

지하공간의 혈거환경구축 기술개발 동향

Trend in the development of underground space technology for the troglodyte environment

양 윤 섭
Y. S. Yang
한국에너지기술연구소



- 1950년생
- 태양열이용냉난방 시스템 및 생태기후조절시스템에 관심을 가지고 있다.

정 소 길
S. G. Chung
한국자원연구소



- 1951년생
- 지하공간 구축에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

과거 인류의 생활공간은 조형적인 건축물이기 이전에 인간이 자연으로부터 보호받을 수 있는 보호처(shelter)의 공간에서 시작되었다. 그 보호처는 지하공간으로서의 동굴(troglodyte)이 곧 인간의 주거공간이었음을 선사유적을 통하여 알 수 있다. 과학기술에 의한 건축술의 발달로 현재의 주거, 거대도시가 형성되고 초고층빌딩이 건축되면서 인구의 과밀화 현상은 도처에서 볼 수 있고 지상공간의 부족상태가 나타나기 시작하고 있다. 특히 북유럽 국가에서는 지하철이나 터널개발등 축적된 기술을 바탕으로 지하공간개발에 괄목할 만한 성과를 이룩하였다. 지하철이 가장 잘 발달한 파리는 거대한 두개의 얼굴을 가진 도시라고 말할 정도로 지상부의 도시 못지않게 지하공간의 활용 영역을 확대해 나가고 있다. 한 예로 파리 중심 부인 레알(Le Halles)은 고속지하철과

(RER) 일반 지하철이 통과하는 결절점(corespondance)으로, 지상과 지하가 연결되는 센터에는 포룸·데·알(forum des halles)이라고하는 지하공간을 개발하여 교통, 상권, 문화 및 오락 공간을 구축하여 성공적으로 운영하고 있다.

지하공간의 필요성은 첫째 지상공간의 용지공급에 비해 수요를 충족시킬 수 없기 때문에 자연 지하공간에 눈을 돌리기 시작하고 있으며, 지하의 환경문제를 해결할 경우 지상공간이 갖지못한 여러가지 잇점을 갖고 있어 21세기 지하공간 활용은 더욱 증대될 것이다.

