

## 부산시 지하공간의 효율적 개발 방향

황재윤\*

## Effective Development Direction of the Underground Space in Busan

Jae-Yun Hwang\*

**Abstract** Recently, due to the gravitation of the population and traffic congestion, the land supply tends to be short. Underground space development is considered positively as a countermeasure. This study was to review the basic principles of underground space, to find out problems, and to propose the direction for the effective development of underground space.

**Key words** Underground space, Problem analysis, Effective development, Direction proposal

**초 록** 지상의 평면적인 확산을 거듭해온 부산시 등 현대의 도시는, 최근 인구증가와 교통난 등으로 인한 지상토지의 공급은 한계에 도달한 실정이다. 그 대책의 일환으로 지하공간의 개발이 적극적으로 추진되고 있다. 본 연구에서는 지하공간에 관하여 고찰한 후, 도시의 지하공간 개발에 있어서 문제점을 분석하여, 지하공간을 효율적으로 개발하기 위한 방향을 제안하였다.

**핵심어** 지하공간, 문제점 분석, 효율적 개발, 방향 제안

## 1. 서 론

도시의 가용토지는 극히 제한되어 있으나 도로, 주차장, 상하수시설, 상업시설, 문화시설 등 도시기반시설을 포함한 공공시설 확충에 관한 수요가 증대되고 있다.

도시 지하공간 이용은 도시에 있어서 토지의 수요증대에 대한 평면적 공급제약을 극복할 수 있고, 지하공간 이용이 갖는 자연적·경제적 이점과 이용형태의 다양성으로 도시개발정책의 한 형태로 다루어지며 그 중요성이 널리 인식되고 있다. 도시 지하공간 개발은 지속적으로 활발할 것이므로 지하공간은 도시개발에 있어서 중요한 자원으로써의 가치를 높여 나갈 것이다(Hwang, 2003).

1960년대 이후 고도의 경제 사회개발과 더불어 도로,

터널, 지하상가, 지하철, 지하주차장, 원유 및 LPG비축시설 등 지하공간 시설을 제한적으로 개발해 오다가, 지하철 건설이 활발해지고 지하주차장, 지하차도 등 지하이용의 방법과 그 이용량이 급증하고 있는 추세이다.

이러한 지하공간은 공유지는 물론이고 사유지에 까지 그리고 지표면에서부터 지하 깊은 곳까지 그 이용범위가 확대되고 있다. 특히 부산은 배산임해의 지형적 조건으로 지하공간 개발을 통한 입체적 토지이용이 어느 대도시보다 절실한 실정에 있다.

본 연구에서는 도시 지하공간 개발에 관하여 고찰한 후, 부산시의 지하공간 개발의 현황과 문제점 분석을 통하여 지하공간의 효율적인 개발 방향을 제안하고자 한다.

## 2. 지하공간에 관한 고찰

## 2.1 지하공간의 개념

미국 지하공간협회(American Underground Space Association)의 정의에 따르면, 지하공간이란 ‘합목적적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면의 하부에 자연적 또는 인위적으로 조성된 일정규모의 공간자원’을 지칭한

Received: Oct. 4, 2013

Revised: Oct. 28, 2013

Accepted: Oct. 28, 2013

\*Corresponding Author: Jae-Yun Hwang

Tel) +82552492660, Fax) +825059992167

E-Mail) hwang@kyungnam.ac.kr

Kyungnam University, 7 Kyungnamdaehak-ro, Masanhappo-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do 631-701, Korea

다. 그리고 ‘이렇게 조성된 공간에 일정 목적의 시설이 설치될 때 이를 지하시설, 또는 지하시설공간’이라 정의한다(Sun and Park, 1991; Seoul Development Institute, 1992).

지하공간의 개념은 도심지에서의 도시문제의 경감요구, 환경보존 등 개발억제지역에서의 토지이용효율화, 부도심 등에서의 도시구조의 다변화 필요성, 지하공간의 환경특성을 이용한 활용요구 등에 대한 대응과 같은 합목적적 이용이 가능한 범위 내에서 지표면 하부에 조성된 일정규모의 공간자원을 지하공간이라 정의한다.

## 2.2 지하공간의 역사

인류의 지하공간 이용은 환경과 안전의 이유로 시작되었다. 인류의 선조들이 지하공간을 생활공간으로 삼았던 것은 혹심한 자연 기후 조건으로부터 보호받을 수 있었고, 맹수나 외적의 침입으로부터의 안전성도 확보될 수 있었기 때문이다.

