아야 함

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
화재가 발생하지 않도록 한다 (화재방지).	운영 · 관리 : 사고발생 및 예방을 위한 적절한 운영 및 관리가 필요		- 지하공간의 공간별 특성을 고려하여 유도음, 플래시, 유도라인과 같은 부가적인 피난유도장치를 추가적으로 설치 - 오픈공간에 대해서는 유도등에 대한 보강조치가 필요하며, 특히 방향성을 제시할 수 있는 유도등을 설치
		방화관리	- 화재, 가스탐지, 경보 및 전산 시스템 - 관리 주체의 체계적인 관리 - 소방계획의 검토와 자위소방활동 매뉴얼의 책정 - 방재센터 또는 방재실 기능의 강화
		훈련관리	- 비상대응능력의 향상을 위한 훈련 - 종사원과 이용객 및 통행인에게로 협력을 구하는 종합훈련의 추진 - 구조와 소방을 연계한 포괄적 훈련 실시
		교육관리	- 인명의 구출, 구호를 위한 지식의 보급과 장비 및 기자재 확보 - 교육훈련 : 각종재난교육부터화재예방교육, 전기안전교육, 기계안전교육, 산업안전과 보건교육, 소방훈련 등을 교육하고 훈련
		점검관리	- 시설보수관련 : 지하상가에 대한 시설 보수만을 하며 전문팀으로 접수되는 각종시설물의 보수에 관하여 시행 - 시설안전점검 : 지하상가에 대하여 월간점검, 분기점검, 반기점검, 연간점검, 특별점검을 전체 시설물과 장비들에 대하여 지속적이고 계획적으로 점검 실시
		위기관리	- 보고체계의 확보 - 대피방송의 확보 - 전원차단 시스템의 확보
		협력관리	공공기관과 개인기관간의 관계와 협조체계 재평가
		총괄계획	PBD(Performance-Based Design) 설계
		시뮬레이션 계획	- 화재시뮬레이션 : 적용된 소방시설들에 대하여 화재 영향평가를 위한 화재시뮬레이션을 적용하여 설계단계부터 안전성 획득 - 피난시뮬레이션 : 연기의 이동과 전파경로, 그리고 피난자들의 방화문 집중현상과 상품의 통로 적치로 인한 피난지연 등의 발생여부 확인 - 구조체와 사람에 미치는 화재와 연기의 영향과 더불어 실제상황을 실현하는 시뮬레이션 모델 개발 - 단계별 긴급대피책에 근거한 현재 설계기준의 적정성을 검증하기 위하여 피난계획에 대한 설계적 분석 실행

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
		소방계획	소방시스템 분석 : 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비의 적정성을 검토하여 설계에 반영
		공동계획	- 구조, 소방, 기계설비, 건축의 엔지니어들의 공동 작업 필요 - 화재 시 건물의 성능 개선방안에 대하여 소방과 구조 엔지니어가 설계부터 참여
		정보계획	미래의 재난사고에 대비하여 구조물에 대한 정보, 인터뷰, 샘플, 현장사진 등의 데이터에 용이하게 접근이 가능하며 조사에 필요한 수준에 상응하는 지원체계가 필요
화재가 발생하면 신속하게 전원을 안전한 장소로 피난	피난 : 지하공간의 경우 지상보다 피난의 어려움이 많기 때문에 피난 예방대책이 필요	피난경로	이용자의 특성을 고려한 피난경로 및 일시피난 장소의 설치
			위치표시시스템, 피난유도시스템의 도입, 피난경로의 단순명확화
			체류자 보호를 위한 공간(수평피난구획 · 일시피난거점 등) 확보
			방화방연구획의 성능 향상
			전관(全館)피난대책 : 피난 개시시간 단축, 피난공간 확보, 체류시간의 단축, 가스 감지 및 경보시설의 설치
			계단실내를 층별 · 출입문별 구획화
			계단 등의 필요면적 확보
		피난시설	피난경로 및 일시피난장소에서 비상조명, 정보전달수단 및 방화/방연수단의 확보
			필요에 따라 비상조명의 명도를 높임
			자연의 유도 및 심볼존으로서의 공간의 이상적 상태 검토
			비상유도등을 가로 및 세로로 복합 설치하고 방향표시를 명확히 하며 비상유도등 설치장소에는 별도의 시설물을 장착하지 않도록 함
			심리적 불안감의 완화 대책 : 안내표지의 정비 및 비상조명 확보
			유도등 설치 위치나 유도장치의 종류를 시각적 측면 외에 청각, 촉각을 활용
		피난유도	심리적 효과를 고려한 비상방송 등
			화재감지를 포함한 피난유도시스템의 고도화
			재확인인 신속화(감시카메라 등), 비상방송 매뉴얼 등의 정비
			가스(일산화탄소 · 불완전가스 등)의 감지 · 경보시스템의 개발 · 도입
			피난유도의 철저

