

1. 서론

1.1 암석역학이란 학문은?

- 정의

암석역학(rock mechanics)은 암석과 암반의 역학적 거동에 관한 이론 및 응용과학. 암석과 암반의 변형과 파괴 등을 다루는 역학의 한 분야.

- 암석의 분류

- 무결암 (intack rock) : 역학적 결함이 없는 균질하고 연속적인 암석
예) 시추, 광석 파쇄, 실험실 물성 시험의 대상 암석
- 현지암반 (in-situ rock): 단층, 절리, 층리 등의 역학적 불연속면을 가진 불연속체 암석
예) 지하자원 개발대상 부지, 암반터널, 사면을 구성하는 암석

1.1 암석역학이란 학문은?

- 역사

- 미국: 암석변형 최초연구(David Grigg, 1936), 국립과학원내 암석변형 실험 위원회 설립(1945), 암석 역학적 성질 연구(콜로라도 광산대학, 1950), 1차 미국암석역학 연례 심포지움(콜로라도, 미네소타, 미주리, 펜실베니아 주립대학, 1956)
- 유럽: 암석역학 심포지움 (오스트리아 지반역학회, 1951, Salzburg), 국제암반역학회(ISRM) 결성(1962, 포르투갈) - 1차 국제학술대회(1966) - 현재 48개국 5,500명의 회원
- 한국: 서울대학교 광산학과 (1959), 서울대 암석역학 전공 교수(1975), 한국암반공학회 설립(1981), 국제암반역학회 가입(1982)

1.2 암석역학의 응용

- 암반공학

암석역학의 공학적 응용을 다루는 학문분야. '암석역학'과 혼용되기도 함.

- 주요응용 분야

지하 광물 및 에너지 자원개발, 토목공사, 지구물리학, 지진학 등

1.2 암석역학의 응용

응용 분야	활용 시설 유형과 세부 분야
자원개발	지하채광 : 수갱, 사갱, 수평갱도, 주운반 갱도 설계 각종 채굴법 설계(주방식, 장벽식, 봉락식) 노천채광 : 사면의 안정 우주개발 (NASA Project)
석유개발	시추공정, 수압파쇄(2차 채유), 오일 세일 채광
수자원 및 에너지 저장, 개발	댐, 지하 발전소(수력, 양수, 원자력), 원유와 액화가스 의 지하저장, 압축공기, 방사능 폐기물 지하 보관, 지열 개발, 열저장 및 지역 냉난방
교통, 수송	고속도로(도로) 터널, 고속철도(철도) 터널 도시지하철 및 정거장, 지하 주차장
사회 공공시설	용수로 터널, 폐.하수로 터널 및 지하 폐.하수 처리장 송배전 및 통신 케이블 터널, 산업 폐기물 처리장
식품.농수산	지하 냉동. 냉장 저장소, 지하 저온 저장소
군사시설	전략 미사일 지하기지, 지하방어(지휘, 통신, 대피)시설
주거.문화	지하 또는 반지하 주택, 지하상가, 사무실, 창고, 음악당 박물관, 스포츠센터

1.2 암석역학의 응용

- 국내 사례

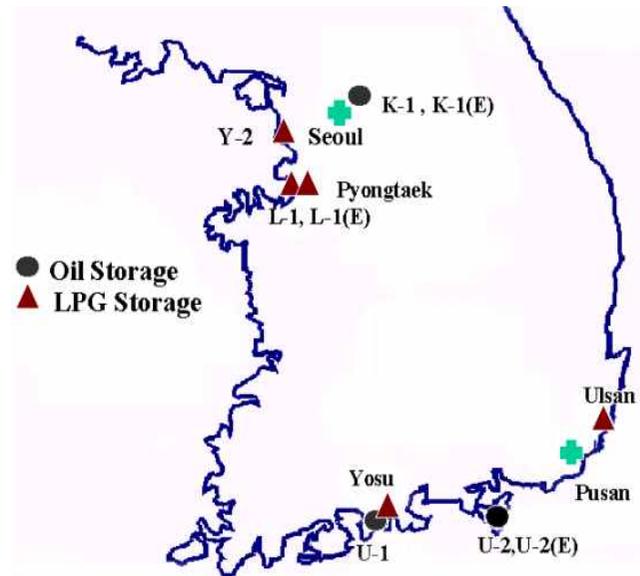
- 1970년대 급속한 산업화에 따라 석유와 전력의 안정적 수급 필요.