19세기 이후 지하굴착장비 및 기술의 발달로 인해 지하공간의 대규모 이용이 가능해졌다. 먼저 도로터널, 지하철 등의 각종 터널이 건설되었고, 2차 대전 이후에는 안보의 목적에서 군사시설, 민방위시설 등이 지하에 자리 잡았다.

이제 지하공간 개발은 도시의 문제 해결을 목표로 하는 또 하나의 중요한 추세를 보이고 있다.

지하공간은 우리에게도 낯선 대상은 아니어서 도시기반시설, 산업시설로서 많은 활용이 되고 있으며, 각종 지하상가, 지하철 등은 이미 우리 삶에 익숙한 지하공간 활용 예들이다(Jeong, 1983).

## 2.3 지하공간의 기능별 분류

현대의 지하공간은 다양한 용도로 사용되고 있는데, 그 시설종류는 다음 Table 1과 같이 구분할 수 있다 (Sterling and Carmody, 1993).

지하특성 및 지하공간의 유효한 이용을 위해서는 구체적인 지하공간의 용도에 대하여 명확하게 구분할 필요가 있다. 현재 이용되고 있는 지하공간의 종류 및 용도로는 여객 및 화물수송을 위한 교통시설과 원유 및 곡물 등의 보관을 위한 저장시설, 폐수처리, 발전소 등의 생산 및 처리시설, 공격에 대비한 방어시설, 도서관, 주택 등의 주거시설, 기타 사무소, 스포츠시설 등으로 구분할 수 있다.

## 2.4 지하공간의 특성

### 1) 공간적 측면

새로운 도시공간자원 개척의 기회로 활용되며, 도시기반시설 수용공간으로서의 특히 새로운 교통공간의 지하화로 확대해 활용할 수 있다.

### 2) 환경적 측면

지하공간 내부는 향온, 향습성이 있어, 창고, 식물, 동물 등 실험시설에 적합하며, 지상과 격리 설치가 가능하여 특수한 연구실이나 최소한의 진동만을 허용하는 공장시설에 적합하다.

### 3) 안전, 방재적 측면

외부로의 출입구가 한정되어 있기 때문에 감시·감독이 용이하여 불법침입의 방지가 가능하며, 보안시설이

**Table 1.** Classification of underground space by function(modified from Sterling and Carmody, 1993)

Major Function	Subcategories of Use	
Residential	People-Oriented Use	Product-Oriented Use
	Single-family	
	Multiple-family	
Nonresidential	Religious	Industrial
	Recreational	Parking
	Institutional	Storage
	Commercial	Agriculture
Infrastructure	Transportation of passengers	Transportation of goods
		Utilities
		Energy
		Disposal
		Mines
Military	Civil defense	Military facilities

나, 외부공간과의 단절로 연소 화재에 안전하여 고휘발성의 연료 등의 보관이나 중요한 기록, 문서 등의 보관에 적합하다.

#### 4) 경제적 측면

지하굴착, 건물 시공상 건물의 외관을 고려할 필요가 없어 비용이 절감되며, 실험실, 레크리에이션 공간, 창고, 제조시설, 철도, 주차장으로의 활용에 적합하며, 냉난방에 필요한 기계설비의 설치 공간도 감소하는 효과가 있다.

### 3. 도시 지하공간 개발 현황과 문제점 분석

#### 3.1 부산시 지하공간 개발 현황

##### 1) 도시철도

부산의 도시교통체계는 1972년 부산시 도시기본계획에서 모노레일(monorail)과 트롤리버스(trolley bus)를 병행하는 교통수단이 제안되었으며, 1974년 도시기본계획에서 기존 교통축을 연결하는 지하철 노선망이 계획 수립되었고 1980년 부산지하철 1호선 1단계(노포동~범내골 : 16.2 km)구간의 기공식을 가짐으로서 지하철 시대의 막이 올랐다(Seo, 1985).

부산도시철도는 1호선, 2호선, 3호선, 4호선, 부산김해경전철 다섯 개의 노선이 운영되고 있다. 각 노선은 개통 시점을 기준으로 숫자를 붙여 구분하였으나, 경상남도 김해시를 잇는 부산-김해경전철은 별도의 명칭을 사용하고 있다. 노선망의 총연장은 131.7 km에 정차장수는 129개소이다(Busan Transportation Corporation, 2013).

##### 2) 교통용 터널

부산은 산이 많아서 교통용 터널은 산악을 가로질러 관통함으로써 거리와 시간을 단축시킬 뿐 아니라 평면도로 건설에 필요한 토지를 절약할 수 있다.

부산시의 최초의 터널은 1961년 9월 15일 준공한 부산터널 이후 현재까지 건설된 터널은 26개소 53개로 총연장 48.8km이다(Busan Metropolitan City, 2012).

