

❖ 지하융복합개발 기술위원회

KTA-Annual Technical Report

**대기·기상재해에 안전한 지하융복합공간의
개발과 구축에 대한 고찰**

2017. 12.



사단
법인 **한국터널지하공간학회**
Korean Tunnelling and Underground Space Association

■ 목 차 ■

1. 개 요	1
2. 기상재해 피해유형과 피해범위	2
2.1 황사, 미세먼지의 물리적 특성 및 피해	2
2.2 황사와 미세먼지 차이점	2
3. 안전한 미래 도시의 트렌드와 기술개발 유형제시	4
3.1 현대 도시의 트렌드	4
3.2 안전한 미래도시 기술개발 유형제시	5
4. 4차 산업 기반 스마트 지오시티와 환기방재, 빛환경	7
4.1 4차 산업에 기반한 스마트 지오시티	7
4.2 지하 대공간 활용을 위한 환기방재 시스템	8
4.3 지하공간에서의 편안한 빛조명, 빛환경 기술	9
5. 결 론	10

1. 개요

- 현재 전 세계적으로 이슈화되고 있는 이상기후에 의한 가뭄, 홍수 등 자연재해 증가에 대하여 주요 원인이 인간 활동과 산업화에 따른 온실가스배출로 분석하고 있고, 산업·건설·도로교통 등이 온실가스 배출에 큰 영향을 미침
- 특히 근래 중국 서북부, 몽골 지역사막화와 중국내 도시산업화와 연계되어 매년 봄철 황사발생일수가 증가하고 있고 중금속이 포함된 미세먼지에 의하여 피해가 심각하여, 반도체·정밀전자기계 분야 산업계 피해, 국민 일상생활 불편초래, 야외활동 기피, 건강위해성 현상으로 인해 국민경제가 위축되고 있음
- 현대 도시에서 재해 위협에 취약성 및 손괴 손해 정도 측면에서 국가자산의 손실이나 파괴, 시민 건강과 공공안전에 대한 영향이 매우 크게 미치므로, 기상기후재해 대응 전략을 도입된 도시공간 계획과 개발, 안전한 도시를 만들고 관리하는 것이 가장 필요함.
- 또한 기존 도시에서의 재해대응방안으로 추진되는 국내 수도권 도시 구조개혁은 도시재생 측면이 강하며, 압축도시 추진, 녹지와 물순환 및 물관리 체계, 기존 건축물 리모델링, 도시 인프라 시설 재개발, 에너지 효율적 대중교통 체계 등이 있음. 이와 함께 홍수 및 지진 등 자연재해, 황사 및 미세먼지 등에 의한 대기오염 문제에 대한 대응하기 위한 미래도시정책과 관련 기술체계가 필요함
- 지금까지의 추진하고 있는 도시재생사업은 단순히 물리적인 시설 정비사업의 형태에 머물고 있거나, 실질적인 기후변화나 환경적 개념이 반영되지 못하고 있으며 저탄소 녹색성장의 정책기조에 따라 추진되는 경향이 있음. 특히 최근 빈번히 발생하고 있는 황사, 미세먼지로 인한 기상재해, 홍수나 지진 등의 자연재해에 대하여, 지역 사회 및 현장 특성에 맞도록 저영향개발(LID: Low impact development) 기법이나 노후화된 시설 성능 복원을 위한 레질리언스(Resilience) 개념을 도입한 도시재생의 개념이 필요함.
- 서울시를 포함함 국내 수도권에서 주거, 생활하는 현대 도시민은 하루 중 실외에서 해당 주거지 외의 실외에서 10시간 경제활동을 하거나, 대중교통을 이용하여 외부의 도심지 지상·지하 공간상에서 평균 90분에서 150분 정도의 장시간 사용하는 것으로 조사, 분석하였음.(통계청, 2014)
- 황사나 미세먼지 유입되어 시민들이 오염된 외부 지상조건에서 생활하거나 이동할 수 밖에 없는 도시환경 조건에 대하여, 현대의 도심지 지하공간은 대표적으로 중대규모 융복합기능 특성의 지하 상업·체육·문화시설로 사용되거나, 지하철·환승·주차 연계 대중교통 인프라 시설임. 그러므로 시민의 건강과 도시경제 지속가능성을 확보하기 위하여 공기질 환경 개선과

조절 등의 대책 설정과 관련 기술 개발 및 적용이 필수적임.

