

❖ 지하융복합개발 기술위원회

# KTA-Annual Technical Report

*미래의 지하도시 Geo-City*

2016



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

## ■ 목 차 ■

1. 서 론.....	1
1.1 미래의 지하도시, 지오시티.....	1
2. 지오시티 기술.....	2
2.1 기술 동향.....	2
2.2 도시의 지하공간 개발.....	3
2.3 도시 지하공간 미래상과 건설기술.....	7
3. 지오시티 미래상.....	9
3.1 지오시티를 통한 미래도시공간.....	9
3.2 지오시티 관련 이슈와 정책제언.....	10
참고문헌.....	17

## ■ 표 목 차 ■

### Table

<3.1> 사회·정책 측면에서의 미래 지하공간.....	9
<3.2> 미래의 지하도시 “지오시티” 와 “지오빌” 건설기술.....	10

## ■ 그림 목 차 ■

### Fig.

[2.1] 국내 도심지 지하공간 개발관련 특허기술 분석.....	3
[2.2] 나폴리 가리발디 광장 프로젝트 대상지역.....	4
[2.3] 가리발디 광장 프로젝트, 나폴리.....	4
[2.4] 뷔주이프(Villejuif)역, 파리.....	4
[2.5] 겹음(陰)(Double Negative), 마이클 하이저.....	5
[2.6] 한스 홀라인 작품: 뉴욕 MOMA 전시 Depth scrapers.....	5
[2.7] 이화여대 프로젝트, 서울.....	5
[2.8] 몬트리올 실내도시.....	6
[2.9] 토론토 지하보행물시스템.....	6
[2.10] 예울마루, 여수시.....	6
[2.11] 미래 도시의 광역적 지하공간 개발관련 STEEP분석.....	8

## 1. 서론

### 1.1 미래의 지하도시, ‘지오시티’

지오시티는 도시내 지상공간에 대비하여 지하공간에 형성한 소위 ‘지하도시(Underground city)’의 한 종류로 분류할 수 있음. 여기서 도시(City)는 사회적·경제적·정치적 활동의 중심이 되는 큰 규모의 취락이라는 사전적 의미를 가지며, 또한 지하공간은 지표수준을 경계로하여 지상공간과 대칭되는 개념으로서 임의의 목적을 위하여 자연 지표면 하부에 인위적으로 형성한 공간자원으로 정의할 수 있음

지오시티는 농어촌과 상응되는 개념으로 임의의 하나의 도시하공간(都市下空間) 지역에서 높은 인구밀도의 사회 구성원으로 구성되며 복잡하고 이질적인 요소의 사회조직을 가지면서 공동내지 별도 목적을 가지고 조직활동이 이루어지는 기능적 중심의 공공·민간 지역사회로 표현할 수 있음

구성된 지오시티는 그 규모와 해당 지역의 특성에 따라 다양성과 독자성을 가질 수 있으며, 작게는 지하도로, 철도 역세권역이나 지하쇼핑몰 등 상권을 중심으로 하여 발달한 소규모의 도시적 커뮤니티이거나, 크게는 임의의 목적과 기능을 가지는 복수 개의 소규모 커뮤니티 간에 지상과 지하의 수직·수평적 방향으로 종합 네트워크화 되어, 지속적으로 확장되는 경향과 요소기능별로 다변성을 가지는 대규모의 도시적 커뮤니티로 분류할 수 있음

도시는 교통, 인프라, 노동력과 같은 각종의 시설과 서비스 및 인구가 밀집된 지역사회로서 무분별한 도시 개발은 국가의 지속가능한 발전을 저해하는 주요 요인이 됨. 현대 도시는 초대형화, 지상 가용공간에 대한 과밀집화가 지속되어 이에 따른 용지 부족, 보상 및 민원, 교통혼잡과 열악한 주거환경 등 문제가 발생하고 있는 한편, 환경과 도시미관의 가치중시 등 사회적 관념 변화를 배경으로 하는 목적별 도시 신공간 창조와 활용에 대한 요구가 증대되고 있음

한편으로 현재 세계는 기후변화에 기인한 이상기후에 의해 강우의 시간적·장소적 불균형이 초래되어 일부 지역은 가뭄에 의한 물부족 현상이 심각한 반면에, 일부 다른 지역은 집중호우에 의한 홍수, 도시침수 등이 발생하고 있음

지금의 기후변화와 이상기후, 자연재해와 에너지 고갈 등의 주요 원인으로 지적되고 있는 인간의 산업 활동과 도시화 과정이 이루어지면서, 원래의 자연적 순환 기능이 왜곡됨에 따라 대기질 및 기상재해, 물 부족, 도시홍수 등 재해재난의 부작용이 발생하였고 도시사회와 구성원 안전에 지속적인 위협이 되고 있음

이에 대하여 저탄소 녹색성장 정책과 부합하면서 자연순환적 기능(에너지 및 물순환 등)을 갖는 지상-지하 대공간 콤플렉스(Complex) 계획은 지속가능한 미래의 건설기술로 평가되며, 새로운 인프라공간의 제공을 통하여 국민의 삶의 질 향상욕구에 합당한 도시 주거·상업·산업·환경 측면에서 신복지 건설기술의 특성을 가짐

지하공간은 우선 단열성, 항온성, 항습성이 높으며, 폐쇄공간의 특성상 방음성, 격리성, 환경제어의 용이성을 들 수 있음. 또한 재난 등에 방진성 및 내진성이 높으며 전자파나 방사능의 차단성도 높음. 이러한 특성은 도시의 과밀화에 따른 가용토지 및 공간확보의 어려움, 도시의 무분별한 확장이 가져오는 교통 및 환경 문제, 급변하는 기후조건에 의한 재난의 위험성 등을 해결을 위해 이용될 수 있으며, 창출된 지상의 공간을 녹지로 되돌릴 수 있음. 그러므로 현대의 도시환경은 본 연구에서 지오시티로 정의한 지하공간자원 개발의 필요성을 가속화시키고 있음

