

지 하 공간의 Vision

Vision in Underground

*백 광 선
K. S. Baeck

1. 머리말

지하 공간의 이용은 人類가 存在하면서 始作되어 지금까지 人類文化의 發展과 더불어 여러 用途로써 필수 불가결한 위치를 점하고 있다.

태고에는 自然기후 變化와 맹수 등의 공격으로부터 保護받기 위한 은신처로부터 시작하여 점차 그 目的이 人類의 文化발전과 더불어 多樣하게 變化되어 오고 있다. 따라서 그 活用度는 점차 廣범위하게 확산되고 있으며 그 규모 또한 점진적으로 초대 규모로 커지고 있는 추세이다. 그뿐 아니라 지하 공간을 확보하는 기술도 점차 발전되어 지상공간의 점유를 위한 비용보다 더 많은 경우에 오히려 有利한 상황이 되어가고 있다.

특히 最近에 都心地의 急速한 팽창과 더불어 絶對的 生活空間 不足現象이 점차 深化 되어 감에 따라 地下空間의 開發 必要性은 增大되고 있으며 先進諸國의 추세도 그리함이 역력하다. 現代社會의 폭발적인 人口 팽창과 經濟發展은 모든 면에서 絶對 공간 부족현상을 초래하고 있으며 地上개발에 限界를 맞고 있다고 하겠다. 따라서 高度로 發展된 科學技術을 바탕으로 지하공간의 개발공법, 장비등의 우수성을 利用하여 점차 지하공간 개발은 多樣化, 大規模化 되는 傾向이다. 더욱이 우리 나라의 경우는 국제적으로도 人口密度가 최상위 수준에 속하고 있

다. 生活공간 자체가 絶對적으로 부족한 실정이다. 따라서 지하공간 개발은 많은 관심을 갖게 하고 있다.

2. 지하공간의 活用범위와 그 필요성

가. 交通輸送施設(Transportation)

교통수송시설을 나열하여 보면

- 도로, 철도, 전철 및 지하철 등의 교통수송시설
- 上水道, 下水道, 廢水, 熱水, 冷却水, 各種용수의 공급과 가스(LNG, LPG, 프로판, 부탄, 유해가스)류, 油類(원유, 경유, 휘발유, 등류등)등의 공급수송시설

· 전기, 통신 CABLE 등이다.

이중 우선 교통수송시설에 대하여 보자. 우선 그 수요가 다양하며 계속 확대되며 증가 일로에 있다.

◦ 첫째, 산업발전과 함께 증대되는 교통량에 대비하기 위하여 도로, 철도의 사회간접 시설이 계속 확충되어져야 하며 이에 따라 상당한 터널 개발이 예상된다.

◦ 둘째, 도로, 철도 교통의 고속화 추세에 따라 터널의 비중이 증대되고 있다는 것이다.

* 건설기술교육원 교수, 032-463-4904

그 실 예로써 현재 건설중인 경부 고속전철 연장총 412Km 중 터널이 차지하는 연장은 189km(85개소)로써 전 연장의 46%를 점하고 있는 것을 보아도 충분히 예견할 수 있다는 것이다.

- 셋째, 서울 수도를 포함한 모든 중대도시의 대중교통시설(지하철)은 계속 확충해야 되며, 도시면적에 따른 도로점유율(도로율)역시 어떤 방법으로도 증대시켜야 한다는 것이다.

현대 가장 심각한 사회적 문제는 크게 두 가지로 말할 수 있으며 그 중 하나가 도심지 교통문제이다. 즉, 대중교통시설만으로는 도시교통문제를 해결할 수 없는 것이다. 즉, 구조적으로 부족한 도로율의 절대치를 높이지 않고는 근본적 문제 해결은 불가능하다. 도심지의 지상의 도로확장은 높은 지가, 도시의 고부가 시설의 보상 등으로, 불가능한 실정이다. 오직 기대할 수 있는 부분은 역시 지하공간이다.

- 넷째, 상하수도를 포함한 폐수, 열수, 냉각수, 농·공용수, 전기, 통신cable 각종에너지(gas 류, 원유)등의 많은 life line이 점차 다양해지며 그 규모와 수요가 점차 증대 일로에 있다. 이것 역시 지하에 공동구나 전용 터널에 의존하게 되므로 이 또한 그 개발 확대가 계속 될 것이다.