- 이는 ‘재해로부터 안전한 미래 도시공간의 구현’이라는 목표 하에, 특히 황사·미세먼지 기상변화에 따른 위험 취약성에 대응하여, 도시시민에게 상시·비상시 안전하고 깨끗한 보호구역(Shelter)을 제공하기 위한 방안을 제시함. 그러므로 ‘재해에 안전한 도시하 대공간 구축’을 위하여 기상재해의 피해유형과 범위를 고찰하고, 안전한 미래 지하 도시공간의 트렌드와 기술개발 유형에 대한 제시, 그리고 4차 산업기반의 스마트 지오시티와 환기방재, 깨끗한 빛환경 기술에 대하여 논하였음.

2. 기상재해 피해유형과 피해범위

2.1 황사, 미세먼지의 물리적 특성 및 피해

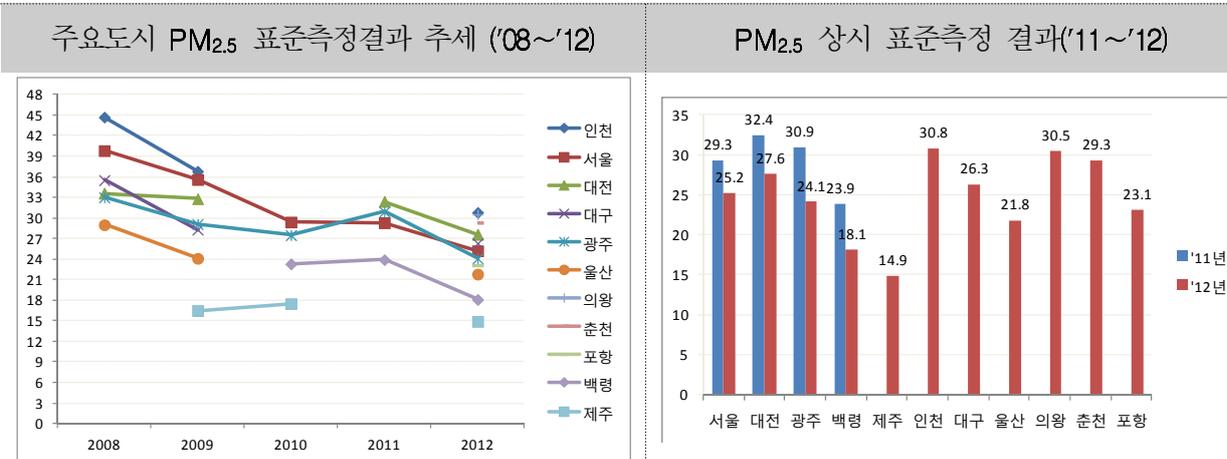
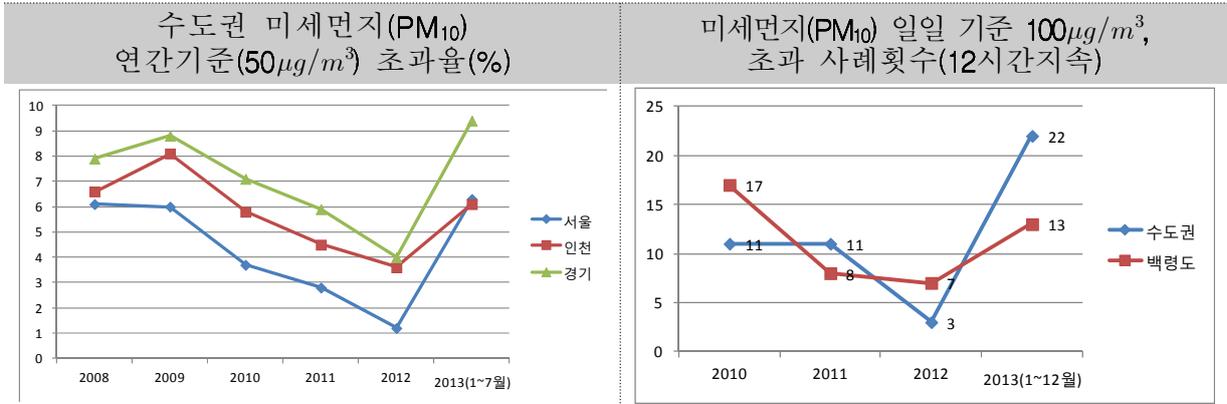
- 발생지와 이동경로에 따라 발생 및 침적하는 입자의 크기와 종류가 다르며, 입자의 물리적 특성과 기상조건에 따라 발생하는 영향과 피해양상도 상이
 - 중국이나 몽골은 강풍과 대규모 모래먼지 폭풍에 의한 물리적 영향이 큰 반면, 우리나라와 북한 및 일본의 경우는 미세먼지에 의한 대기환경악화로 인한 영향이 크게 작용
- 황사, 미세먼지의 물리적 작용에 의한 1차 피해
 - 대기의 혼탁으로 인한 가시도 저하로 시정장애를 초래하여 항공기, 여객선 운항 및 어업활동 중단 또는 도로교통체증을 유발
 - 미세먼지농도의 급격한 증가로 호흡기질환, 안질환 등 건강피해
 - 식물 잎 표면에 먼지침적, 투광률 저하로 식물생장의 지장 및 가축의 호흡기계 질환 야기
 - 반도체 등 정밀산업의 불량품 발생률 또는 방지비용 증가, 야외생산, 레저, 스포츠 등 실외(Outdoor) 서비스산업의 일시적 중단 또는 둔화, 그리고 청소비용의 증가