##### 3) 지하도

부산시는, 사람이나 차량의 활동을 지하공간으로 이동하게 하여 지상의 평면도로 용량부족이나 혼잡을 경감시켜 주거나 입체교차로 통행안전을 기하기 위하여 도시 시설인 지하도를 개발하였다.

지하도를 이용하는 기능면에서는 차도용과 보도용 등으로 구분할 수 있는데, 부산시의 지하도(지하차도 34

개소, 지하보도 33개소)는 총 67개소이다(Busan Metropolitan City, 2012).

#### 4) 지하 우수저류시설

부산시내 지하에 우수저류시설을 설치하여 앞으로 늘어날 것으로 예상되는 우수유출로 인한 과도한 홍수부담을 경감시켜 수해예방 및 치수안전을 도모하며, 저류된 빗물을 대체 수자원으로 활용하여 기상이변과 물 부족 시대에 미리 준비하여 선제적으로 대비하고자 우수저류시설 설치 사업을 실시하고 있다.

부산시 전역을 대상으로 우선 설치 가능지에 대해 현황조사 및 수리·수문검토를 거쳐, 그 중 센텀시티 지구(폭 40 m × 높이 6 m × 길이 95 m)와 부산대 지구(폭 51 m × 높이 7 m × 길이 80 m)가 완공되었다.

#### 3.2 도시 지하공간 개발에 있어서 문제점

첫째, 지하공간의 활용여부는 기술적 문제에 좌우된다. 지하공간 정보에 대한 관리시스템, 지하구조물에 대한 자료의 축적, 지하공간의 활용에 대한 안전문제에 대처할 수 있는 기술개발이 우선적으로 이루어져야 한다.

연약한 지반을 갖는 지하공간에 대해서는 지상의 건축물이나 구조물마저 붕괴되어 대규모의 참사가 일어날 가능성이 매우 크기 때문에 지반을 보강하는 첨단 기술개발도 뒤따라야 한다.

둘째, 환경·심리상의 문제로서는 일반적으로 지하공간은 낙반사고, 지하가에서의 가스폭발 등과도 결부시켜 불안한 공간이라고 생각하는 사람이 많다.

자연광이나 외부조망의 결여, 폐쇄성, 밀실성, 방향감각의 상실 등이 있다.

셋째, 위생적인 문제로는 지하공간은 지상에 비해 공기의 대류 및 환기가 잘되지 않기 때문에 실내 기후조건이 동일한 형태로 지속되고 습도가 높은 편이다.

넷째, 안전상의 문제로는 지하공간 내에서 통로가 협소하고 출입구가 충분히 확보되지 않아 보행밀도가 높으면 보행속도가 느려지게 될 뿐만 아니라 혼잡하게 되고, 보행량을 충분히 수용하지 못하여 대형 사고를 유발할 개연성이 높으며, 또한 지하이용 시설이 통일된 계획에 의해서 정비되거나 관리되고 있지 않을 경우에는 보행에 불편을 초래하거나, 동선의 미로화로 인하여 재해시 갑작스런 혼란이 발생할 위험성이 상당히 높다.

피난방향과 연기의 확산방향이 일치되어 피난 조건에 근본적인 제약이 있으며, 화재발생시 주간에도 암흑상

태가 되어 시계가 나쁘게 되어 피난이 용이하지 않고, 개구부가 작고 출입구가 한정되어 있는 등 피난상의 문제가 크다.

다섯째, 도시개발 관련 법체제상 지하공간개발에 관한 제도적 장치가 마련되어 있음에도 불구하고 체계적이고 적극적인 계획과 개발이 되지 못하고 있다는 문제가 있다.

즉, 각종 개별 법률과 제도에 의한 산발적인 계획과 개발이 되므로 통합된 제도가 필요하다.

여섯째, 시설유형이 다양하게 개발되지 못하고 도시철도나 교통용 터널 등 특정용도에 국한되고 있는 실정이다.

이러한 현상은 도시 지하공간 개발에 관한 정책을 주의 깊은 사고와 분석적 관점을 통하여 결정하려는 생각이 부족하고, 정책의 시행착오 부담 등이 가장 큰 요인으로 작용한다고 보여진다.

## 4. 지하공간 개발 방향

### 4.1 지하공간 개발의 기본 방향 설정

지하공간 개발 방향은 생활공간시설 및 지하가 개발처럼 도시 공간의 고밀도 활용을 목표로 하는 대규모 단위형 복합지하공간개발이나 지하공간 네트워크화를 통한 도시공간의 합리적이고 유효한 활용을 방향으로 하고 여러 지역에서 공통적으로 보여지는 환경보존의 측면, 그리고 지하공간의 특성을 활용한 개발이 병행하여 이루어져야 할 것이다.