## 2. 지오시티 기술

### 2.1 기술 동향

지오시티기술과 관련하여 최근의 도심지 지하공간 개발 동향을 분석하여 보면, 대형·대심도화내지 복합다기능화로 발전하여 민간구조물을 포함한 기존 교통인프라와 연계된 입체지하복합공간의 개발이 추진되고 있고, 중앙 및 지자체 차원에서 대규모 상권 및 역세권개발 연구와 기술개발을 위한 노력이 이루어지고 있음

유럽과 미국, 일본 등 선진국에서는 인구의 도심지 집중과 초대규모의 도시권의 발달에 따라 공간자원의 새로운 개발이 요구되어, 지상 도시주택난, 교통체증 해소와 환경개선 등을 위하여 기존의 도심 지하공간과 연계한 지하도시 개발기술을 주요 미래사업의 하나로 추진하고 있음

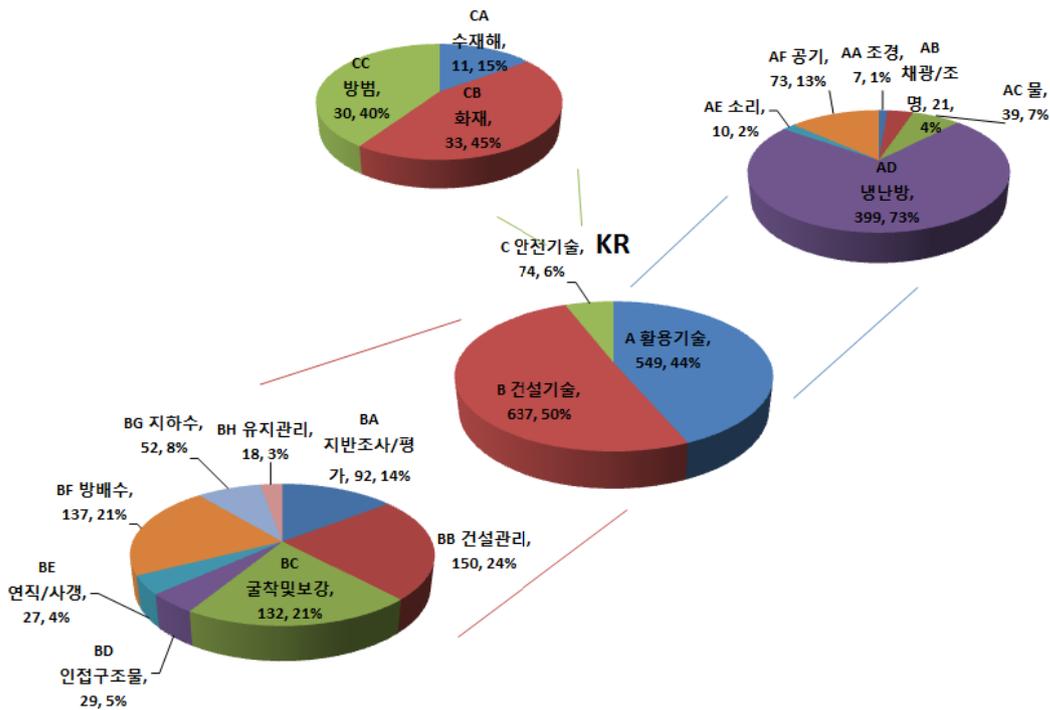
해외의 지하도시 사례로 파리의 레알(Les Halles), 런던의 카나리 워프(Canary Wharf), 도쿄의 롯폰기힐스-미드타운, 몬트리올의 지하대도시 등이 있으며, 이는 노후화된 도시재개발 정책으로써 대규모 입체공간의 개발을 통하여 미래도시의 신생활공간 조성을 중장기적인 국가정책으로 설정하여 추진하였음. 미국 보스턴에서는 한계에 도달한 도시 교통량 증대와 쾌적한 도시생활공간 재생 위해 기존 고가고속도를 철거하고 지하고속화 도로인 빅딕(Big-Dig) 프로젝트를 성공적으로 달성한 바가 있음

국내 지하공간과 관련된 연구로는 서울시(2006) 지하공간 종합기본계획 수립에서 지하공간의 무분별한 개발을 방지하기 위하여 지하공간이 지상의 도시계획과 조화를

이루면서 효율적이고 체계적으로 개발될 수 있도록 도시차원의 종합적인 기본계획을 수립하였음

국토해양부(2010) 지하공간 활용 관리개선 연구와 지하공간계획 및 이용에 관한 법제화 연구에서는 지하공간을 국토공간 자원으로 인식전환을 통해 종합적인 지하공간 개발 및 관리를 위한 국가 차원의 법제도 기반을 마련하였음. 또한 지하공간의 계획, 개발, 관리에 대한 법률적 기준을 명확히 하여 지하공간 개발의 활성화를 유도하고 지하공간 시설물 등이 안전하게 유지관리될 수 있는 방안을 제시하였음. 서울시 지하도로, 수도권 광역철도 사업외에도 신공간 창출 및 개발사업을 국가 및 지자체 중장기 발전을 위한 정책전략으로 접근하여 삼성동 코엑스 지하복합물, 지하용산역세권 개발추진, 동대문 지상지하 복합비즈니스-문화광장, 강남대로 지하도시 등 대규모 복합입체 지하공간개발 사업을 지속적으로 유도하고 있음

특허기술 분석 결과, 지하도시관련 건설기술 50%, 활용기술 44%, 안전기술 6%의 순으로 조사되었고, 건설기술에서 건설관리가 24%, 방배수 21%, 굴착 및 보강기술이 21%순으로 출원이 활발한 것으로 나타났음. 활용기술의 경우에는 냉난방기술이 70%이상으로 가장 많은 점유율을 보이고 있으며, 그 뒤로 공기, 물, 채광, 소리, 조경의 순으로 출원되었다. 안전기술의 경우 화재 45%, 방법 40%, 수재해 순으로 출원이 활발한 것으로 조사되었음



[그림 2.1] 국내 도심지 지하공간 개발관련 특허기술 분석(1985년~2014년)