2. 국내·외 기술개발 현황

2.1 국내현황

우리나라는 인구 밀도가 450인/Km²으로서 세계2위로 조밀하여 국토의 2/3가 산지 및 수면으로 되어 있어 2001년에는 인구가 현재보다 약

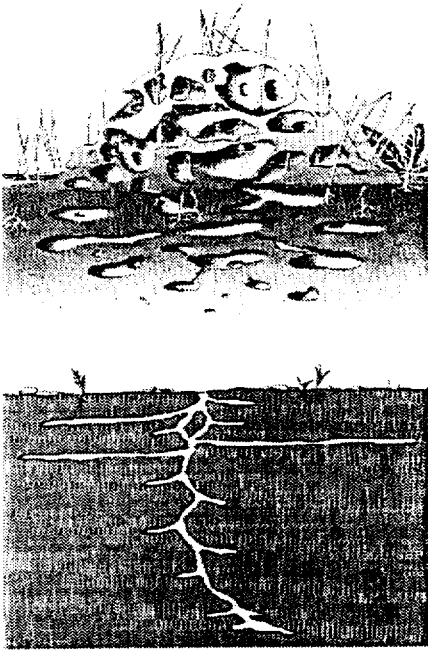


그림 1 지하 개미집

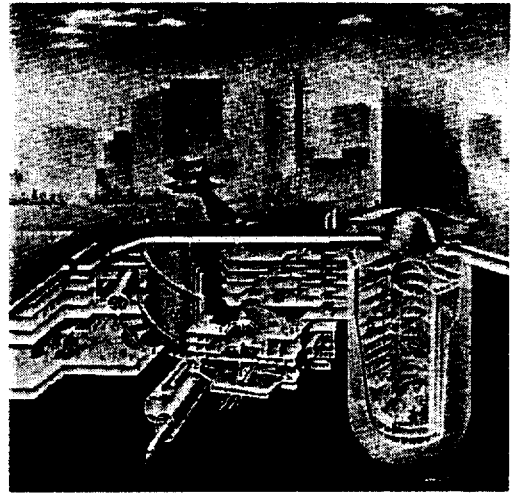


그림 4 Geoness City 구상

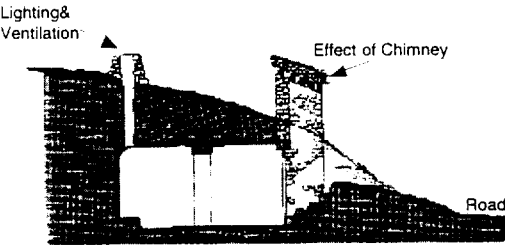


그림 2 지하주택

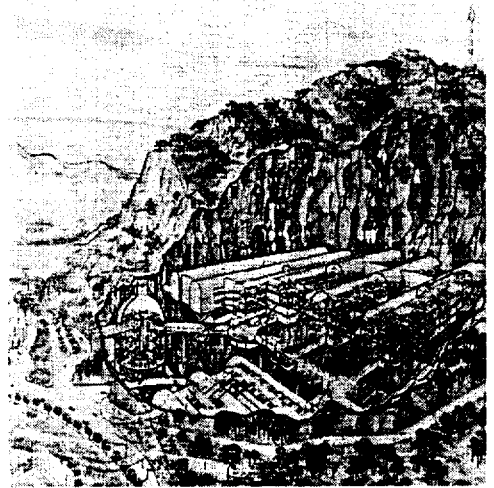


그림 5 Geotopia 구상

360만명이 증가가 예상되고, GNP도 현재의 3.5배에 달할 것으로 전망하고 있다. 따라서 신규 개발용지로 약 1,300Km² 정도가 소요될 것으로 보아 일반 대지 지가의 상승, 토지의 부족현상이 뚜렷해질 전망이다. 토지를 고밀도로 활용하는 방안 중의 하나는 지상 건물의 고층화이며, 다른 하나는 지하공간을 활용하는 방법으로 이미 선진국에서는 기술개발을 통하여 지하공간을 활용하고 있다.

우리나라도 지하공간활용 사례로는 군사병커,

지하철도, 지하상가, 지하 주차장 등을 예로 들 수 있으나 외국에 비하여 개발경험이 부족하고 기술이 취약하여 아직은 기술개발단계의 초기라 볼 수 있다. 근래 서울시에 의해 서울도심의 지하공간 활용에 관한 기본계획을 수립한 바 있으며, 여기에서 제안된 프로젝트로는 Geoness City구상(삼성건설 1992), 도시산악 지하공간 개발구상(선경건설 1992), 도시기능활성화를 위한 Geotopia 구상(주. 삼림컨설턴트) 등이 Study 된바 있으나 별다른 진전은 없었으며 현

재 한국자원연구소와 선경건설팀과의 공동으로 지하저온, 냉동저장고를 건설하여 연구중인 정도 로 아직은 초보 단계라 할 수 있다.

2.2 국외현황

지하공간활용은 고대 중국의 황토지대 주거지, 튀니지아 Bulla Regia, Mantmate 주거지, 이집트, 스페인, 이태리, 터키, 프랑스, 오스트리아 경사지 주택 및 미국의 Underground house 등 주거·종교시설로서 오랜 역사를 갖고 있다. 최근 들어 북유럽의 여러나라에서는 터널식의 스포츠 센터, 커뮤니티센터, 컨서트홀 등으로 활용하고 있고, 사업공간으로서 개척적인 파리 중심부의 레알은 쇼핑센터로 개발되었으며 노르웨이, 핀랜드는 상업 및 공공 시설로서의 도서관, 박물관 학교, 연구소 병원 등으로 다양하게 활용하고 있다.

산업시설로서 지하공장, 실험실로 미국의 텍사스에 입자가속장치, 핀랜드의 헬싱키에 지하변전소등을 예로 들을 수 있다. 또한 저장시설로서의 곡물, 냉장 및 냉동과 Oil 및 가스저장으로 최근 각광을 받고 있다. 인프라 공간으로 교통시설 즉 지하철, 지하도, 해저터널이 있으며, 공급시설로

는 상하수도, 전력, 통신, 가스, 지역난방을 들을 수 있다. 최근 문제가되고 있는 환경시설로 상하수처리 및 산업폐기물, 방사성폐기물 처리장으로 활용하며, 에너지시설로 수력, 원자력발전소, 화력발전소, 열수 저장시설로도 사용되어 이제 지하공간은 제2의 주거, 상업, 산업, 환경, 에너지 등 다목적 공간으로 활용되고 있으며 그 영역이 더욱 확대될 것으로 보인다.