나. 貯藏施設(Storage)

저장시설을 나열하여 보면 油類저장(원유, 각종 정제유), 액화 gas(LNG, LPG, 부탄, 프로판등), 식료품(어류, 육류, 곡류등 농수산물), 폐기물(핵, 산업등) 열수, 압축공기, 지하주차장 등이다.

저장시설은 지하공간의 특성을 이용한 많은 장점(경제성 포함)을 지니고 있어 점차 그 이용도가 커지고 있다.

- 첫째 에너지저장이다. 에너지는 바로 국력이라 大韓火藥技術學會誌

고 할 수 있을 정도로 모든 산업에 절대적 영향을 갖고 있다. 특히, 우리 나라와 같이 유류생산이 전무한 경우 더욱 심각한 과제이다. 따라서 이러한 에너지를 비축하는 것은 당연하며 또 충분한 양을 확보해야 한다. 지금까지, 상당한 량의 비축시설을 설치하여 온 것은 사실이다. 모두 합쳐서 약 90,000,000 BL 에 불과하며 이는 우리 나라 평균 사용량으로 볼 때 약 45일 분에 불과한 양이다.

에너지 부존자원이 없는 우리 나라의 경우 이 비축기지 개발은 시작에 불과하다고 판단된다.

- 둘째, 도심지의 주차장 시설은 지하공간 활용어류 해결되어야 한다.

각 도시마다 공통적으로 문제가 되는 주차장 공간 부족은 심각하며 소방도로의 기능마저 상실하고 있는 커다란 사회적 문제이다.

따라서 도시 여러 지역에 분산된 지하공간 주차장 건설이 유일한 해결책이 될 것이다.

- 셋째, 식료품(농수산물)등 여러 자원이 저장보관 시설이 확충되어야 한다.

농수산물의 경우를 보면 이제 UC에 따른 시장 개방과 함께 큰 위기를 맞고 있는 부문이다.

생산기술의 향상과 함께 보관 기술과 보관시설의 확충이 필요하다. 또 선진국의 선례와 같이 버려져야 하는 자원을 지하에 보관 저장하는 것이다. 폐에너지(발전소의 폐열)도 압축공기 또는 열수변환하여 저장하는데 이용되고 있다.

다. 生産처리시설(Products,Treatment Facility)

생산처리시설의 지하공간 분야를 보면 화력발전소, 핵발전소, 수력발전소 및 폐수처리장, 하수처리장, 정수장, 지역난방, 공장 등이다.

선진국은 이와 같은 생산처리 시설을 점차 지하공간에 의존하는 경향이 증대되고 있다. 특히 일부 선진국은 정수장, 하수처리장 등은 상당한 규

모로 지하에 건설하여 운영한지가 벌써 50여년에 이르고 있다.

우리 나라의 경우 도시의 지상 과밀현상으로 인한 절대 공간부족과 높은 지가는 계속 증대되는 정수설비 및 하수처리 설비의 건설을 저해하고 있으며 점차 더욱 어려워지고 있다. 우리나라야 말로 이와 같은 시설을 도시 요소요소(공원, 임야, 공공요지등의 지하) 지하에 分散 유치하므로써 처리수의 수계별 방류에 따라 도시 생태계를 복원시키는 효과는 물론 도시민의 혐오시설 은폐효과와 막대한 사업비의 절감도 기할 것으로 기대된다.

따라서 화력, 수력, 원자력 발전소, 지역난방, 공장등의 시설과 특히 도심지의 정수, 폐수, 하수처리장의 지하공간 활용은 거의 필연적 사안으로 생각되어진다. 부산시의 중앙하수처리장이 우리나라에서 최초의 지하 하수처리장으로 곧 발주될 예정이다. 또 이와 같은 plant시설의 지하유치는 지진과 보안상으로도 유리한 면을 갖고 있다.

라. 생활문화시설

선진제국이 지하공간을 활용한 生活, 文化 시설은 주거시설, OFFICE, 학교, 도서관, 휴게실, 박물관, 음악관, 미술관, 영화관, 공연장, 체육관(농구, 배구, 아이스링크, 수영장, 정구장, PUBLIC HALL등), 상가, 버스터미널, 화물보관소, 변전소, 통신센터등 참으로 다양하고 그 규모도 상당하다. 그 중 국토는 넓고 人口는 적어 쾌적한 공간조건을 갖고 있는 일부 선진국(스웨덴, 노르웨이등 북유럽국가, 미국, 캐나다등)에서 용색하게 지하공간을 이용한 생활문화시설 설치 는 쉽게 이해가 안가는 면마저 보인다. 그러나 따지고 보면 환경보존, 온도와 습도가 일정한 항온·항습성 또 차음성과 내진성의 지하

공간특성을 활용하고 있으며 국토의 효과적인 활용은 물론 자연 환경보호, ENERGY 절약, 혐오시설의 은폐효과 그리고 무엇보다 민방위 시설로써 또한 그 존재 가치를 부여하고 있다.