## 2.2 도시의 지하공간 개발

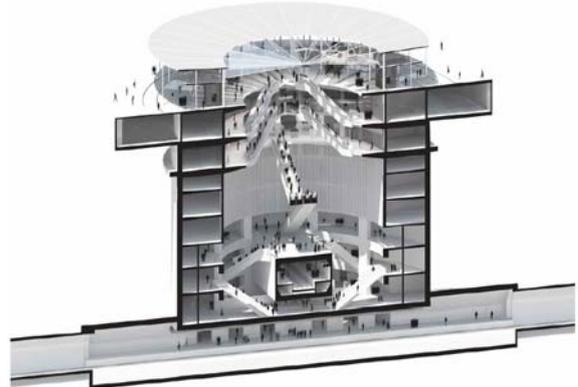
현재하는 도시내 지역사회와 시민 그리고 역사·문화의 특성들을 함께 반영하면서 성공적으로 추진하였던 지하공간개발 모범 사례를 살펴보면, 우선 이태리 나폴리의 가리발디 광장 프로젝트를 들 수 있음. 지상의 광장과 지하를 통합적으로 개발하는 것인데, 지하 레벨은 하늘로 개방되면서 상점들이 있는 긴 보행로를 통해 철도역과 지하철역을 연결하였음. 도서관과 지하철역과 같이 많은 사람들이 모이는 대규모 지하공간에서는 아래로 내려가는 사람들의 움직임에 특별한 경험과 도시의 배경화로 조율하는 것이 중요함

가리발디 광장은 금속재 나무 모양의 구조물 위로 우산 형상의 캐노피를 통해 나폴리의 뜨거운 태양을 차단하고 있음. 결과적으로 도시의 멋진 공공공간이 창출되면서, 밀도가 매우 높은 사람들의 움직임과 지하철을 포함한 5개의 역들이 교차되고 있음. 또한, 승강장 레벨의 벽은 이태리의 유명 미술가가 디자인하여 지하철역사에 예술을 접목시켰음

파리의 뷔주이프 지하철환승역은 두 개의 지하철 노선이 지하 50~55m에서 교차되도록 건설되었음. 원통형 형상으로 디자인된 이 역은 파리 판테옹이 들어갈 규모의 크기이고, 외벽지름 70m, 벽두께 1m, 중앙 보이드 부분의 지름 40~45m의 규모로 조성되었으며, 밀도로 내려가는 사람들의 움직임과 빛의 유입을 특별한 경험으로 극대화함



[그림 2.2] 나폴리 가리발디 광장  
프로젝트 대상지역

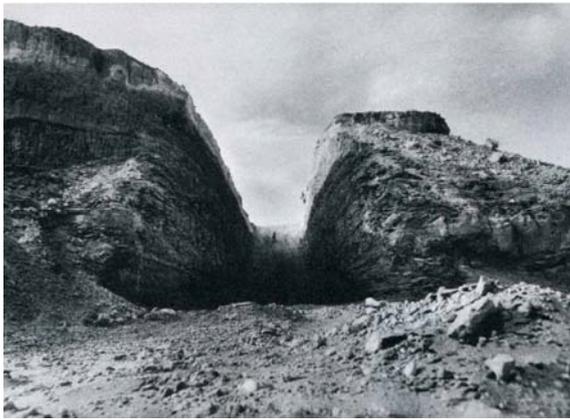


[그림 2.3] 가리발디 광장 프로젝트,  
나폴리, 2014



[그림 2.4] 뷔주이프 (Villejuif)역, 파리,  
2013

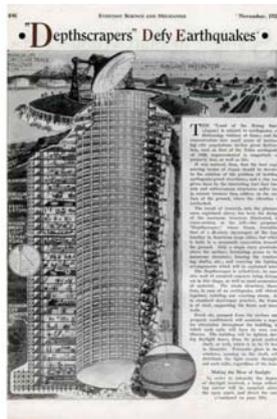
땅이 건물의 재료가 된다는 것은 중요한 주제이며, 땅을 재료로 사용하기 위해서는 강력한 힘의 요소가 있어야 하며, 땅을 파서 큰 구멍을 내는 것은 부드러움과 거리가 먼 힘이 작용하는 좋은 힘으로 평가할 수 있음. 여기서 대지예술(Earth art)을 하는 마이클 하이저(Michael Heizer)으로부터 영향을 받아 이화여대의 계곡 프로젝트로 구현되었음. 이화여대 ECC(Ewha Campus Complex : 이화캠퍼스 복합단지)는 연면적 2만여 평, 총 6개 층으로 이루어진 신개념의 지하복합공간으로 국제초청현상공모를 거쳐서 세계적 건축가 도미니크 페로에 의해 설계되었음



[그림 2.5] 겹 음(陰) (Double Negative), 마이클 하이저, 1969-70



[그림 2.6] 한스 홀라인 작품: 뉴욕 MOMA 전시 Depth scrapers, 1931



[그림 2.7] 이화여대 프로젝트, 서울, 2008

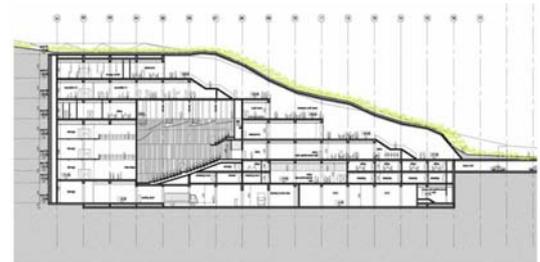
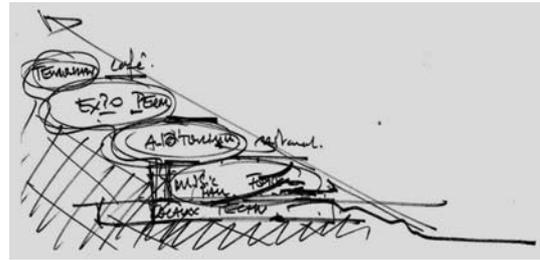
ECC에서의 해결안은 단순히 건축적인 것뿐만 아니라 도시설계적인 전략도 포함하고, 기존 캠퍼스와 주변 지역과의 교류를 확장하고 연결하는 것이 프로젝트의 주된 목표임. 건물이 지상에서 사라지는 경관을 상상하여 지하철역에서 캠퍼스 안쪽까지 이어지는 큰 길을 조성하여 주변과 연결하고, 자연스럽게 캠퍼스의 경계도 사라지도록 하였음. 이와 같이 대형 지하공간을 조성하는 아이디어의 또 다른 장점은 장소, 특별히 기념비적인 공공의 장소를 제공하는 것으로 나타났음. 결과적으로, 건물과 공원이 한꺼번에 성취되었고, 이곳의 공공장소는 도시의 상부구조와 하부구조와의 관계를 분명하게 보여주는 매끈한 조각으로 나타나고 있음