3. 기술개발의 필요성

지하공간의 기술개발에 관한 당위성으로는

- 첫째, 국토의 협소
- 둘째, 인구의 과밀
- 셋째, 에너지자원의 부족
- 넷째, 남북분단 대처

등으로 볼 수 있으며, 다시 경제·사회적인 측면, 산업·환경적인 측면, 안보적인 측면으로 구분할 수 있다. 현대 도시의 인구 및 산업은 포화상태이며 고도의 경제성장에 따른 교통의 혼잡, 주차난의 해소, 각종 도시기반 시설의 확충에 필요한 지상공간은 한계에 다달았고 자연환경 보전 및 도시경관 개선을 위한 각종 저해, 유휴시설의 지중화는 불가피하게 되었다. 최근에는 지하공간이



그림 6 Turku 아이스링크 겸 대피소

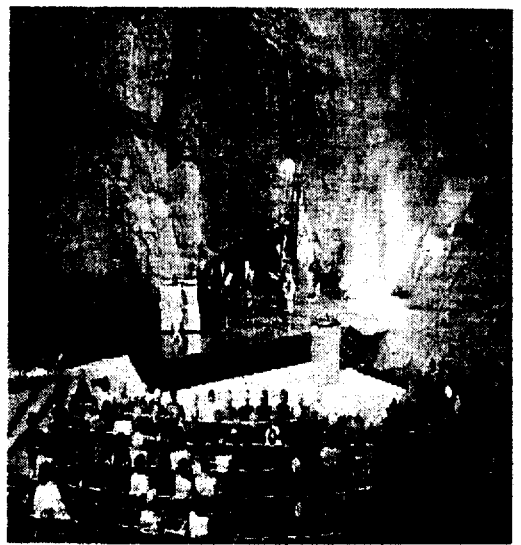


그림 7 Retretti 컨서트홀, 핀랜드

갖는 차단성, 향온 향습성, 내진성 등의 잇점으로 오히려 지상공간에서 갖지못하는 몇가지 측면에서 지하공간의 필요성이 대두되고 있다.

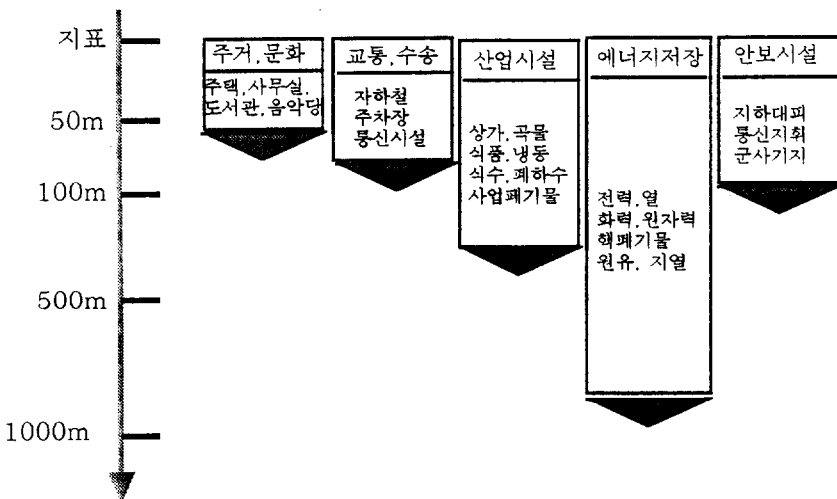
- 지상공간의 공급부족
 - 자연환경 및 경관보존 즉 도시팽창으로 교통난과 소음, 대기오염, 각종 폐기물배출
 - 에너지절약 즉 지하공간의 보온 보냉, 년중 일정한 기온유지 가능
 - 경제성 즉 도심부의 지가상승과 지상건물의 유지관리 보수비가 지하에 비해 높음
- 등이 개발 필요성을 입증하고 있으나 이러한 지하공간 개발에 있어 실내거주환경 문제점 또한 적지 않다.