2.2 황사와 미세먼지 차이점

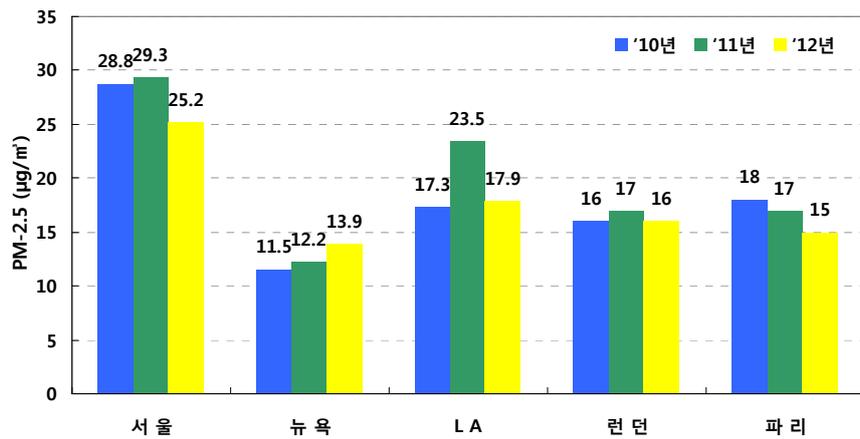
- (황사) 바람에 의하여 하늘 높이 불어 올라간 미세한 모래먼지가 대기중에 퍼져서 하늘을 덮었다가 서서히 떨어지는 현상 또는 떨어지는 흙모래로 주로 자연적 활동으로 발생
 - 칼슘, 철분, 알루미늄, 마그네슘 등 토양성분이 주로 포함
- (미세먼지) 주로 연소작용에 의해 발생하므로, 황산염, 질산염, 암모니아 등의 이온성분과 금속화합물, 탄소화합물 등 유해물질로 이루어짐
 - 지름크기에 따라 PM10(10 μ m이하), PM2.5(2.5 μ m이하)로 구분하여 관리