[그림 2.8] 몬트리올 시내도시



[그림 2.9] 토론토 지하보행물시스템



[그림 2.10] 예울마루, 여수시, 2009

여수 문화도시 프로젝트는 지형을 보전하면서 다양한 문화적인 프로그램을 수용함. 크리스토(Christo)의 러닝 펜스(Running Fence)에서 나타나는 선의 이미지로써, 지형에 이 선을 도입하여 해결안을 도출하였음. 프로젝트는 크게 두 부분으로 나누어, 첫 번째는 사람들이 접근하기 쉬운 큰 계단 구조로, 상부가 투명하게 개방된 프롬나드임. 여기서 각각의 층과 계단 레벨에서 전시장, 음악당, 강당 등에 접근이 가능함. 프로젝트의 두 번째 부분은 인근의 섬 정상에 전시관을 설계하여 이 둘을 하나로 엮었으며, 지하건축에서 공간과 빛이 건축에서는 가장 중요한 요소임

일반적으로 지상구조물은 지하시설에 비해 저렴하고, 지하시설은 엄청난 양의 일과 막대한 공사비가 소요되는 것으로 인식되어, 지하시설의 투자 및 개발비용은 사업 추진시에 매우 중요한 계획 요소 중의 하나임. 그러나 건설 후 지하공간은 지상의 공간보다 수명이 길고 상대적으로 유지관리 비용이 적게 드는 장점이 있음. 또한 비용 외에 지하 건축의

효용성 측면에서 지하공간은 인간 활동을 더 큰 밀도로 수용할 수 있고, 건강한 시민의식과 정확한 목표하에 개발할 경우 사람들의 삶의 질을 개선할 수 있는 데에 중요한 가치가 있음

## 2.3 도시 지하공간 미래상(未來像)과 건설기술

미래 도시지하공간 비전 내지 상(像) 설정을 목적으로 하면서 도심지 대형·대규모 지하공간 및 도시인프라와 연계하여 연구할 필요가 있는 주요 이슈그룹으로 ①사회·정책 및 제도 측면에서의 고려하여야 할 미래지하공간 건설방안 ②미래의 광역규모에서의 지하도시 “지오시티(Geo-City)”와 건설기술 ③미래의 시민주거 생활공간 규모에서의 “지오빌(Geo-Ville)” 건설기술로 구분함. 또한 이에 관련하여 의미내지 환경특성 파악과 건설기술 도출을 위하여 STEEP분석을 통한 NEEDS-SUPPLIES를 고찰함

지하도시 계획 및 조성시에는 기성 시가지의 지하공간 현황을 검토하여 보다 효율적으로 토지 이용이 가능한 면적·입체적인 지하 네트워크 조성 방안을 제시할 필요가 있음. 또한 도시기본계획, 도시환경 정비계획 등 상위계획의 지하·입체도시 관련 내용상의 기본방향을 제시하고 중앙·지자체 정부에서 추진 중인 지하공간 법제화와의 정합성을 검토해야 함

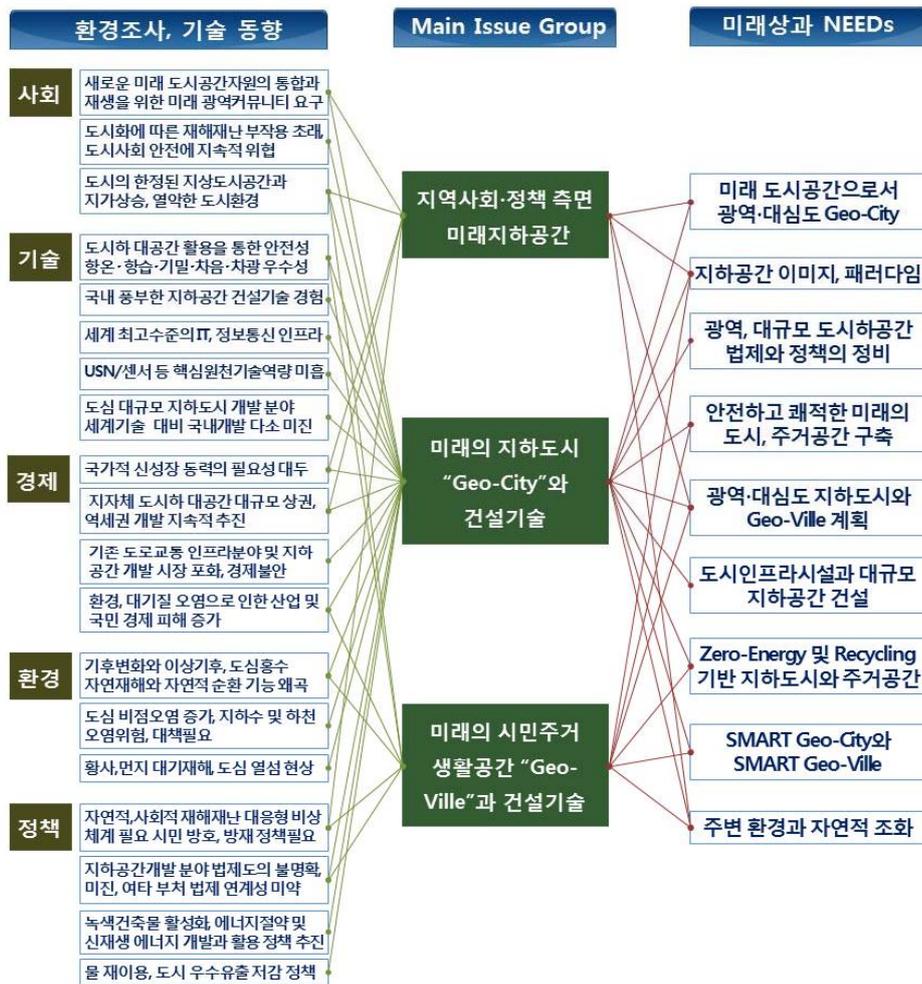
지하입체 네트워크는 공공영역의 지하공간과 민간영역의 지하공간에 걸쳐서 개별적으로 존재하던 지하공간을 지하연결보도·통로의 설치를 통하여 연결하는 것을 말함. 일반적으로 지하공간은 심리적인 측면에서 폐쇄성의 이미지가 강하므로 자유안전공간으로의 접근이나 이동이 쉽도록, 특히 대심도의 경우는 지상 및 지하에서도 수직-수평적 환승이나 이동체계 개발에 중점을 둠

