

지하공간과 에너지

에너지자원과 미래

2008.11.11


송재준

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Seoul National University

San 50-1
Shilong
Seoul 151-747
Korea
+82-2-850-9007
+82-2-871-1000

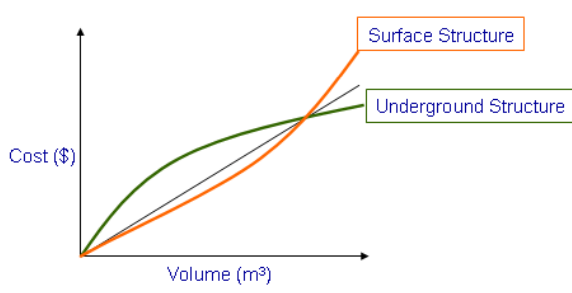


지하공간의 특성

- 다열성, 함수성
- 전자파 차단성
- 자광성
- 방사능 차단성
- 기밀성
- 불연성, 방화성
- 반포성
- 방진성, 저진동성
- 방음성, 차음성
- 화학적 안정성
- 내후성
- 격리성

+조명? 환기?

지하공간 건설비용



77

1

Origin of underground works

지하공간의 창조자?



석회암 동굴 (단양)



Lava tube (하와이)

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

인류의 지하공간 개발: 주거지, 광산, 매장, 창고...

고대 (로마제국 이전)

- Bomvu Ridge mine (B.C. 40,000): 네안데르탈인, 적철광
- Drainage tunnel (B.C. 2,800): 아카드 도시(Akkad city), 아치형 터널, 구운벽돌, 역청
- Underwater tunnel (B.C. 2,000): 유프라테스 강 하저 Semiramis 궁과 Jove 신전사이, 1km 연장, 3.6m x 4.5m, 벽돌과 역청, 개착식공법
- Royal tombs: 메소포타미아 Ur 지역 (B.C. 2,500), 이집트 Theb and Abu Simbel (B.C. 1,250), 주로 석회암 또는 사암지역

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

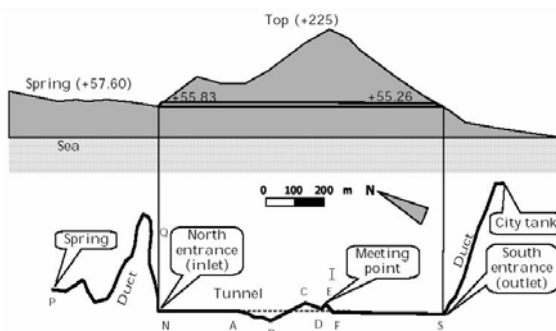
- 수로터널: 이스라엘 실로암(B.C. 715), 연장 533m, 1m x 2m
그리스 사모스 섬 (B.C. 525), 1.8m x 1.8m



...The day the opening was made, the stonecutters hacked toward each other, pick against pick. And the water flowed from the source to the pool [twel]ve hundred cubits (despite the fact that) the height of the rock above the stonecutters' heads was one hundred cubits.'

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind



사모스 터널의 단면 및 평면도



Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

로마제국 패망 후

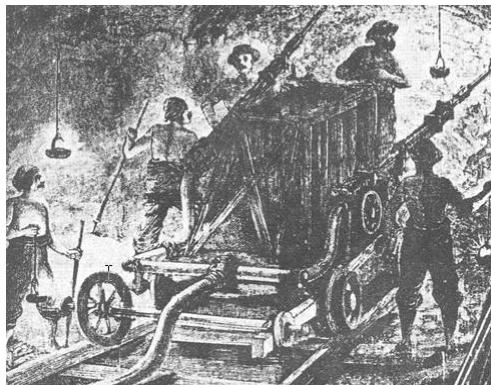
- 운하터널: 영국 Bridgewater 운하 (1761),
Worsley의 석탄광산과 Manchester의 산업지대를 연결



Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

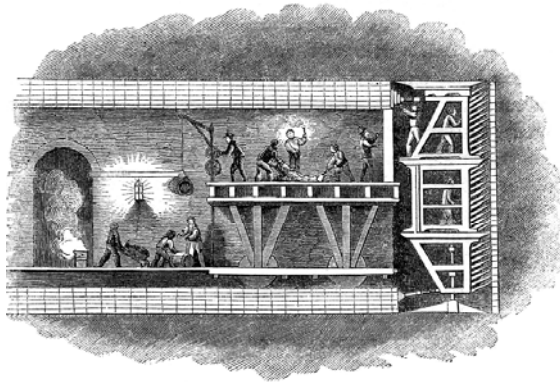
- 알프스산맥 관통 터널: Frejus 터널(1857~1870),
프랑스와 이태리 연결, 연장 13km, 압축공기에 의한 천공,
후반기에 에 니트로 글리세린 폭약 적용.



Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

- 쉴드터널: 영국 템즈강 하저 (1823 ~ 1843)

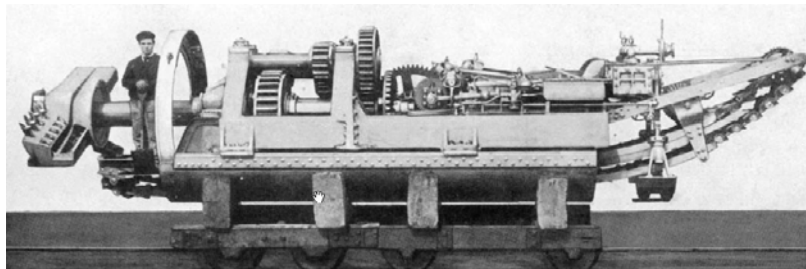


템즈강하저 쉴드터널 공사 개요도

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Underground space by mankind

- Tunnel Boring Machine: *C.F. Beaumont* 개발(1875), 후에 *C.T. English*가 발전시킴. 운하터널공사에 시험적으로 적용후 본격적 활용, Abbotscliff 터널(800m) tunnel, 셰익스피어 석탄광산 근처 하저터널(1,100m, 1882).



Beaumont machine, 1882. First attempt to drive a tunnel beneath the English Channel.

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Modern use of underground Space (based on functional classification)

- 주거 및 문화활동 용도
- 교통 및 운송
- 산업시설
- 에너지 및 에너지관련물질 저장
- 군사용

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Modern use of underground Space (based on functional classification)

주거 및 문화활동	교통 및 운송	산업시설	에너지 및 에너지관련 물질 저장	군사용
<ul style="list-style-type: none"> • House • Office • Library • Concert hall • Museum • Sports facilities 	<ul style="list-style-type: none"> • Parking lot • Traffic tunnel • Drainage tunnel • Underground gas/electricity / communication cable network • Subway 	<ul style="list-style-type: none"> • Under. store • Food /farm product storage • Water filtration plant • Sewage treatment plant • Waste treatment plant 	<ul style="list-style-type: none"> • Electricity/ heat storage • District heating system • Power plant • Oil/ LPG storage • Compressed air storage • Hot water storage • Radioactive waste deposit • Geothermal energy development 	<ul style="list-style-type: none"> • Shelter • Commanding office • Military base • Defense base

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Characteristics of underground space

- 열, 음파, 방사능, 전자기파 불투수성
- 내진동 및 내충격성
- 비연소성
- 화학적 안정성

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Characteristics of underground space

- 열, 음파, 방사능, 전자기파 불투수성
 - 높은 열용량: 열전달속도가 지상공간의 10%~20%,
지상에서 5m 이상내려가면 지상온도영향 거의 없음
 - 음파차단성: 무음향실 건설에 유리
 - 방사능 물질의 암반내 이동속도가 매우 낮음. 일부는 암반에 흡수됨.
 - 암석은 전자기파 전도성이 매우 작음.