더욱이 최근의 설비는 고도의 효율성을 갖는 환기 SYSTEM과 光 CABLE을 이용한 자연광선의 재현이 머지 않아 실용단계에 이를 것으로 기대됨에 따라 주거, OFFICE, 체육시설, 각종문화예술 공간 이용이 확산될 것으로 기대된다.

마. 군사·엄호시설

지휘소, 미사일기지, 격납고, 지하해군기지, 방공호등 민방위 및 군사시설을 목적으로한 지하공간 活用도 보안상 밝혀지지 않고 있으나 상당한 부분이 필요할 것이다.

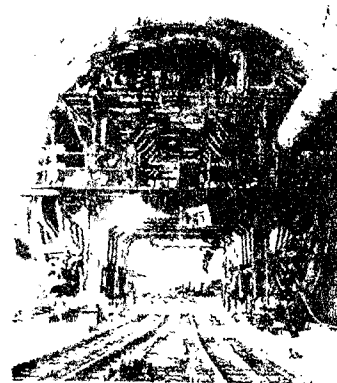


Fig. 1 Seikan-the longest rail tunnel in the wood

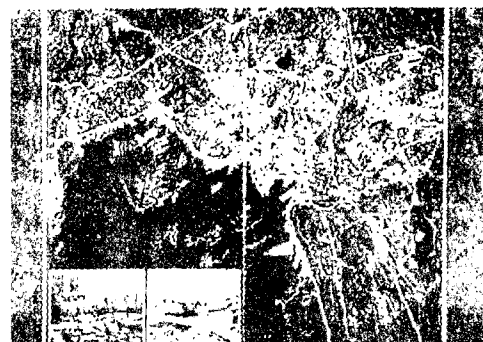


Fig.2 오슬로 E18고속도로(노르웨이)

3. 地下空間의 利用事例

가. 交通 輸送施設(터널)

| 명 칭 | 국 가 | 연 장 | 용 도 | 특기사항 | 비 고 |
|----------------|---|--|----------------|--------------|---|
| Seikan 터널 | 일본 | 54km | 철도(해저) | 순수해저구간 34km | Fig 1 |
| Eurotunnel | 영국-볼란서 | 50km | 철도(해저) | 순수해저구간38.6km | |
| Oshimizu | 일본 | 22.5km | 철도 | | |
| Simplon | 스위스-이태리 | 19.4km | 철도 | | |
| Moscow Metro | USSR | 31km | 철도 | | |
| Vardo | 노르웨이 | 3.0km | 도로 | | |
| Giake성-Alesund | " | 7.7km | 도로(해저) | | 6.1km추가 |
| Chesapeake Bay | 미국 | 29.0km | 도로 | | 교량일부포함 |
| Oslo도심고속도로 | 노르웨이 | 3.3km | 도로 | | 1.5km개통 Fig 2 |
| 각국 지하철 | 미국(뉴욕) 영국(런던) 프랑스(파리) 소련(모스크바) 일본(동경) 한국(서울) | 232km(416km) 163km(398km) 204km(294km) 184km(220km) 167(200km) 1기:93.5km (124.5km) 2기:161.4km (161.4km) 계: 255km (286km) | | | ()는 지하철연장 1991년 기준 1999년 운행중 |
| Storebalt link | 덴마크 | 16km | 철도 | 해저 | Φ 7.7m |
| St Gottard | 스위스 | 16.1km | 도로 | | |
| West Dela ware | 미국 | 169km | 용수공급 | | |
| Rove | 프랑스 | 72.4km | 운하(cancel) | | |
| Majes | 페루 | 98.2km | 용수 | | 수력발전 |
| 경부고속철도 | 한국 | 189km(85개소) | 철도 | | 건설중 |