- **교통시설 연계형 네트워크** : 지하공간의 교통시설간 수직적 연계를 통하여 거점을 조성하는 것으로 일반적으로 점적인 네트워크 양상을 나타내며, 지하교통거점을 중심으로 하는 네트워크는 충분한 지하유동인구가 바탕이 되기 때문에 가장 기본적이고 일반적인 지하네트워크 조성유형이라 할 수 있음
- **지하가로 조성형 네트워크** : 도로 하부에 지하공공 보도시설을 설치하여 네트워크를 조성하는 것으로, 주로 지하교통 거점간의 연결을 통한 지하상가로 이용되는 경우가 일반적임. 이 방안은 위치상으로는 근접해 있으나 연결성이 미흡한 지하공공 보도시설간의 연계와 지상 보행환경 개선을 위한 신설이나 건물간의 지하통로를 통한 연결을 포함함

또한 도심지 대규모 지하공간 네트워크 기술에 비해 상대적으로 기술발전이 미진한 반면,

미래 도시공간에서 가장 중요한 구성요소중의 하나로 도시민 주거생활공간 개발이 중요함  
 그러므로 항온·항습·기밀·차음·차광성의 지하공간 우수성에 바탕으로 하여 재해재난 안전성, 신재생에너지를 통한 에너지 절감과 주변 도시환경 경관과의 조화를 통한 시민 주거생활용의 지하공간 건설기술이 필요함

이는 봄철 미세먼지 및 황사 등 공기질 저하로 인하여 지상활동이 위축되고 있고 재해위험에 대비하여 장기간 인간이 생존하여 편안하게 생활할 수 있는 시민의 안전공간(Shelter)에 대한 관심과 미래 수요에 충족되는 기술로 평가할 수 있음



[그림 2.11] 미래 도시의 광역적 지하공간 개발관련 STEEP분석

### 3. 지오시티 미래상

#### 3.1 지오시티를 통한 미래도시공간

인간 산업활동과 도시화 과정이 이루어지면서 본래의 자연적 순환 기능을 잃게 되고

홍수나 가뭄 등 재해재난의 부작용이 초래됨으로써 도시사회와 구성원 안전에 지속적 위협이 되고 있는 현재 도시사회에 대하여, 미래 도시공간인 ‘지오시티’는 왜곡되어 있는 자연 생태계의 순환기능을 가능한한 회복함으로써 재해재난에 보다 안전하고, 청정한 신재생 에너지 기반으로 광역규모 공간개발 계획과 관련 건설시스템을 제공함

지하공간이 가지는 폐쇄성을 개선하여 인접건물이나 지상보행체계와 입체적인 네트워크를 구축하고 쾌적한 공기질, 산뜻한 빛환경 조성 등을 통하여 안전성과 함께 개방성을 가지는 도시공간으로 발전시킴

특히 지하보행시설 및 지하 공공공간 등은 도시 철도·도로, 정류장, 터미널 등 주변 대중교통시설과 연계하여 상업문화시설외에도 입체 보행광장, 지하 녹지공원과 휴식공간 등 토지이용의 활용성을 극대화 할 수 있음

현재 새로이 직면하고 있는 자연재해나 기상대기질 악화의 위협, 에너지 고갈 문제를 해결할 수 있는 대안제시와 함께, 여타의 스마트(SMART) 도시공간 창출에 대한 사회적 요구에 대하여 지금까지 개발하여 확보한 지하공간 건설기술을 바탕으로 안전하고 편리한 광역 도시하공간 건설기술을 개발하고 그 활용방안을 통하여 국가와 시민의 공공안전성과 편의성, 복지 체계를 제공하는 비전을 제시함

<표 3.1>사회·정책 측면에서의 미래 지하공간

미래상과 NEEDs	SUPPLies 핵심 사항
미래공간으로서 광역·대심도 지하도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>•국토공간자원 및 미래도시 인프라, 시민 삶의 미래터전</li> <li>•국가와 지역사회 상권·경제부양, 국제적 도시경쟁력</li> <li>•미래 지하도시와 공간 창조기술, 수준/중요성/시급성</li> </ul>
지하공간 이미지	<ul style="list-style-type: none"> <li>•지하공간의 이미지 개혁과 미래상</li> <li>•새로운 도시계획 패러다임 전환 지하도시 마스터플랜 혁신도구</li> <li>•신지하공간자원 창출 효과와 홍보, 이익</li> <li>•공간적·심리적 미학, 생리 및 심리적 장애대처, 건강과 복지수단</li> </ul>
대형 도시하공간 법제와 정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>•대형 도시하공간, 지하도시관련 법규와 제도, 정책 수정과 개선</li> <li>•공공-민간 커뮤니티 주체, 시민참여형 도시개발 거버넌스 구성</li> </ul>
안전하고 쾌적한 미래의 도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>•자연적 및 사회적 재해에 안전한 도시하공간</li> </ul>