- 사람의 폐포까지 깊숙이 침투해 각종 호흡기 질환의 직접적인 원인이 됨

□ 미세먼지 오염 추이



주요 선진국 도시 PM_{2.5} 연평균 농도, µg/m³



<미세먼지 종합대책, 국토교통부 등 관계중앙부처 합동(2013.12)>

□ 황사, 미세먼지에 부착된 오염물질에 의한 영향과 피해

- 황사, 먼지가 박테리아 등 미생물의 운반 매체 역할을 담당
 - 황사, 미세먼지 발생지와 이동 경로 지역의 대기 중 미생물의 종류 및 밀도를 변화시키고 도시와 농업의 생태계에 영향을 미칠 가능성 상존
 - 황사가 바다에 떨어졌을 때 해양생태계에 영향을 미칠 가능성 상존
- 인체와 환경에 유해한 미세먼지 및 중금속의 증가
 - 황사, 미세먼지 이동과정 중 가스상 물질 흡착으로 2차 반응을 통해 미세먼지 양이 증가
 - 황사, 미세먼지의 중국 내 오염지대 통과과정에서 유해 중금속 오염도 상승 가능성
 - 황사, 미세먼지의 오염물질이 해수에 떨어졌을 때 미칠 수질악화 가능성

3. 안전한 미래 도시의 트렌드와 기술개발 유형제시

3.1 현대 도시의 트렌드

- (현대 도시 산업화) 과거부터 국가별 산업개발 정책과 더불어 각국에서는 인구증가와 함께 도시화와 광역화가 지속적으로 진행하여 왔음. 도시는 교통, 인프라, 노동력과 같은 각종의 시설과 서비스의 밀집된 지역사회로써 무분별한 도시 개발은 국가의 지속가능한 발전을 저해하는 주요 요인이 됨
- (지속가능 도시모델 필요성) OECD는 도시를 기후변화 대응정책 수립의 핵심대상으로 간주하고 도시의 경제성장과 기후변화 관계를 분석하고, 이를 바탕으로 경쟁력 있는 정책수립과 도시거버넌스를 강조하였음. 현대 국제사회는 기후변화에 대응할 수 있는 지속가능한 발전을 위한 도시모델구축에 주목하고 있음.
- (환경재해와 자연의 순환기능 약화) 황사와 미세먼지로 인한 대기재해, 도심지 비점오염에 의한 지하수 및 하천의 오염, 물 순환 자연특성의 왜곡 등을 대비하는 생활환경 안전기술의 강화와 환경안전성의 확보가 필요함. 정부 산하 국무총리실, 국토교통부 등 관계부처에서의 합동 “황사피해 종합대책” 마련하고 있으나 황사 조기경보 및 예측, 국민행동요령 홍보, 시민 건강영향평가와 질환관리, 황사대응 국제협력 강화 등이 주류를 이루고, 시민의 주요 경제활동 공간인 건축실내공간이나 지하공간에 대해서는 종합적이고 직접적인 대책이 미진하여 이에 대한 해결책이 필요함.
- (재난위험성의 증가) 이상 기후, 홍수 및 가뭄, 테러, 사이버전쟁, 메르스와 같은 자연재난·사회재난·도시인프라 마비 등을 해결하기 위한 도시의 역할이 요구됨. 서울과 같이 대규모 복합

지하공간이 분포하고 유동인구가 집중되고 있는 대도시의 경우, 도시에서 발생하는 자연재해는 도시 인프라 및 산업활동 지속성에 위협이 될 뿐만 아니라 국가자산의 손실이나 파괴, 시민 건강과 공공안전 등 도시 사회경제에 직접적인 영향을 초래할 수 있음

- (도시 노후화·공간자원 부족) 인구의 도시집중, 주택 및 교통난에 따른 새로운 공간자원에 대한 수요의 증가, 인프라 노후화에 따른 지속적인 브라운필드 재개발에 대한 요구, 지하공간의 대형·대심도화·복합화 등에 대응하는 새로운 도시모델이 필요
- (기후변화협약 및 에너지 대응) 에너지 저소비화 사회 실현을 위해 신재생에너지원과 이중분야(ICT, 환경 등) 융복합기술 및 스마트기반 효율향상 기술 시장의 확대 전망