나. 저장시설

| 시 설 명 | 국 가 | 규 모 | 비 고 |
|--|-------------------------|---------------------|----------------------------------|
| 유류저장동굴 | 스칸디나비아국가 (노르웨이, 스웨덴) | 200여 개소 (16억 배럴) | Unlinning (watercurtain) |
| 유류저장동굴 | 한국 | 0개소 (0.9배럴) | 원유 및 정제유 |
| 저온냉동창고 | 노르웨이 (스웨덴) | 어류, 육류냉동 | 에너지소비량 80%절감 Fig3. 표1 참조 |
| 그리스리안선드 물저장 | 노르웨이 | 3개소 84,000㎡ | 지상Tank 보다경제적 Fig4 |
| Huntorf 압축공기저장 | 독일 | 2개소 15만㎡ | 잉여전력압축공기화 하여 저장 |
| Avesta 열수저장 | 스웨덴 | | 태양열이용, 열저장 난방이용 Fig 5 |
| snake project (우수배수 및 저장) 유류저장시설 | 스웨덴 스톡홀름 한국 | 보안 | 원유 (45일분) 정제유 액화가스 |
| 레만호수 지하주차장 | 스위스 | 5000대/일 수용 | |

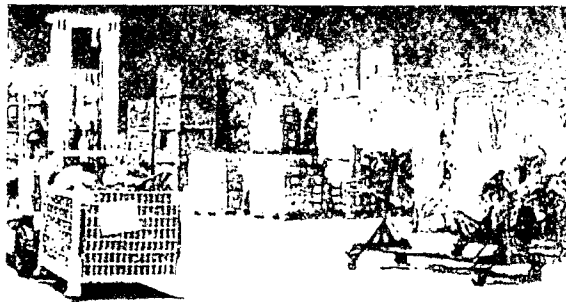


Fig. 2. 리버프라이 低温(노르웨이)

다. 생산처리시설

| 명칭 | 국가 | 용량 | 용도 | 비고 |
|-------------------|----------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| Zimapan Hydro 발전소 | 멕시코 | 발전용량 1300 Gwh/년 | 발전소 | 146MW-2기 .Fig6 |
| Oset 상수처리장 | 노르웨이 (oslo) | 면적: 40만 m ² | 배수시설 수처리시설 펌프실 | |
| 브레카스하수처리장 | 노르웨이 (oslo) | 35만 m ² | 하수처리장 | 60만명 하수처리능력 Fig7 |
| Kappala하수처리장 | 스웨덴 (스톡홀름) | 54만 m ² | | |
| 주류공장 및 아이스크림공장 | 노르웨이 스웨덴 | - | - | |



Fig. 4 크리스티안선드(노르웨이)

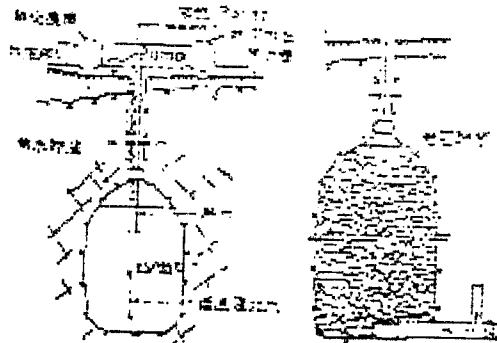


Fig. 5. 熱水 地下空間 Layout

라. 생활 문화시설

| 명 칭 | 국 가 | 용 량 | 비 고 |
|----------------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|
| Holmia Sports센터 | 노르웨이 (oslo) | 7,500㎡ 수영장 Sports Hall 헬스크럽, 락카룸, 샤워룸 | 1960중반 Fig8 |
| Gjovik Olympic colosseum | 노르웨이 (oslo) | 5,400명 관중 (아이스하키경기장, 수영장) | 세계제일급 Fig9 |
| Tempeliaukio 교회 | 핀란드(헬싱키) | | 음향효과로 관광명소 Fig10 |
| Retretti 공동군 | 핀란드,극장, 집회장, 레스토랑, 콘서트홀 | 10,000㎡ 16,000㎡ 14,000㎡ | Fig11 |
| 코넬대 도서관 일리노이대 도서관 휴스턴대학생회관 | 미국 지하건설 | | 1964년 건설 Fig13 |
| CME 빌딩 | 미국, 미네소타대 | 토목자원공학건물로 시험실, 사무실 | 95%가 지하 미토목학회에서 최우수평가 Fig12 |



Fig. 6. Zimapan Hydro 발전소



Fig. 7. 지하하수처리시설(노르웨이)