<표 3.2>미래의 지하도시 “지오시티”와 “지오빌” 건설기술

미래상과 NEEDs	SUPPLies 핵심 사항
광역·대심도 지하도시 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>•도심 대규모 지하공간 위치계획, 차량과 보행자 흐름</li> <li>•지상공간연계 입체복합공간과 기능</li> <li>•BIM기반 대심도, 대형 도시하공간 설계와 조성, 구축</li> <li>•도시 사회기간시설과 지하공간 Complex 계획</li> </ul>
지오빌 건설계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>•미래 주거·생활공간 이미지와 역할</li> <li>•공간 형상연계 구조 설계와 안정화</li> <li>•건설계획 방법 - 굴착형과 복토형, 복합형</li> </ul>
도시인프라시설과 대규모 지하공간 건설	<ul style="list-style-type: none"> <li>•조사와 탐사, 기존 인프라 연계-간접 영향</li> <li>•지하공간 형상과 구조 설계와 안정화</li> <li>•굴착과 보수보강, 주변 영향 최소화</li> <li>•BIM기반 건설자재와 장비, 시공성, 시공관리, 방법의 경제성</li> </ul>
Zero-Energy 및 Recycling 기반 지하도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>•신재생에너지, 에너지 Harvesting</li> <li>•도시하공간 청정 공기·물자원, Recycling, 보존 및 처리</li> </ul>
SMART 지오시티	<ul style="list-style-type: none"> <li>•똑똑하고 편리한 지하 SMART 인프라</li> <li>•재해재난에 안전하고 편리한 운영과 유지관리</li> </ul>
주변 환경과 자연스런 조화	<ul style="list-style-type: none"> <li>•대심도 대형 도시하공간에서의 식생 재배와 녹화경관</li> <li>•도시하공간내의 깨끗하고 쾌적한 공조환기, 소리환경</li> <li>•도시하공간내의 밝고 쾌적한 자연광 조광</li> <li>•도시하공간내 밝고 쾌적한 자연광 유입·인공과의 조화</li> </ul>

### 3.2 지오시티 관련 이슈와 정책제언

#### 3.2.1 미래 지하도시 건설방향

##### (1) 미래 지하도시 마스터플랜

- 현재하는 지상·지하 공간의 현황 조사와 지하공간 이용시설 수요예측을 위하여 공간의 입체적 사용의 유형화 및 지하 안전성을 고려하여 개발 가능성을 판단하여야 하고, 이용시설 종류별 지형·지반조건과 토지 이용현황 및 개발밀도를 검토함
- 종합적으로 지구별 개발계획을 설정하여 공동구, 지하차도·보도, 네트워크의 형성, 지하철과의 연계, 지하주차장 확보, 토지의 입체적 효율성 등 종합적인 구상안을 수립함
- 여기에는 이용계획, 동선계획 및 지하주차장 계획, 환경계획, 휴식공간 및 부대시설계획, 재해재난 방재계획, 투자계획 등의 세부 구상을 포함하여야 함
- 도시기본계획에서 개발방향에 대한 기본적인 기준이 수립되고, 통합 지하공간 계획

관련법제와 규정을 제정하여 법률이 대상으로 하는 명확한 범위를 제시할 필요가 있음

## (2) 똑똑하고 편리한 미래 지하도시 기술

- 스마트 지오시티 구축을 위한 주요 기술로서 유연하고 효율적인 지능형 도시안전시스템이 핵심 인프라 구축기술로 활용될 수 있음
- 광역적 대규모 복합 지하공간에서 시민에게 다양한 상시 안전복지 서비스를 제공할 수 있고, 자연적·사회적 재해재난 시에 신속하게 비상체제로 전환하여 시민과 국가재산에 대한 효과적인 방호·방재서비스 실현이 가능함
- 대규모 복합 지하공간 BIM 정보 구축을 위한 제도 마련하고 BIM-GIS기반 지하공간정보 구축을 통하여 광역적 지하공간에 대한 전생애주기 유지보수 정보가 축적될 수 있으며 이는 유지관리 측면에서 다양한 활용이 가능함

## (3) 깨끗하고 쾌적한 지오시티 조성기술

- 일반적인 지상 건축물과 다르게 지하공간은 외피가 지중에 면하므로 연간 실내냉난방 에너지부하 변동이 상대적으로 적으나, 실내 환기를 위한 공조·환기 시스템의 계획에 제약이 많음
- 지하공간은 화재시 연기에 의한 피해 우려가 매우 높으므로 이에 대한 적절한 대책이 필요함
- 기본적으로 지하공간에서 자연환기 효과를 얻을 수 있는 방안이나 화재연기를 효과적으로 배출할 수 있는 방법이 필수적이며, 거주자가 화재연기에 노출되지 않도록 안전한 피난환경을 확보하고, 소방대가 신속하게 화재지점까지 접근할 수 있는 진입경로를 구축해야 함
- 기존의 지상건축물에 적합한 환기 및 방재 기준으로는 지하공간의 환기방재 시스템의 성능을 효율적으로 확보할 수 없다. 따라서 지하공간의 구조적인 특성에 맞는 환기 및 방재시스템의 설계기준을 마련해야 함

## (4) 지속가능한 에너지 자립형 지오시티

- 한국은 에너지자원을 전량 해외 수입에 의존하는 자원빈국임에 반하여, 최근 도시에너지 소비 경향은 포화상태를 넘어서고 있음. 지속적인 연료 사용으로 인하여 에너지고갈에 대비한 친환경적, 비고갈성내지 절약형 에너지에 대한 요구가 증대되고 있으며, 중앙·지자체 각 분야에서 타개방안을 강구하고 있음. 도심지 생활공간에서 그린에너지 기술활용에 대한 필요성은 날로 증가되고 있으며, 미래 도시체계에 당면한 에너지 문제를 풀어나갈 수 있는 방안을 설정하여야 함