3.2 안전한 미래도시 기술개발 유형제시

- 자연-사회 복합재해(Na-Tech Disaster), 대형화되는 재난재해에 효과적으로 대응하기 위하여 ICT 등을 활용한 선제적 기술개발, 국가차원의 국민안전형 치안서비스를 제공
- 도시의 초대형화, 지상 가용공간의 부족, 보상 및 민원, 교통 혼잡과 열악한 거주환경 문제 등을 창조적으로 해결하는 목적별 도시 신공간 활용기술 도출
- 저탄소 녹색성장 정책과 부합하면서 자연순환적 기능(에너지/물)을 갖는 지상-지하 광역공간 콤플렉스 계획을 통해 지속가능한 미래의 건설기술 확보
- 저영향개발(LID: Low impact development) 및 그린인프라(Green infra) 기반의 미래 도시 형태는 ‘압축도시(Compact city) ;

공간구조 자체가 에너지 및 자원을 최소로 이용하도록 만들어진 토지이용과 도시구조, 자연환경 파괴를 최소화하고 오염물질과 온실가스 배출을 제어할 수 있는 구조를 가진 도시
<Creating sustainable cities, Herbert Girardet, Schumacher Briefing, 1999>

- 도시재생에는 도시공간에 있어 본질적으로 쇠퇴한 도심 재개발에서 복구에 이르기 까지 기후변화 대응을 위한 다양한 방안 도입이 필요함. 도시재생은 건축물과 기반시설이 노후화되고, 지역경제가 침체된 낙후도시에 대하여 환경정비를 통한 환경재생, 신산업 및 일자리 창출과 기존 경제활동의 재활성화를 통한 경제재생, 그리고 지속가능한 커뮤니티 조성, 문화, 복지, 교육환경의 쇄신 등을 통하여 도시기능의 회복과 도시 커뮤니티의 부활 및 도시 경쟁력 제고를 포함함. 중앙-지방자치체의 효과적 기후변화 대응을 위한 도시재생 전략계획 수립 과 체계, 법제도 및 도시재생 정책제도에 따른 구성부문 요소기술그룹이 필요함. <기후변화 대응 도시재생 정책과제 및 계획수립 방안 연구, 국토연구원(2013)>
- 新인프라 공간의 제공을 통해 국민의 삶의 질 향상 요구에 부응하며 거주·상업·산업·환경 측면

에서 국민의 복지향상 기술로 지속적인 발전을 기대함. 이에 대하여 ‘도시하 공간 계획 부문별 구성기술 그룹과 요소기술 유형특성’을 요약하면 다음 표과 같음.

[도시하 공간 계획 부문별 구성기술 그룹과 요소기술 유형특성]

부문	구성기술 그룹	요소기술 유형 특성
도시, 구조와 건축	공간 계획	융복합 기능의 압축적 도시하부공간 구조와 모델 도시 사회기간시설 연계 광역적 도시하부구조 Complex 계획
	토지 이용	안전과 환경 및 환기를 고려한 복합적 토지이용계획
	건축	에너지 절약형 건축(단열, 채광, 차양, 폐열 회수 체계 등) BIM/CIM 기반 도시 상·하 공간 시설 배치와 형태 노후화 시설 냉난방 시스템 개선
	커뮤니티	대형 도시하공간, 지하도시관련 법규·제도, 정책 수정·개선 시민참여형 도시개발 거버넌스 구성 지역 구성원별·계층별 단체와 지역사회와 합의
교통	대중 교통체계	지하철 및 버스노선, 대중교통수단 확충 실시간 SMART 도시교통정보와 신호체계
	보행, 자전거	자전거 전용도로 및 주차장, 자전거 연계 대여체계
	교통 시설	복합환승센터·정류장 시설과 환경, 자동차 주유·충전 체계
에너지와 자원	에너지 절약, 자원재활용	도시 폐열 Recycling , 자연환기 공조시스템
	신재생에너지	태양광·태양열, 지열, 바이오매스, 에너지 하이브리드화
도시 인프라 건설	그린인프라	저영향개발(LID) 기반 물환경·물관리 시설과 체계 도시공간 및 공공 시설 녹화
	환경과 복지 인프라	청정 공기와 빛환경 시설과 장치, 토양 및 지하수 정화, 내부생산-생활 폐기물 자체처리 및 저탄소 도시환경
	안전 인프라	BIM/CIM 기반 대규모·대심도 도시하부구조 및 안정구조체 구축기술 (설계/자재·장비/시공법·시공성/시공관리) 황사·미세먼지 기상재해 대응 자유안전공간(Shelter) 시설체계 홍수·태풍·지진 자연재해 방재 체계(구조적·비구조적 체계) 재해위험도 평가 및 저감대책, 비상대처계획(EAP) 구축, 시설복구 계획 공공 및 민간 소방·화재 방재 체계