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Characteristics of underground space

● 내진동 및 내충격성

- (신선한) 암반은 높은 강도와, 낮은 변형성, 높은 밀도로 인해 지진이나 폭발등의 외부 진동 및 충격에 덜 영향을 받음.
- 암석강도는 방호시설의 요구내압강도(9 bar = 0.1 MPa)보다 매우 높음.

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



1995년 고베지진

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



4층건물 지하 15m에서 시공중인 마이코 터널

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Characteristics of underground space

- 비연소성
- 화재의 확산이 제한됨
- 가연성 물질의 저장/보관에 유리

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Characteristics of underground space

- 화학적 안정성
- 암반의 주요 구성성분의 하나인 규산염 광물은 산과 알칼리용액에 강함

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Reason for going underground

- 국토 활용성 증대
- 환경보호
- 지상의 지형적 제한성 극복
- 외부로부터의 격리성

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

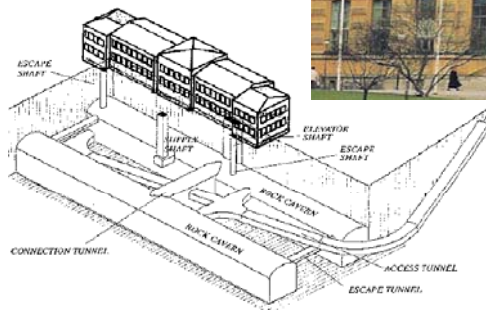
Reason for going underground

- 국토 활용성 증대



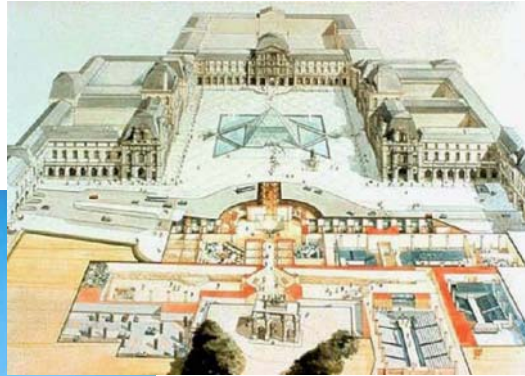
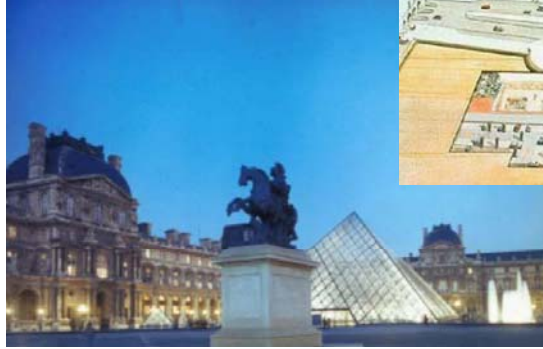
네덜란드 로테르담의
Blaak 역사