- 원유, 액화석유가스(LPG) 비축기지, 양수발전소를 지하에 건설.

- 원유 비축기지: 3곳 - 여수(U1), 거제(U2), 울산(2010완공)

- LPG 비축기지: 5곳 - 평택(SK가스, KNOC-L1), 여수, 울산, 인천

- 지하양수발전소: 6곳 - 청평, 삼랑진, 무주, 산청, 양양(`96~`06), 청송(`00~`07)



지하동굴 저장원리 및 장점

지하저장동굴의 구조



1.2 암석역학의 응용

Crude Oil Storage Caverns

Project Name	Dimension(m)			Capacity (k/)	Rock Type	Construction Period
	Section (W x H)	Max. Length of Single Caverns(m)	Total Length (m)			
U-2	18 x 30	875	8,814	4,293,000	Grano-diorite (화강섬록암)	1981~1985
U-1	18 x 30	1,030	8,685	4,452,000	Andesitic tuff (안산암질응회암)	1990~1998
U-2 ₁ (E)	18 x 30	678	3,794	1,908,000	Grano-diorite	1990~1997
U-2 ₂ (E)	18 x 30	450	1,505	800,000	Grano-diorite	2002~2006
Ulsan	18 x 30	610	2,016	1,000,000	Granite	2006~2010

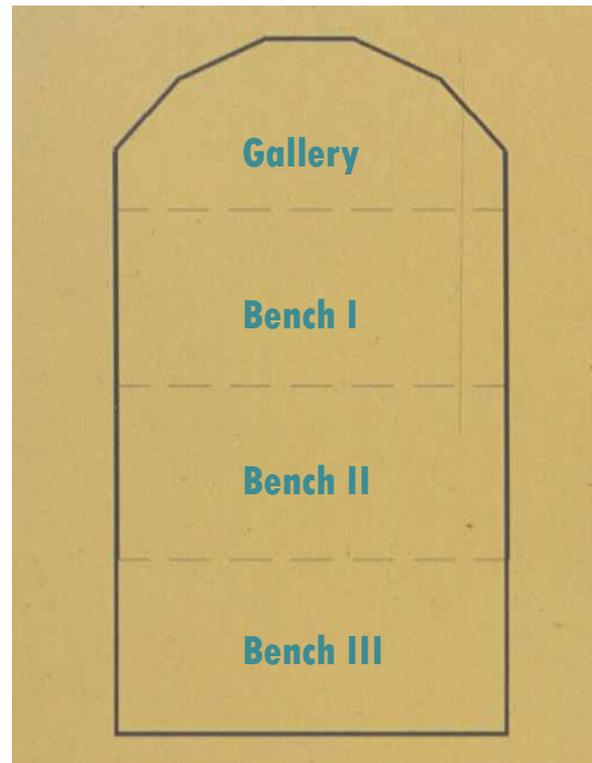
(E) : extension



Layout of U-1 projects (여수)



Layout of U-2 and U-2(E) crude oil storage caverns (거제)