4. 4차 산업 기반 스마트 지오시티와 환기방재, 빛환경

4.1 4차 산업에 기반한 스마트 지오시티

- 4차산업을 기반으로 하여 도시하 지하공간에서 고려될 수 있는 “Smart GeoCity & Underground Space Based on 4th Industrial Revolution”기술은 미래 지하도시에서 얘기할 수 있는 분야로써, ‘BIM-CIM 및 빅데이터 기반 도시, 건축, 토목, 디자인, 환경에너지, 안전과 보안, 지역커뮤니티, 정책 등’산학연 다학제적인 확장 속성이 가장 큰 분야로 볼 수 있음.
- 그러므로 당 학회내 지하융복합개발 위원회에서 추후 주관할 수 있는 가장 밀접한 영역으로 생각되며, 여기서 재해대응형 지하도시 및 대공간 측면에서 그 활용성과 비전에 대하여 토의할 필요가 있음
- 건설분야에서 SMART기술을 어떻게 접근하느냐가 중요하며, 임의의 도시를 대상으로 일시에 BIM 및 CIM기반인 스마트시티를 건설하는 것은 곤란함. 그러므로 국토공간 내지 임의의 커뮤니티나 도시에 있어서 장기적 발전계획과 큰 패러다임하에 질서있고 일관성 및 종합적으로 이루어지면서, 분야별 모듈화특성을 갖는 측면으로 수행되어야 할 것으로 보임.
- 3D/4D/5D 모델링에서 건축분야에서는 가구/시설/장치 등 상세적인 설계 객체모델링이 있으나, 거시적인 도시측면에서 보면, 재해안전이나 스마트그리드, 스마트도로 등 목적별로 구성과 효과 등을 표현하기 위하여 소위 LOD(Level of detail)개념을 도입하고 스케일에 따른 객체모델의 효율적 전개가 가능하도록 함으로써 불필요한 정보의 양과 시간을 줄일 수 있을 것임
- 중장기적으로 GIS, CIM&BIM, ICT 기술을 활용하여 기존의 도시지역의 갱생/재생, 신규 지역(도시)을 스마트화하기 위해 모델링과 디지털 정보화를 해야 할 것으로 보임. 국내 건설문화 현실을 직면할 때 중앙지자체/발주처의 요구사항과 부합하여야 하며 어느 정도까지 구현해야하는 지에 대한 판단, 고려해야 할 것으로 보임. 그러므로 단계별 접근/구현/구성을 하여 지속가능성과 일관성을 가지도록 해야 할 것이고 특히나 중대형 지하공간시설에서의 적용성을 고민해야 할 것임
- 지속적으로 도시집중이 강화될 것이므로 지금까지 개발하여 구축하고 있는 도시지역 지질지형정보와 GIS 데이터를 기반으로 하여, 지하공간시설이나 각종 유틸리티, 기존/신규시설물의 3D모델화와 IoT 컨셉에서의 디지털데이터화, 실시간연동기반 정보의 상호처리운용성(Interoperability)을 실현하는 것이 중요함.
- 아직까지는‘4차산업혁명’이라는 새로운 변화, 흐름하에서 건설분야, 특히 토목분야/지하공간 분야에서는 발달단계가 낮고, 적용성이 뚜렷하지 않아서 실제 건설전문가들이 건설과의 접목

방안에 대한 의문과 제한적 발전할 것이라는 견지를 표명하기도 함. 그러나 미래건설 특히 일자리를 창출할 수 있는 미래 융복합기술이며 우리 학회내 지하융복합개발 위원회를 비롯하여 설계/시공 및 공공발주처에 근무하고 있는 기술전문인으로서 이를 적극적으로 사용하고자 하는 자세와 개발 후 활용을 위한 의식개혁이 가장 중요함.