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



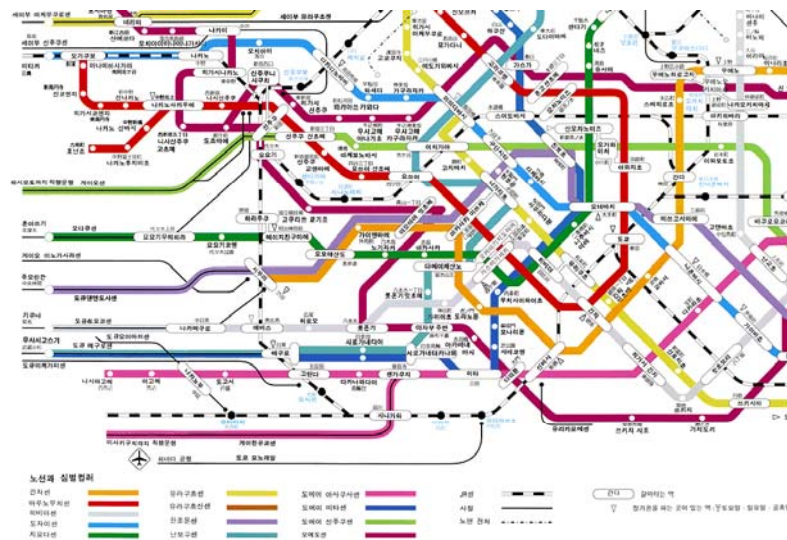
스웨덴 스톡홀름에 위치한 스웨덴 왕립도서관의 지하확장

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



프랑스 파리의 루브르 박물관

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



일본 동경의 지하철

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



프랑스 마르세이의 Estienne d'Orves 광장의 주차장

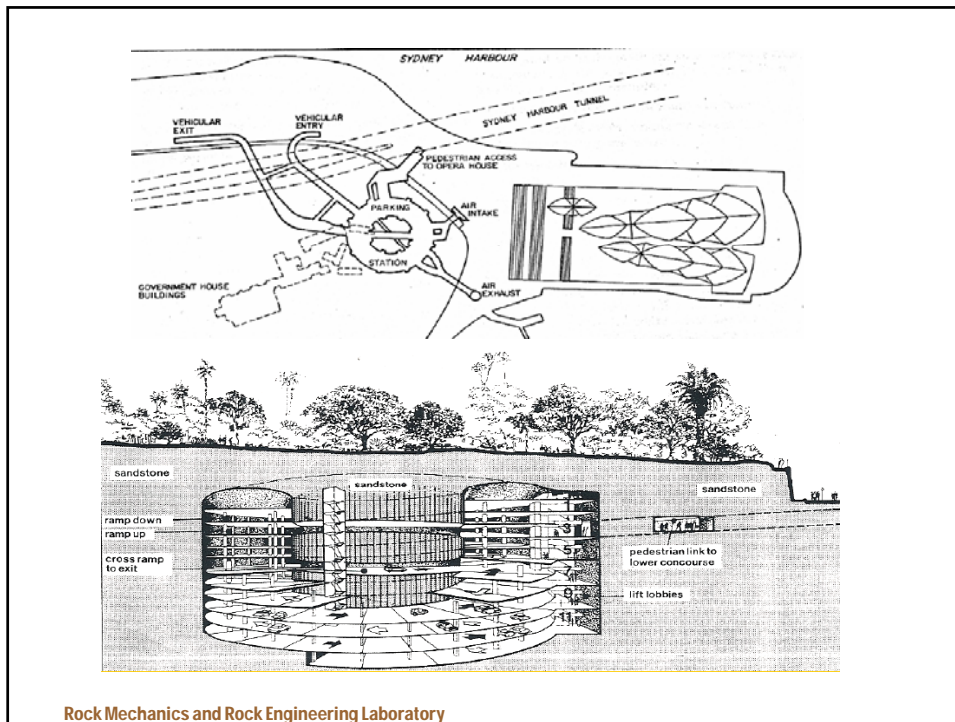
Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Reason for going underground