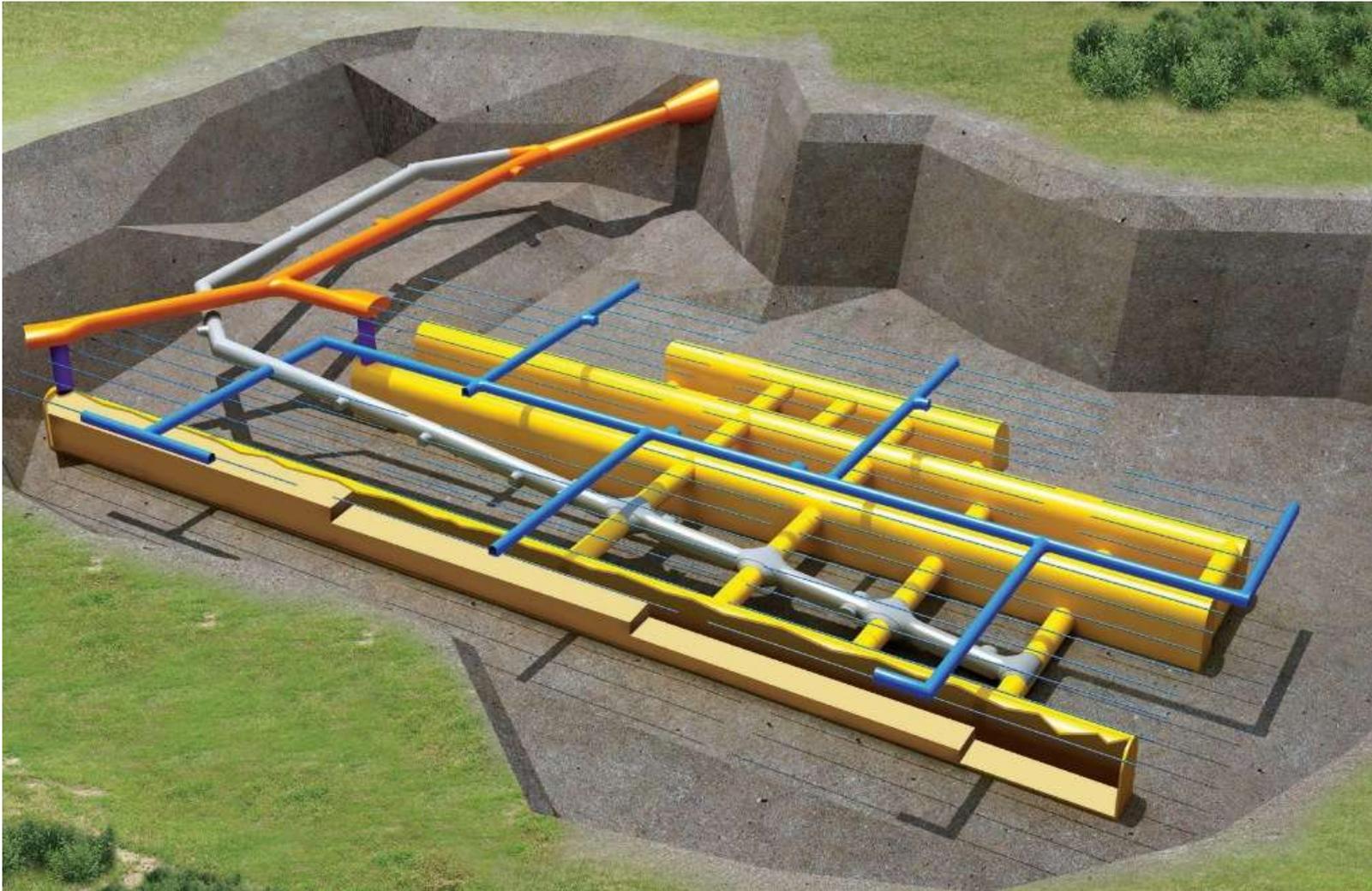


W = 18 m H = 30 m A = 516 m²

Cross section of U-1 and U-2 crude oil storage caverns



Layout of Ulsan crude oil storage cavern



Bird-eye view of Ulsan crude oil storage cavern

LPG Storage Caverns

Project Name	Dimension(m)			Capacity (kl)	Rock Type	Roof Elev. (m)	Construction Period
	Section (W x H)	Max. Length of Single Caverns (m)	Total Length (m)				
L-1 [KNOC]	18 x 22.5	135	879	300,000	Andesite	C3:-115 C4: -60	1986~1989
Yosu [E1]	15 x 19.5 16 x 21	400	968	290,000	Andesite tuff	C3:-114 C4: -60	1981~1983
Ulsan [SK Gas]	19 x 21	310	1,482	500,000	Siltstone Sandstone	C3:-119 C4: -60	1985~1988
L-1(E) [KNOC]	18 x 22.5	210	830	315,000	Gneiss	C3:-115 C4: -60	1990~1996
Pyong Taek [SK Gas]	17.5 x 22	278	740	277,000	Gneiss	C4:-115	1996~1999
Y-2 [E1]	16 x 26	275	1,133	465,000	Gneiss	C3:-114 C4:-134	1997~2000