- 바야흐로 지하공간 개발은 선택이 아니라 필수가 되는 시점에서 기존 지하공간의 리모델링이나 새로운 지하공간 개발에 있어서, 냉난방과 같은 에너지 공급에 대한 고려가 필수적임
- 지하도시공간에서 제기되고 있는 이슈로는 탄소배출저감을 위한 에너지자립, 에너지순환(Recycling)형의 지하도시공간 구축 기술과 지하공간내 에너지밸런싱(Energy balancing) 시스템, 태양열-지열 하이브리드 신재생에너지 시스템을 이용한 고효율 저비용의 냉난방-환기-제습 복합시스템 등으로 말할 수 있음

### 3.2.2 도시 지하메트로 환경디자인

#### (1) 도시 환경디자인의 이해

- 21세기 디자인에서는 사회적 책임과 더불어 시민 삶의 질 가치에 대한 변화가 큼. 그러므로 사람들의 마음을 움직이는 독창적·독보적인 디자인이 요구되고 있음
- 해외 선진국의 디자인 의미를 살펴보면, 독일은 과학의 이름으로 이태리는 예술의 이름으로, 스칸디나비아 반도는 공예품 의미로, 미국은 비즈니스적 의미로 디자인을 활용되고 있음
- 한국의 경우는 산업화 과정을 겪으면서 디자인 분야가 급격하게 발전하였으나 문화적인 정체성과 섬세함이 부족함. 더 이상 남을 따라하지 않고 문화적인 정체성을 바탕으로 창의적 디자인을 생산하여야 함
- 해외의 도시디자인은 사실 과거부터 시민들이 살아오는 일상이나 이야기를 공유하면서 시대변화와 함께 시설과 건축물 등으로 자연스럽게 구현되면서 발전하여 오는 것으로 분석됨
- 한국의 서울은 과거 자연과 함께 어우러지는 고도의 도시로서 존재하였으나, 일제 식민지와 전쟁을 겪었고 매우 급격한 근대화 산업화와 함께 양적인 성장을 이루면서, 미래를 생각하는 장기적인 도시계획이나 도시디자인의 큰 밑그림 없이 건설되었음

#### (2) 서울메트로 9호선 환경디자인 측면에서의 도심광역교통 지하공간 인프라

- 서울지하철은 현재 시민 교통인원 세계 3위, 규모로도 세계 4위에 이르는 위상으로 건설되어 운영되고 있음
- 서울지하철 9호선은 각 건설공종별 설계프로세스를 변화시켜 9호선의 정체성(Identity)을 설계단계 초기부터 반영함. 특히 민자사업 특성상 토목분야 건설에 이어 환경디자이너가 설계초기 단계부터 투입되어 엔지니어와 건축가 등과 함께

과업을 수행함

- 2003년 CI계획, 2004년 색채계획, 2005년 Sign시스템개발 등 시공감리까지 진행하였고, 2009년에 개통됨. 당시 시민의 소비의식 패턴에 있어서 상품의 가격이나 기능과 함께 상품의 부가가치적 속성에 관심을 갖는 시대적 특성이 디자인계획에도 반영되는 측면이 있음
- 서울지하철 9호선을 한국 또는 서울의 대표적인 메트로를 건설하자는 목표하에, 디자인 플랜에서 “한국인의 격 : 공간의 격을 만든다. 한강을 따라 흐르는 Metro-9” 를 심포니 형식으로 반영함. 전체 노선을 단계별로 악장 컨셉으로 나누어 제 1악장을 ‘역사의 땅’, 제 2악장을 ‘삶의 땅’, 제 3악장을 ‘담대한 땅’, 제 4악장을 ‘비상의 땅’, 제 5악장(미정)으로 하여 해당 주제하에 추진함
- 서울지하철 9호선의 대표 노선색은 “Gold” 로 설정하였고, 색채의 위계를 설정하기 위하여 건축물은 배경색으로써高明도/저채도 색으로, 보조색으로는 알림(Sign)물이나 노선표현 등에서 중명도/중채도, 추후 각종 광고물이나 이용시민의 의상 색이 존재할 것이므로 포인트 칼라를 별도로 정하지 않음
- 전체적으로 한 가지 재료를 선정하여 마감재를 모듈화함으로써 추후 필요시 교체가 가능하고 시설물이나 예술품등 특정한 대상물들을 인입시킬 수 있으며, 이는 지하공간이나 면을 효율적으로 활용할 수 있는 장점을 가짐. 또한 지하공간 건설 계획시에 존재하는 여러 가지 공간제한적 여건으로 인한 시설물, 공간의 선과 면의 일치성 부조화 사항에 대하여 모듈화에 기반한 환경디자인과 계획으로 이를 개선할 수 있도록 함
- 공간면의 모듈화와 함께 Sign물의 모듈화도 건축분야 기준 등에 맞추어 추진하고, Sign물내에 여백과 글자크기, 색 등을 이용하여 시인성을 높임

### 3.2.3 산뜻하고 편안한 빛조명, 빛환경 기술

#### (1) 지하공간 조명과 빛환경 분야 이슈

- 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 극복함으로써 이를 바탕으로 하는 조명과 인테리어, 실내 건축구조 설계기술 개발이 필요함
- 자연광을 유입하여 적용할 경우, 일반적으로 건축물의 내외장재를 투명유리재료를 많이 사용하는 경향이 있음. 그러나 투명유리 재질은 유입량의 조절이 힘들고 태양의 강한 직사광을 제어하기가 곤란하므로 눈의 피로와 함께 반사글레어를 발생시켜 시각에 위해가 될 수 있고, 또한 밝기의 급변화로 인한 시각적 충격(블능글레어)과 어지러움을 동반할 수 있으므로 이에 대한 고려가 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

### 3.2.4 도심지 지하도상가 안전디자인에 대하여

#### (1) 안전을 확보하여 안심할 수 있는 지하상가

- 도심지 공공 지하인프라의 대표적 시설물인 중대규모 상업시설인 지하도상가에 있어서, 특히 가장 재해 위험성이 높은 화재에 대하여 시민에게 안전한 공간을 제공하고 지하상가의 운영과 이용하는 데 불편을 최소화하도록 함
- 또한 창의적이고 세련된 디자인을 적용하여 시민 안전을 위한 디자인 적용과 함께 지하공간의 쾌적성을 확보하고 공간의 부가가치를 제고함
- 구체적으로 출구를 찾기 쉬운 지하공간을 계획하기 위하여 지하도상가 안전시설을 구축하고 위치정보를 명확화하며 공간 차별화와 인지성을 강화함
- 사고시 기능을 다하는 시스템을 구축하기 위하여 위급시 인간행태를 반영하고 인간감각 신호를 다변화하며 비상장비 및 인적 대응체계를 구현함