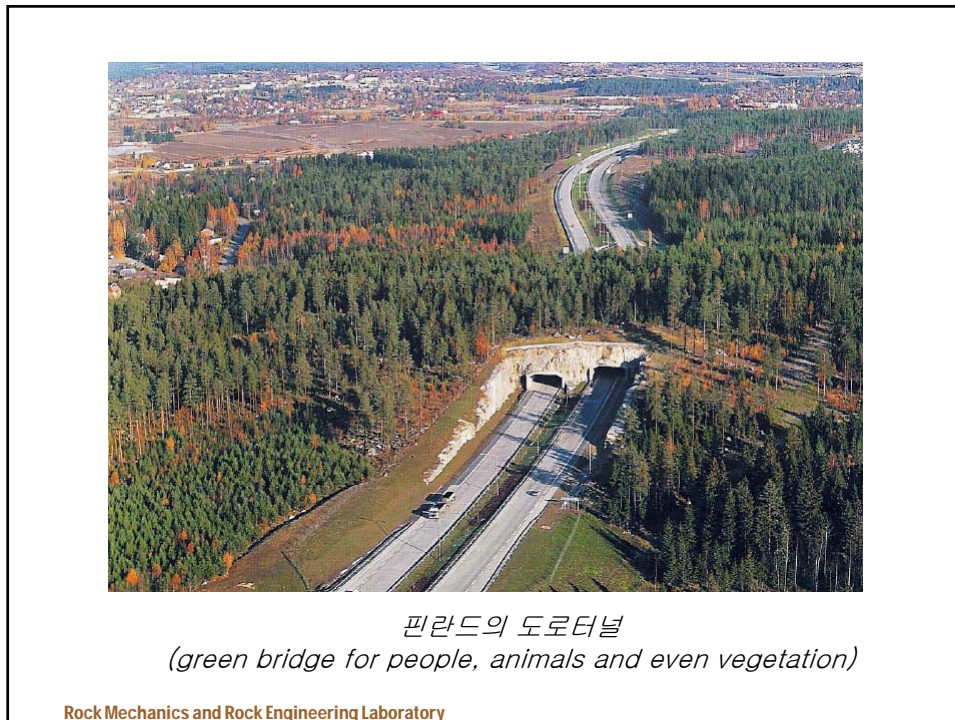
- 환경보호



Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



핀란드의 도로터널
 (green bridge for people, animals and even vegetation)

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

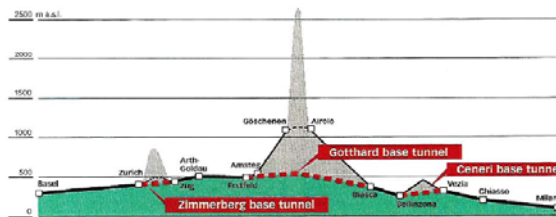


네덜란드 Green Heart 터널

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

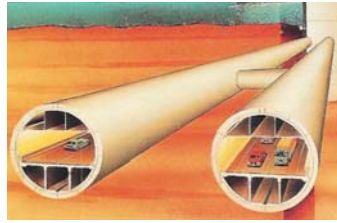
Reason for going underground

- 지상의 지형적 제한성 극복



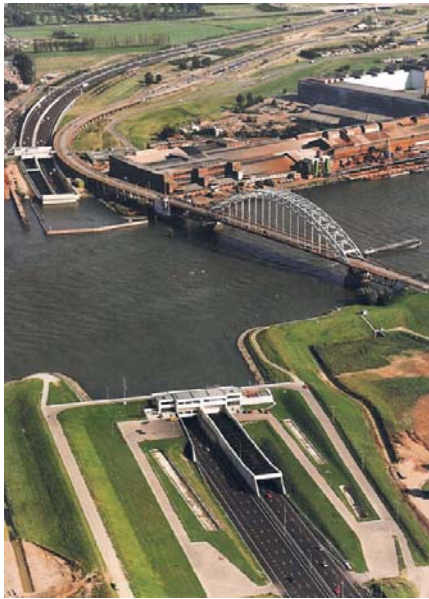
Gotthard, Zimmerberg and Ceneri Base Tunnels, Switzerland

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



동경만 횡단 도로

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



네덜란드 암스테르담의 Noord 터널

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Reason for going underground

- 외부로부터의 격리성



핀란드 북극권(위도 $66^{\circ} 33'$)에 위치한 산타클로스 마을의 크리스마스 테마공원

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory



러시아 우랄에 위치한 알리지치유전문 지하병원
(칼륨염 광산 개조)

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Disadvantage of going underground

- 어둡고 폐쇄된 공간
적절한 조명, 환기, 습도조절이 필요함
- 정신적 영향
방향감각상실, 폐쇄공포증, 메아리...

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory

Factors for successful development of underground space

- 사회과학적 요인
사회적 수요, 법적 지원, 경제성 평가, 인간과 환경에 대한 영향
- 공학기술적 요인
지반조사 및 분석기술
암반 굴착기술
암반구조물 유지 기술
환경영향 조정 기술
안전대책
지하구조물 운영기술

Rock Mechanics and Rock Engineering Laboratory