지하공간계획시 고려할 분야는 단순한 기술 이상으로 포괄적이고 종합적인 고려에 의한 계획이 요청된다.

### 4.2 지하공간 이용체계의 구상 방향 설정

지하공간을 효율적으로 이용하기 위해서는 지하이용 계획지구, 심도별 이용체계, 공간유형별 이용체계, 개발 대상 지역별 이용체계 설정이 선행되어야 하며, 종합적인 검토와 구상이 필요하다.

계획지구는 개발을 적극적으로 추진하는 이용촉진지구, 개발의 합리적 개발을 유도하는 유도지구, 개발을 일정기간 억제하는 억제지구 등으로서 구분하여야 할 것이다.

지형과 지질상태, 지상의 토지이용현황, 지하시설의 성격, 기능, 이용편의 등을 고려하되 기존 지하시설의 심도별 이용상태를 감안해서 결정하여야 할 것이다.

개별 지하건물 등 점적인 이용에서 지하보도, 지하상

가 등 선적인 이용과 지하도시 건설 등 면적인 이용으로 전환하는 것이 지하공간이용과 개발비용면에서 유리할 것이다.

도심지역은 도로, 공원, 광장, 고궁 등 공유지 지하를 개발하되 연구, 레저, 업무 및 상업시설 등 사유지 지하를 연계하여 개발하는 방안도 검토되어야 할 것이다. 부도심 또는 기타 지역의 지하공간은 지상과 연계하여 개발함으로써 도심지역에 집중되어 있는 기능을 분산할 수 있는 효과가 있도록 체계적인 확립이 필요하다.

### 4.3 지하공간 계획 및 쾌적한 환경조성 방향

지하공간 계획시 고려사항은 지상공간 개발과 개념면에서 큰 차이가 있어야 한다.

지상이 아무것도 없는 빈 공간에 구조물을 세우는 것인데 비해 지하는 지층을 굴착하여 공간을 창조하여 이용하는 것이므로, 지상과 달리 지질조건과 굴착기술이 지하시설을 건설하는데 중요한 고려사항이 된다.

대규모 지하공간 이용에 있어 가장 큰 장애가 되는 것은 심리적인 문제이다. 앞으로의 지하공간 개발이 도시문제와 관련하여 사람의 이용을 전제로 하여 개발이 이루어지며, 많은 인구의 유입을 유발하는 기능을 포함한다고 가정한다면 이런 심리적인 문제의 해결이 중요하게 부각이 될 것이라고 생각이 된다.

#### 1) 도시계획 방향

지하공간의 특성은 효율성 재고를 위한 재생과 재계획이 거의 불가능하다. 지하의 자연환경에 대한 종합적인 이해와 계획이 없는 개발은 지반 침하나 지하수 장애를 일으켜 지상의 환경재해 이상의 피해를 가져올 수 있다.

지상과 지하 개발의 방향설정에 따른 패턴의 결정이 필요하다.

#### 2) 공간구성 방향

방재 체제와 연관 지어 지상에의 접근성을 높일 수 있는 배치 계획의 고려에 대한 방향이 필요하다.

평면상 수평적 기능체계와 심도별 수직적 기능체계를 고려하여 지하공간을 심도별로 계층화하여 용도별 활용 계획이 요구된다.

지하공간의 외형은 진입 시의 심리적 상태를 조절하는데 중요한 요소가 된다. 외관의 형태를 디자인하는 방법은 외관의 소멸 방법, 지상시설물·구조물을 일정한 형식에 맞게 디자인, 건축물 둘레에 제방, 소구릉식, 옹벽 등 새로운 대상물로서 명확한 인상을 부여, 경사지에는 지하부와 지표 노출부의 구성 등이 있다.

지하공간이 갖는 폐쇄감, 방향감각의 상실, 외부세계

와의 단절감 등을 해소하기 위한 방향을 수립한다.

지하공간에서는 외계와의 연계를 강조하는 것이 중요하다. 이것을 위해서는 가능한 한 외계자의 접근통로를 만드는 것과 이곳이 외계와의 경로라는 사실을 과시해 두는 것이 중요하다.

지하공간에 있다는 개인적 지각은 공간환경에 대한 감각을 예민하게 할 수 있다. 그러므로 지상의 건물보다 더욱 세밀한 계획이 이루어져야 하며 그것은 사용자가 인지할 수 있도록 함으로서 심리적 부담감을 감소시킬 수 있어야 한다.