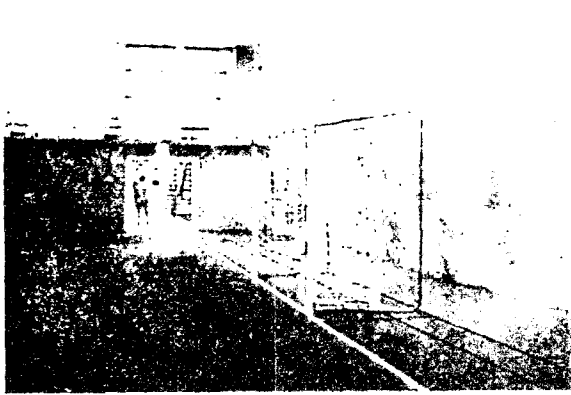


Fig. 8. 홀리아체육관(노르웨이, 오슬로)



Fig. 11. 레트릿티콘서트홀(핀란드)



Fig. 9. 조빅 水永場(노르웨이)

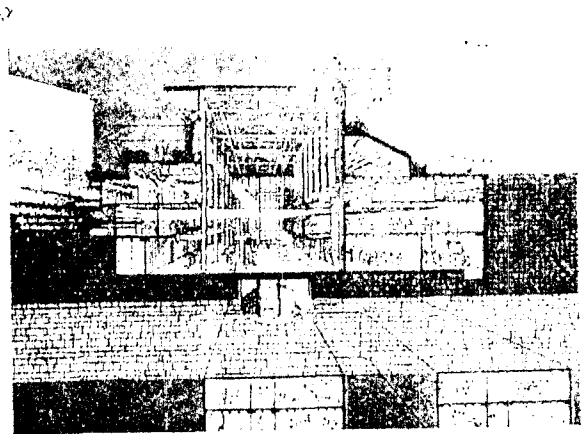


Fig. 12. 미네소타大 CME빌딩(미국, 미네아폴리스)

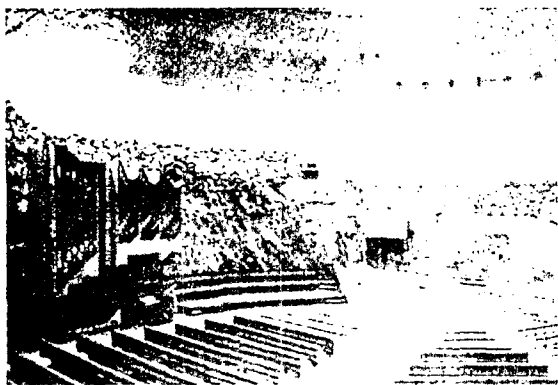


Fig. 10. 템펠리아우키오 教會(핀란드, 헬싱키)



Fig. 13. 코넬대학교 도서관 건물(미국)

4. 지하공간의 개발구상

- Geo space, 미국(켄사스) 60만평 규모, 5, 0 0 0, 000만평 중 60만평 활용(공장 6%,창고 85%,office 5%)Fig14, Fig15, Fig16



Fig.14. 지ospace시터널(미국,켄사스)

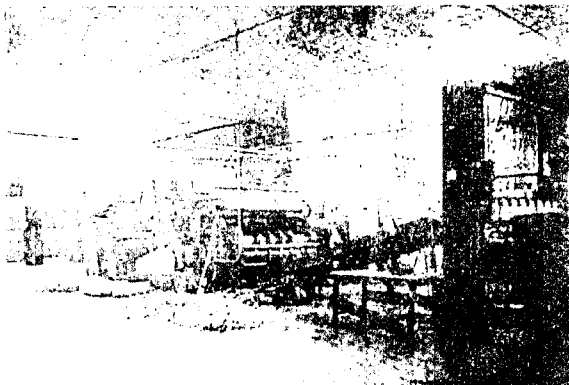


Fig. 15. 지ospace공장(미국,켄사스)



Fig. 16 지ospace酒類倉庫(미국 켄사스)

- Alice City 일본(대성건설) 도심재개발로 지하공간 이용도시 건설 20만 인구 수용을 위해 100ha 개발 터미널 office,인프라 town건설 Alice Infra 공간
Alice Office 공간 : office 및 터미널 공간시설 연결
Alice Town 공간 : 가로,극장,광장 Fig17

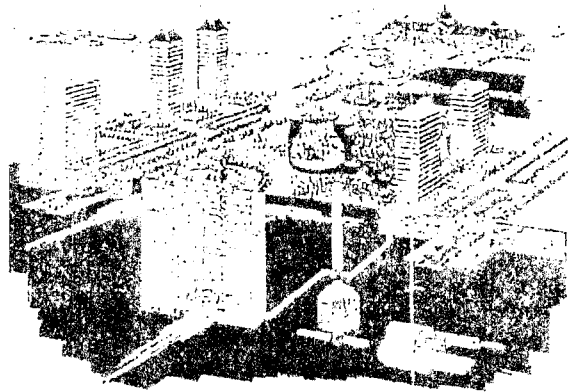


Fig. 17. 알리스 開發概念(都心再開發)