4.2 지하 대공간 활용을 위한 환기방재 시스템

- 현재 도심지 지상공간의 개발 한계에 따라, 국내외에서 발전하고 있는 복합 대형지하공간 개발에 대하여 반드시 필요한 지하공간의 환기, 공조시스템과 화재 비상시에 대비하여 위험성 평가방법, 안전시스템을 준비하는 것이 중요함.
- 국내외 대형 지하공간 개발사례로 캐나다 몬트리올 언더그라운드시티, 미국뉴욕 로라인, 영동대로 지하공간 개발 등이 있는데, 지하공간 개발 개념에서는 환기와 교통에 있어서 수직 및 수평적 이동 개념이 있어야 함.
- 지하공간내에서 생활할 경우 고려되는 환경인자는 열/습도/분진/가스/냄새/물/채광 및 조명/조망 등이 있으며, 지하공간 환기계획시 주의 사항은 다음과 같음.
 - 지중의 열환경 특성(단열, 축열, 지중열)을 고려한 적절한 환기 계획
자연환기 곤란 / 기계 환기 동력비 증가 (환기량 제어)
 - 높은 습도로 인한 기기, 마감재 손상 없도록 환기, 제습 대책 강구
 - 주로 전외기 환기로 운영되므로 에너지 절감 대책 강구 (폐열회수장치, 저온의 침출수나 지열을 이용한 냉난방 등)
 - 공기 오염 물질 확산시 지하 공간 전체가 빠른시간내 오염되고 환기에 많은 동력이 소요되므로, 실별 적정 압력 상태 설계와 국부 환기의 적극적인 적용 필요
 - 지하 공간의 심리적 압박감을 경감할 수 있는 공간 설계와 설비 계획 검토(대공간, 선큰, 향공조, 녹색 조경 등)
 - 밀폐 공간의 특성상 화재 시 제연 대책, 피난 대책 중요
- 지하공간의 화재 위험성에서 특성을 보면, 폐쇄된 공간 형태적 측면에서의 위험성, 화재성상 및 피난측면에서 유독가스나 열기가 전파되는 위험성, 소방활동 측면에서 내부 상황이나 위치 파악곤란 위험성, 화재연소특성에서 불완전연소 및 오염 위험성 등이 발생하므로 이에 대하여 다량의 연기와 열을 효과적으로 제연/배연하여 피난을 유도하는 것이 핵심기술임.
- 지하도로와 같이 지하공간에서도 정량적인 화재위험도 평가 및 피난설계가 국내에 이루어지고 있으며, 이는 화재발생 시나리오별 인적/물적 피해를 빈도와 함께 산정하여 위험도를 평가

함.

- 이외에 대심도 터널화재 대응시스템, 구난지역 화재대응 압축공기포 분사시스템, 에어커튼 제연시스템 등을 개발하여 지하공간에 활용될 수 있도록 실내외 실험적 검증이 이루어지고 있음. 개발 결과는 도로 및 철도터널 교통시설물과 지하공동구에 적용할 수 있고, 특히 도심지 지하대도시 등에서 시민들의 안전과 사회적 재난에 대비한 핵심기술로 평가할 수 있음