- 상인들과 함께하는 시스템을 계획하기 위하여 사고대응 관리자 체계를 설정하여 지하상가 경제활동을 지원하면서 상시 협력체계를 구축함

## (2) 국내 도심지하도 상가 현황과 특징 분석

### ① 공간 구조와 동선의 특징

- 중심성의 부재: 지하공간내 광장부와 통로출구의 형태가 유사
- 장소성의 부재: 공간형태 및 색채 등이 동일하여 주요시설 및 접근 인지성 부재
- 인지성의 부재: 긴 직선형 공간으로 시중점 구분 및 현위치 파악 난이, 출입구 형태 유사 및 번호체계 등 부가정보 부재

### ② 시설물 및 안전설비 특징

- 대피동선 차단 문제: 각종시설물의 통로 점유로 안전 위협, 비상시 벽면인식 한계
- 안전설비 분산의 문제: 안전설비의 설치위치 분산, 수량기준은 충족하나 규칙성 없음, 손전등이나 소화기 등 통합배치 미흡
- 안전설비 인지의 문제: 안전설비 위치인식 난이, 낮은 위치에 소화용구 등 설치, 결절부와 통로부 등 공간구조특성을 반영한 설비표식 등 미흡
- 안내 시인 문제: 사인규격이 작아 시인성 부족, 주요 이용경로와 무관한 단순 방향 안내

### ③ 인적 관리체계 특징

- 인적 안내부스 관리의 문제: 최소 전파가 가능한 인적 안내부스 관리자의 잦은 부재
- 비상대비 교육 실시: 최초 전파자의 역할, 임무 등 안전 교육내용 개선 필요
- 질서유지 및 합의 한계: 개별점포 물품적치선 미준수, 물품적치와 통로 디스플레이

## (3) 비상시 신속하고 안전한 지하공간과 체계 계획

### ① 공간인지 요소의 강화, 명확화

- 주요 결절부에 시각적 차별화
- 구획별 번호를 체계화하고 출구 정보와 탈출 경로의 인지요소를 차별화함

### ② 실제적·입체적 탈출정보 제공

- 구체적인 음성안내 제공 시스템
- 화재시 연기 등에 대하여 인지도가 높은 색채 적용, 피난시 낮은 자세에서 보이는 탈출 안내 사인

### ③ 상시 매장 운영과 비상시 탈출 정보의 조화

- 상가 매장 특성을 고려하여 상가 통로공간에서 일상적 점유와 안전을 위한 문제 동시

해결 필요

④관리 효율성과 안전성 제고

- 주요 결절부 안내부스, 안전 HUB기능을 부여하고, 최초 발견자의 즉시 행동 가능 방법을 제시함

⑤공간의 쾌적성과 개성 연출

- 구역별 차별화를 통한 공간 가치를 증대함
- 점유통로 안전 가림대를 통한 매장환경 정리

### 3.2.4 재해대응 목적의 미래도시 건설방향

#### (1)도시 기상재해 대응형 미래안전도시 건설기술

- 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
- IPCC(2013) 5차보고서에 따르면 이상기후에 의한 가뭄, 홍수 등 자연재해 증가 주요 원인이 인간 활동과 산업화에 따른 온실가스배출로 보았고, 산업(31%), 빌딩(19%), 교통(14%)등이 온실가스 배출에 큰 영향을 미침
- 특히 근래 중국북부 지역사막화와 산업화와 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
- 정부 산하 국무총리실, 국토교통부 교과부 전반적 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

#### (2)재해대응 목적의 물관리·물순환 기술

- 국내 대도시는 산업화 추진에 의하여 괄목할만한 도시발전을 이루었으나, 도시의 초대형화, 지상 가용공간 과밀집화가 지속되고 이에 따른 용지부족, 보상·민원 등 문제가 발생하고 있음. 특히 인구밀도가 높은 도시의 경우 도시화에 따른 지표유출량의

증가로 이상기후로 인하여 도심지 집중호우에 의한 산업인프라의 수재해 위험성이 증가함

- 서울과 같이 대규모 복합지하공간이 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
- ‘재해로부터 안전한 미래 지하도시의 구현’이라는 궁극적 도시방재 목표달성을 위하여, 도시방재계획 전문가 외에 이와 밀접하게 관련되어 있는 수공학, 국토 및 도시계획 및 지반공학 분야 전문가와의 공동 협력이 중요함. 또한 소관 정부부처와 지자체간에 체계적인 협조가 필요하고, 통합관리체제에 의한 신속한 정보전달과 주민대피체계 등을 반드시 구축하여야 함

## 참고문헌

국토해양부, 2010, “지하공간 계획 및 이용에 관한 법제화 연구”

대한건축학회, 2012, “21세기 지하공간”, 대한건축학회 학회지, 建築, 제56권 제2호

서미란, 2016, “서울지하철 9호선 사례를 통한 환경디자인에 대한 이해”, 디자인 메카

서울디자인재단, 2016, “도심공공 유니버설 디자인 ‘지하도상가 안전디자인’사업” 착수보고회

서울특별시, 2006, “지하공간 종합기본계획 수립”

서울특별시의회, 2013, “21C형 미래공간으로서의 지하공간 개발을 위한 연구”, 선진엔지니어링, 창원대학교 산학협력단 연구용역 최종보고서

이강주, 김동규, 한신인, 2015, “미래형 Geo-City를 기획하며”, 한국터널지하공간 학회지, 자연, 터널 그리고 지하공간, 제17권 제3호

이미애, 2012, “서울메트로 디자인 베이직 가이드라인 조명”, 아이라이트

(주)삼우종합건축사사무소, 2015, “미래형 GEO-CITY 기술개발 기획연구” 최종보고서