목적기능	기본기능	2차기능	3차기능
	인명구조·소화 활동 : 지상에서의 경우와 달리 지하공간은 어려움이 많기 때문에 대책이 필요		- 비상 방송설비 음질의 명료화 - 재관자를 파악하기 위한 시스템 등 - 피난방향을 알기 어려울 경우 유도원을 배치하여 유도 - 피난용 엘리베이터 설치(원칙적으로 재해약자 등에 한정) - 상(上)방향 피난대책 : 피난계단 부분의 연기에 의한 영향 배제와 피난용 엘리베이터 및 에스컬레이터 도입
			- 지하공간 내부의 파악 - 내부 진입경로의 확보와 안전 - 소방대 진입경로 및 활동거점의 확보 - 진입경로 및 활동거점의 방화/방연수단의 확보 - 화재현장의 상황파악을 위한 수단의 확보 - 잔류자의 위치 등을 파악할 수 있는 시스템의 개발 도입 - 화재상황을 파악할 수 있는 시스템의 개발 도입 - 인접 의료기관 확인 및 환자수송 계획
			- 장시간의 소방활동 고려 - 사고발생 시 엔지니어가 구조요원들의 상황판단을 돕기 위한 공동협력방안 검토
		지원장비	- 소방로봇의 개발 및 이용 - 소화용수의 방수 및 배수 - 통신 수단의 확보 - 소화 및 구조 활동의 부담을 줄일 수 있는 장비와 시설의 확보 - 소방대 전용의 진입로(계단 등)의 확보 - 소방활동거점(각 층 2개소 이상, 비상콘센트 등의 설비) 확보 - 소방활동용 엘리베이터의 설치·기능 향상 - 소방활동시설 등의 방배연시스템 성능 향상 - 소화설비(연결살수설비 등)의 설치 - 소방장비의 경량화 - 장시간 사용이 가능한 호흡기의 개발 - 소방대원용 경량 냉각장치의 개발 - 바닥의 방수장치 - 소화용수의 배수장치 - 무선통신수 보조설비 등의 설치

부록 2 지하공간 안전시설 사진

강남터미널	코엑스	잠실역
-------	-----	-----

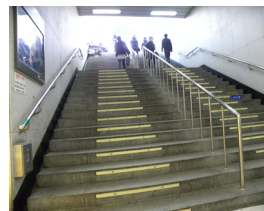
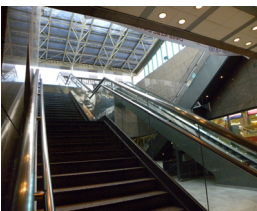
- 통로 중간의 대중정 혹은 소중정



- 채광, 배연용의 대형 및 소형 환기구가 있는 지하 방재광장



- 지상으로의 직통계단



- 비상표지 시스템(비상조명 등)



강남터미널	코엑스	잠실역
-------	-----	-----

- 방향성을 제시할 수 있는 유도등



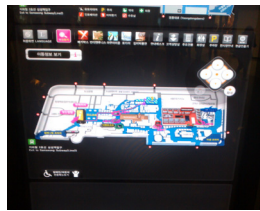
- 유도등 설치 위치나 유도장치의 종류(시각적 측면 외에 청각, 촉각을 활용)



- 비상유도등의 설치위치 주위



- 위치표시시스템, 피난유도시스템, 피난경로



- 재확인의 신속화(감시카메라 등), 비상방송 시스템

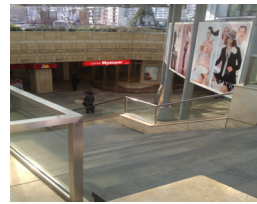


강남터미널	코엑스	잠실역
-------	-----	-----

- 상(上)방향 피난대책(연기에 의한 영향 배제)과 피난용 엘리베이터 및 에스컬레이터



- 소방대 진입경로(계단 등) 및 활동거점



- 천장 및 벽 등의 (불연화)내장재



- 초기 소화설비(스프링클러, 자동소화설비 등)



- 피난 중 이용자에게 정보 전달을 위한 장치



강남터미널	코엑스	잠실역
연기제어 설비		
		

영문 요약 (Abstract)



A Study on the Safety System Planning Strategy of Underground Space in Seoul

Yoon-Shin Bae · Sukmin Lee · Jihye Park

The purpose of this study was to analyze disaster occurrences in underground space and to suggest improving strategy of emergency management in case of fire. After classifying factors of safety management (objective function, 2nd and 3rd function) the assessment of fire hazard was suggested. Safety system planning strategy of underground space in Seoul was provided with disaster management in underground space and disaster medical improvement.

The main contents of this study are described in Ch. 2 through Ch. 5. The development status and problems of underground space in and outside country were examined. The factors of safety management were classified (equipment and structure, evacuation, lifesaving and fire extinguishing, performance based fire safety plan, operations management). The assessment of fire hazard was suggested. The evaluation criteria and methods were introduced. Safety system planning strategy of underground space and disaster management in Seoul were suggested. Specifically, statute and system improvement were described. Current disaster management and improvement of disaster management in underground space were explained. Finally, disaster management in underground space and disaster medical improvement were considered.

The conclusions for the suggested policy are shown in Ch. 6. Statute and system improvement are necessary for safety system planning strategy of

underground space in Seoul. Unified command system in disaster site needs to be established. Emergency saving system and integrated management of facilities are also to be reviewed. Finally, effective countermeasures for emergency saving is urgent.

Table of Contents

Chapter 1 Introduction

Chapter 2 The development status and problems of underground space in and outside country

1. The development status and problems of underground space in country
2. The development status and problems of underground space outside country
3. Statute and system related to underground space in and outside country
4. Safety system planning strategy of underground space in and outside country

Chapter 3 Classified factors of safety management in underground space

1. Equipment and structure
2. Evacuation
3. Lifesaving and fire extinguishing
4. Performance based fire safety plan
5. Operations management

Chapter 4 Assessment of fire hazard

1. Evaluation criteria
2. Grading standards
3. Evaluation methods

Chapter 5 Disaster management and disaster medical improvement in underground space

1. Statute and system improvement
2. Disaster management of underground space in Seoul
3. Disaster management improvement of underground space in Seoul
4. Disaster medical improvement in underground space in Seoul

Chapter 6 Conclusions and Policy Suggestions

1. Conclusions
2. Suggestions

References

Appendices

시정연 2010-PR-55

서울시 지하공간의 안전체계 구축방안

발 행 인 김 상 범

발 행 일 2010년 4월 11일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울특별시 서초구 서초동 391

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

값 6,000원 ISBN 978-89-8052-791-5 93320

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.