4.3 지하공간에서의 편안한 빛조명, 빛환경 기술

- 지하공간에서는 태양빛의 단순 유입기술 적용보다, 외부로부터 실내로 빛을 자연스럽게 유입시키는 방안과 유입된 빛을 실내 임의 구역마다 적절히 분배·조광하는 방법에 대한 기술이 요구됨
- 폐쇄된 지하공간내에서 빛환경에서 가장 중요한 관점은 시민에게 단순히 ‘밝은 환경’만을 제공하는 측면이 아니라, 외부로부터 ‘자연스런 빛을 도입하여 지하공간이라고 느끼지 않도록 빛환경’을 조성하도록 하는 것이 타당함
- 인공광과 함께 자연빛을 효과적으로 조화시켜 분배·제어 및 조광할 경우, 지하공간내에서 느끼는 심리적 폐쇄감을 저감하고 안정감을 줄 수 있음. 그러므로 지표하 실내공간내 빛환경에 대한 감성설계, 즉 시환경 측면에서의 심리적 요소를 연구하고 한계를 극복하므로써 이를 바탕으로 하는 조명과 인테리어, 실내 건축구조 설계기술 개발이 필요함
- 지금까지 기술경향은 자연광 유입장치나 이용시스템의 개발이 주를 이루었으나 빛을 효과적으로 제어, 분배하여 실내로 유입된 자연광과 인공광 어울리도록 하는 것이 중요함
- 산뜻하고 쾌적한 공간을 만들기 위해서는 적절한 밝기와 그 밝기의 균일성 또 공간의 용도에 맞는 밝기의 색(광색) 제공이 요구됨. 지하공간에서 목적으로 하는 빛환경을 조성하기 위해서는 조명분야 외에도 건축분야나 지하공간 건설분야, 에너지 및 설비분야 등 지하공간창출에 관계된 전문 분야간 상호 노력이 필요함
- 자연채광 시스템의 분류
 - 집광원리에 따라 반사형(반사거울, 광선반, 유도반사체, 블라인드형, 루버형), 굴절형(렌즈, 프레넬렌즈, 프리즘렌즈), 투과형(일반창, 덕트형)이 있으며, 이는 또한 작동법에 따라 태양추적식, 고정식으로 구분됨
 - 광전송 방법에 따라 공간전송방식, 광섬유 전송방식, 광덕트에 의한 전송방식
 - 사용목적에 따라 집광, 채광, 차양이 있으면 적용 위치에 따라 수직창, 천창이나 지붕에 설치할 수 있음

5. 결 론

- 도시를 기후변화 대응정책 수립의 핵심대상으로 간주하고 도시의 경제성장과 기후변화 관계를 분석 후, 지상의 도시방재시설물에 더하여 재해대응형의 광역·대심도 지하도시공간 시스템을 구축하는 안을 제안함.
- 지상의 도시방재시설물에 더하여 재해대응형의 광역·대심도 지하도시공간 방재시스템을 구축함으로써 시민 생명과 국가자산을 보호하고 재해복구를 위한 사회비용 감소, 도시인프라의 기능 및 순환성을 지속할 수 있는 선진적인 안전 지하도시공간을 구축하여야 함.
- 낙후화된 도심지 구시가지내 지하대공간 재개발을 통하여 현대 도시의 지상공간 자원의 한계를 극복하고 지속가능한 미래도시공간구조와 도시모델을 제시할 필요가 있음. 이를 통해 시민 생명과 국가자산을 보호하고 재해복구를 위한 사회비용 감소, 도시인프라의 기능 및 순환성을 지속할 수 있는 선진적인 안전 지하도시 모델을 제시할 수 있음
- 환경생태변화에 따른 자연·인적재해 대응을 위한 새로운 대형 도시공간을 창출하고 시설들을 지하화하여 지상 상부를 녹지 등으로 활용할 수 있으므로 도시 시민의 삶의 질 증진공간을 확충함.
- 봄철 미세먼지나 황사 현상을 초여름 우기와 같이 상승적으로 도래하는 계절적 기후로 인식하여, 시민 안전과 건강을 보호하고 인적사회적 피해를 방지하는 새로운 사회인프라건설사업으로 개발함으로써 다기능 지중 인프라 및 네트워크 구축기술, 신수종 융복합-에너지 및 재해대응 기술로 발전시켜 신수종 일자리 창출기회로 활용함
- 기후변화에 대한 도시재해에 효과적으로 대응방안 구축을 성공적으로 완수하기 위해 중앙부처 및 지방자치단체간의 정책제도 개선노력과 이해관계 기관간 함께 참여하는 유기적인 협력 체계가 매우 중요함.