### 3) 지하환경심리의 개선 방향

설비적인 측면도 중요한 역할을 하지만 내부 환경의 쾌적성 유지를 위한 고려들도 중요하게 다루어져야 한다.

지하공간의 폐쇄성으로 인한 심리적 압박감을 덜어주며 안정성을 주고, 또한 지하공간에서의 방향성 손실 문제를 해결하는 계획이 필요하다.

인간의 감각에 영향을 미치는 인자들은 시각, 청각, 촉각, 후각 그리고 지각에 따라 주위환경으로부터 영향을 느끼게 된다고 한다.

이 중에는 지하환경에 대해서 거론되고 있는 자연광의 부족, 외부조망의 부족, 그리고 이에 수반되는 시간 감각의 저하, 폐쇄감과 격리성이라는 심리적 영향을 주는 시각 등에 의해서 이루어지고 있다는 사실을 알 수 있다.

지하공간에 있어서의 자연광의 도입은 심리적인 불안의 해소에 효과적인 분위기를 제공한다.

두려움이 발생하지 않는 환경을 조성하여 지하공간에서 쾌적성을 갖는 환경이 준비되어야 할 것이다.

### 4) 방재안전 방향

지하공간에 있어 중요한 문제들 중 하나는 방재에 관한 것으로, 효율적인 방재계획 및 피난계획이 초기계획 단계에서 고려가 되어야 한다.

지상공사와는 다른 지하공사의 특성을 추출하여 개발시의 안전사항에 대한 예측이 필요하다.

지하는 지상과 비교하면 연기가 유해가스를 고농도로 함유할 가능성이 크며, 따라서 안전한 장소로의 긴급이동이 중요한 과제가 된다.

지하의 화재를 발견할 수 있는 수단은 사람과 화재감지기 밖에 없으므로 화재장소 발견에 난점이 있다.

소화활동시에 외부로부터의 진입로가 한정되어 있고 지상과의 연결이 곤란한 점 등의 극복해야 할 과제가 많다.

### 5) 토목 및 개발 기술 방향

기술적인 면에서 특히 고려가 되어야 하는 것은 크게 지질조건과 굴착기술의 문제로 귀결된다.

지하공간개발을 시행함에 있어 필요한 관련기술은 다양한 분야를 포괄한다. 즉, 지질, 압반, 토목, 건축, 교통공학에 의학, 심리학까지 포함한 종합적인 접근이 이루어져야 한다.

## 5. 결론

지하공간은 그 자체가 가지는 특성 즉, 지표로부터 차단성, 항온항습성, 내진성 등으로 에너지 절약, 비용절감, 환경보전의 장점이 있으며, 특히 지상가용토지의 제약성이 가중되는 서울, 부산을 비롯한 대도시에서는 좀 더 나은 환경을 추구하고자 하는 사회적 욕구와 더불어 각종 도시문제를 경감시킬 수 있는 유일한 공간자원이다.

본 연구에서는 도시 지하공간 개발에 관하여 고찰을 한 후, 도시의 지하공간 개발의 현황과 문제점의 분석을 통하여 지하공간을 효율적으로 개발하기 위한 방향으로 ① 지하공간 개발의 기본 방향 설정 ② 지하공간 이용체계의 구상 방향 설정, ③ 지하공간 계획 및 쾌적한 환경조성 방향을 제안하였다. 제안한 지하공간 개발 방향에 의하여 지하공간을 효율적으로 활용할 수 있다.

## References

1. Hwang, J.Y., 2003, Stability evaluation of rock blocks in tunnels for observational method, Ph.D. Dissertation, Kyoto University, Kyoto, 289.
2. Sun, Y. and Park, C.U., 1991, Present status and prospect of underground space development, Tunnel & Underground Space, 1, 110-127.
3. Seoul Development Institute, 1992, A Study on the underground space development in Seoul, 138.
4. Jeong, Y.H., 1983, Underground space usage, Gijeon, 544.
5. Sterling, R.L. and Carmody J., Underground space design, New York: Van Nostrand Reinhold, 1993, 328.
6. Seo, E.T., 1985, Underground development in Busan, Urban Affairs, 66-76.
7. Busan Transportation Corporation, 2013, Busan metro line map, 6.
8. Busan Metropolitan City, 2012, Busan White Paper, 72.

**황재운**

1997년 부산대학교 자연과학대학 지질학과 이학사

1999년 부산대학교 대학원 토목공학과 공학석사

2003년 일본 교토(京都)대학교 대학원 토목공학과 공학박사

Tel: 055-249-2660

E-mail: [hwang@kyungnam.ac.kr](mailto:hwang@kyungnam.ac.kr)

현재 경남대학교 공과대학 교수

---