- 결로현상에 따른 고습도(humidity)
- 자연채광(daylighting)
- 음환경(acoustics)
- CO₂ 농도 증가에 따른 공기환경(ventilation)
- 암석에서 발생하는 유해방사성(radio-radiation)
- 급배수위생의 처리(plumbing and sanitary)

등은 앞으로 지하공간 활용의 해결 과제라 할것이다.

4. 지하공간 활용 및 연구개발 분야

4.1 활용분야



4.2 핵심 연구개발 분야

- 지반조사 평가 기술
- 지하공간 구축 기술
- 지하공간 안정유지 기술
- 지하공간 환경조절 기술
- 안전대책 및 운용관리 기술

5. 지하공간의 환경조절 기술

5.1 채광기술

주거용 지하공간에서의 채광기술은 매우 중요한 기술로 빛은 특히 공기, 물과 함께 인간에게 없어서는 안될 3가지 요소중의 하나이다. 주거공간의 물리적환경은 물론 인간의 심리적인 환경에 영향을 미치는 태양광은 지하공간 개발에 있어 해결되어야 할 과제이다. 지하공간의 특성상 직접 방식인 자연형 채광시스템은 구조적인 제한때문에 사용이 어려우며 따라서 시도할 수 있는 시스템은 설비형 채광시스템(기계식)이라 할 수 있는 광섬유 채광방식과 광덕트 채광방식이다.

- 광섬유 채광방식

광섬유 채광방식은 크게 집광부, 전송부, 제어부로 구성되어 있으며 집광부는 아크릴돔안에 집광렌즈, 측광센서 및 제어부를 함께 위한것이다. 집광부는 육각형이나 사각형의 모듈화된 통을 제작하여 프라스틱 프레넬렌즈를 끼워 넣을 수 있도록 하며

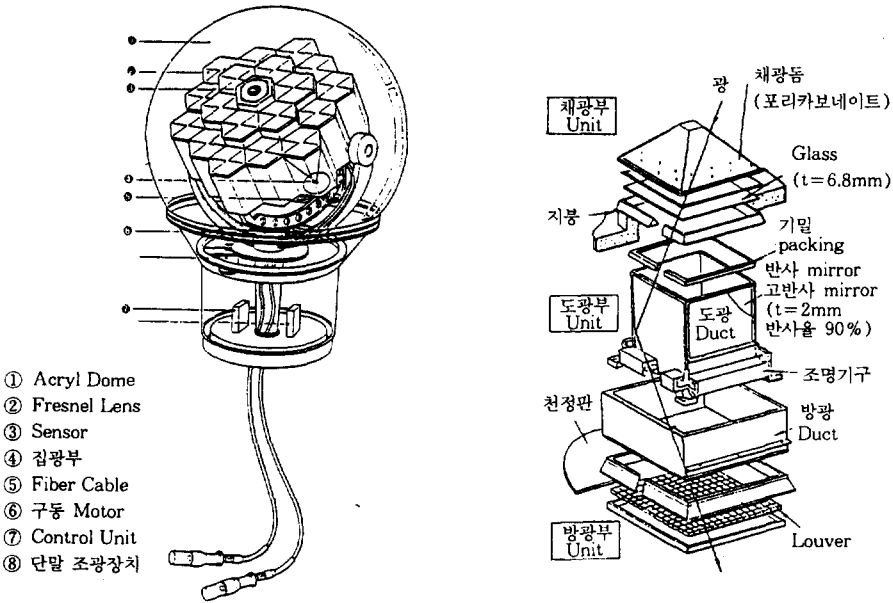


그림 8 광섬유조명과 덕트채광방식

프레넬렌즈에 의해 집광된 광의 초점이 위치하는 곳에 전송 광섬유의 선단이 위치하도록 한다.

— 광덕트채광방식

고반사율의 박판경을 사용해 도광된 덕트에 반사시켜 천공의 산란광을 실내로 끌어들이는 장치로 수직형, 수평형 및 수직수평 병용형으로 구분하여 필요한 공간에 설치한다.