Fig. 18. 다케나카(竹中) 지오블록네트워크 構想

- 동경 21 project. 일본(호전건설)
Total 공간창출 개념의 Geo 아트리움 프라자건

설(지상관지하 총체개념개발로 쇼핑공간 전천후 대형공간과 대형영상, 승강stage, 이벤트시설, 상업시설, 휘트니스club, studio, office, 주차장,터미널, 방제센터 등)

BASS 구상 : 리조트 공간

Tube 구상 : 복합터미널

Cube 구상 : Bass와 Tube를 기초로 부도심과 업무도심연결

- Geo 아트리움 프라자 일본(호전건설) 지하공간 총체개념으로 쇼핑공간 및 부대시설(office, 주차장 교통시설등)
- Super infra complex구상(일본 시미즈 건설) 토지의 유효 활용을 위해 network의 거점 개발 구상
- 도시 Geo grand 구상(일본시미즈건설) : 고도정보도시구상
- HyMac 구상 : 육각형의 지하도시공간창출,(뉴매트케이손공법으로 공간확보하여 주택상업의 각종문화시설,교통시설의 생활공간 확보)
- 아오야마지구 GIA구상 : 고도정보화시대의 Dynamic한 창조활동 활성화공간과 자기회귀를 위한 리후렉스 공간창출
- 지오브릭 network구상 : 대규모 Sunken GARDEN을 설치 지하공간에 자연채광의 광장 (Sky court)조성 구상 Fig18
- Multi 미디어 HALL: 최첨단 프리젠테이션 기능을 설치한 표현이미지, 커뮤니케이션의 다목적 공간

5. 맺는말

최근 선진국의 지하공간개념은 바뀌고 있다. 그 이유는 지하공간 특성의 장점을 살려 그 활용도가 점차 다양해지고 있다.

앞의 각장에서 언급한 바와 같이 교통수송시설은 고속화 할수록 지하공간 활용도는 증대 될 것이며 도시교통해소 방법 역시 지하공간 활용 뿐일 것

이다. 또, 모든 저장시설의 지하공간 활용이 증대될 것이고 특히 도시의 주차설비는 시급하다. 또 점차 수요부족 현상이 심해져 가는 도심지에 필수 불가결한 정수설비 폐하수처리 시설 또한 지하공간에 의존하는 방법밖엔 현실적 대안이 없다 할 것이며 환경이나 도시 미관 등을 고려할 때 더욱 그러하다. 주거,OFFICE를 포함한 생활 문화시설 또한 설비의 향상으로 쾌적한 환경조성이 가능할 뿐 아니라 지하공간의 특성을 살려 많은 장점을 갖고 있다. 따라서 선진국의 예를 보아도 그 시설 규모가 점차 대형화 추세에 있고 그 용도 또한 다양화되고 있으며 증가추세이다.

무엇보다 지하공간의 미래를 구상하는 움직임이 구체적인 PROJECT로, 그리고 여러 가지 도시기능의 총체적 개념의 다기능 또한 특정기능의 거점 지하도시로 구상 되어가고 있다

이제 21세기의 건설의 초점은 지하공간 개발 주도 할 것이며 특히 국토의 조건이나 인구밀도 등 절대 공간 부족이 심각한 우리 나라의 경우 지하공간 개발이 가속될 것이며 건설방향을 주도하는 밝은 전망을 예측할 수 있다.

그 이유는, 첫째 좁은 국토와 많은 인구, 즉 인구밀도의 과밀성으로 생활공간 자체가 절대 부족하며 특히 대도시는 더욱 심각하기 때문이다.

둘째, 대부분의 도시는 자연발생적 과정으로 형성되므로 공소용지(도로, 녹지, 공공정수, 하수처리장, 공원 등)가 절대 부족하기 때문이다.

셋째, 국토의 약 70%가 임야이므로 이용면적이 협소하며, 또 임야부의 지하공간 조성이 유리할 뿐 아니라 지하공간 개발에 따른 지질조건도 비교적 양호한 편이라 하겠다.

넷째, 지가의 상승으로 사업비면에서, 특히 도심지의 경우는 대부분의 경우 오히려 경제적인 개발이 될 것이다.

다만, 지하공간의 소유 또는 권리 개념을 개념의 법적 조치가 수반되어야 할 것이다.