5.2 열환경 기술

지하공간에 있어 열환경기술은 지상건물공간의 열부하의 1/2수준으로 에너지절약 효과가 매우 크다. 년중 지하온도는 15~20°C로 일정하기 때문에 냉방 및 난방부하가 적어져 기기설비용량도 작아지며 에너지관리비용도 작아 경제적이다. 반면 지하는 수맥에 따라 다르겠지만 대부분 습하며 따라서 습기의 제거는 지하공간의 쾌적한 환경조성에 선결 과제이다.

5.3 공기환경

폐쇄공간으로서의 지하공간은 신선공기의 부

족으로 인해 CO₂ 농도가 증가하여 인체에 미치는 영향이 크다. 따라서 지중공간이 안전 환경을 이룩하기 위해서는 완벽한 환기시스템이 필요하다.

5.4 방재기술

지중공간의 화재에대한 연기, 열, 가스가 순간 지하공간으로 확산하여 인명에 피해를 준다. 따라서 이러한 위험성으로부터 예방될 수 있는 재료의 선택, 가연성 물질의 보관 및 Monitoring, 비상시 탈출할 수 있는 피난유도계획, 초기 진압할 수 있는 소화장치등의 화재 안전설비시스템이 완벽하게 강구되어야 한다.

6. 지하공간 활용방안 및 대책

6.1 활용방안

- 도로, 주차장, 공장, 창고 등 지하화 적합 시설 및 전선, 변전실, 쓰레기처리 등 경관 저해 시설의 지중화에 따른 지하공간 저장 확보 및 도시미화
- 도심부에서의 과밀, 입지부족난에 따른 교

통, 통신, 에너지, 폐기물, 운송시설 및 주차장, 창고, 공장시설의 지중화

- 도시방재를 위한 배수로, 비상시 대피, 저장시설의 지하공간 활용화
- 기후가 열악한 지역의 지하공간 이용으로 극복

6.2 문제점 및 대책

- 지질구조 및 지하수위를 포함한 시설물에 대한 조사 분석에의한 종합적인 이용계획을 수립
- 지하공간의 특수성으로 보아 재생이 불가능하기 때문에 완벽한 사전조사에 의한 시행착오가 없어야함
- 밀폐공간의 공조, 환기, 채광의 실내도입에 의한 쾌적한 환경조성, 방재 등의 안전성 확보 등의 기술개발이 이루어진 후에 보급해야 함.

7. 맺음말

굴착장비 및 신공법등의 첨단기술의 발달로 착암기술이 지하철, 터널등 도로공사에만 주로 사용되던 기술영역이 점차 타 분야에까지 확대되어 가고 있다. 특히 주거공간으로써의 지하공간은 에너지절약의 효과가 크게 기대되는 반면, 다음과 같은 몇가지 해결해야 할 선행과제가 있다. 즉 지하공간의 안정성, 열유동에 따른 암반의 거동

특성, 거주환경으로 실내기후 조절시스템은 외국 선진국 기술수준에 비해 아직 초기단계라 볼 수 있다. 따라서 우리나라도 지하공간 개발에 관한 필요성이 대두되고 이에 많은 관심을 갖고 있어 다가올 21세기의 지하공간 신 주거활용 기술개발을 위한 개념의 확립과 체계적인 실증 연구가 필요한 시점이라 하겠다.

참 고 문 헌

1. "도시발전과 지하공간", 대한토목학회 국제심포지움, 1991
2. "지하공간개발의 방향과 기본구상", 한국지하공간협회 국제심포지움, 1992
3. "지하공간이용 기본구상", 서울특별시, 중간보고서, 1993
4. 산학연합공동연구회활동 최종보고서, 1994. 1995
5. "대규모지하공간의 굴착유지 및 제어환경기술 연구", 과기처연구보고서, 한국자원연구소 권광수의, 1995
6. "곡물엘리베이터와 농축산물지하암반 저장시설", 농어촌진흥공사 '94국제심포지움
7. 지하공간, 지하공간협회지 1995, 제5호
8. The rock engineering alternative, editor Kari Saari, MTRFTA
9. Archi. troglo, j. p. Loubes, 1984, paranthese