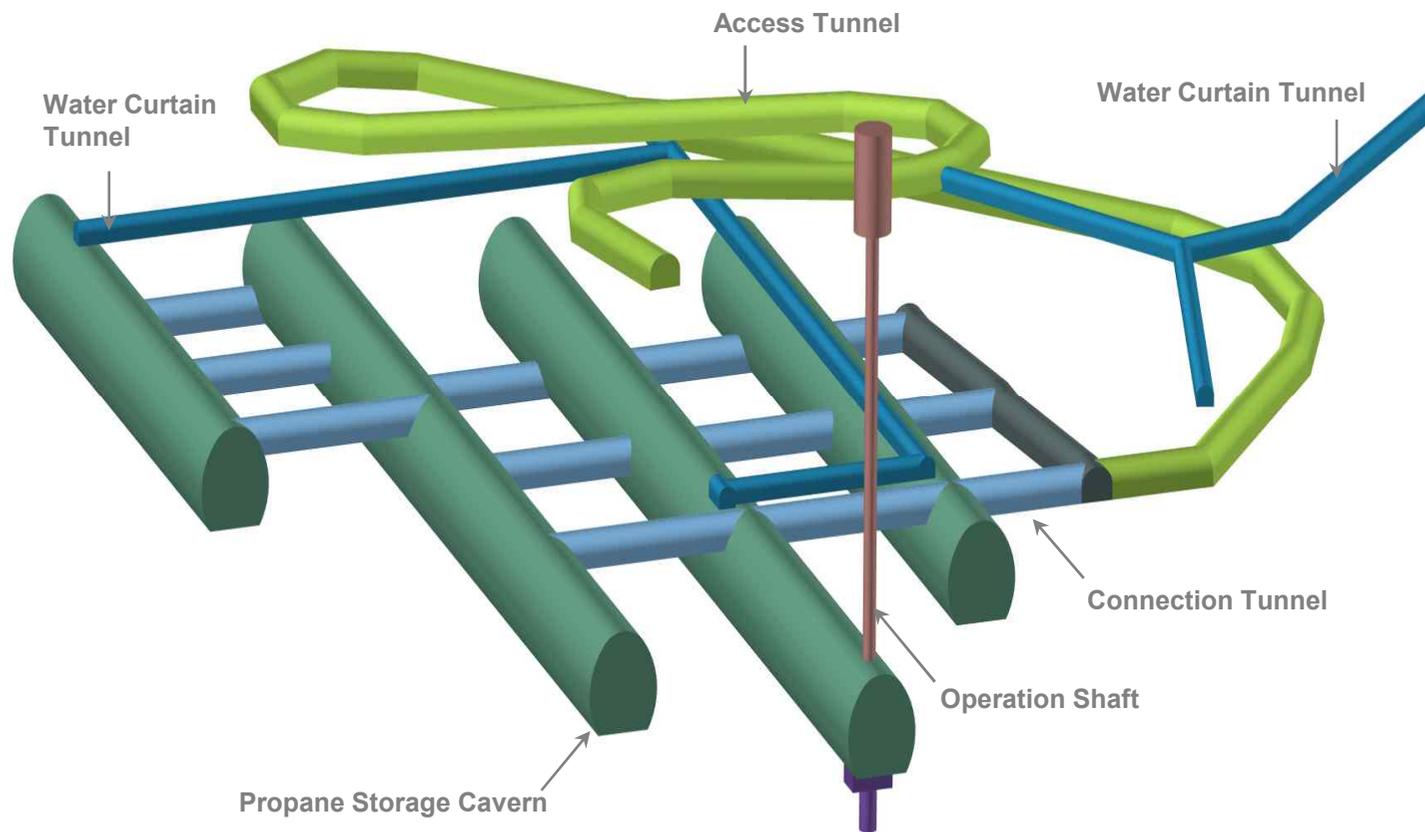
C3 : Propane Cavern , C4 : Butane Cavern



L-1 and L-1(E) LPG storage projects



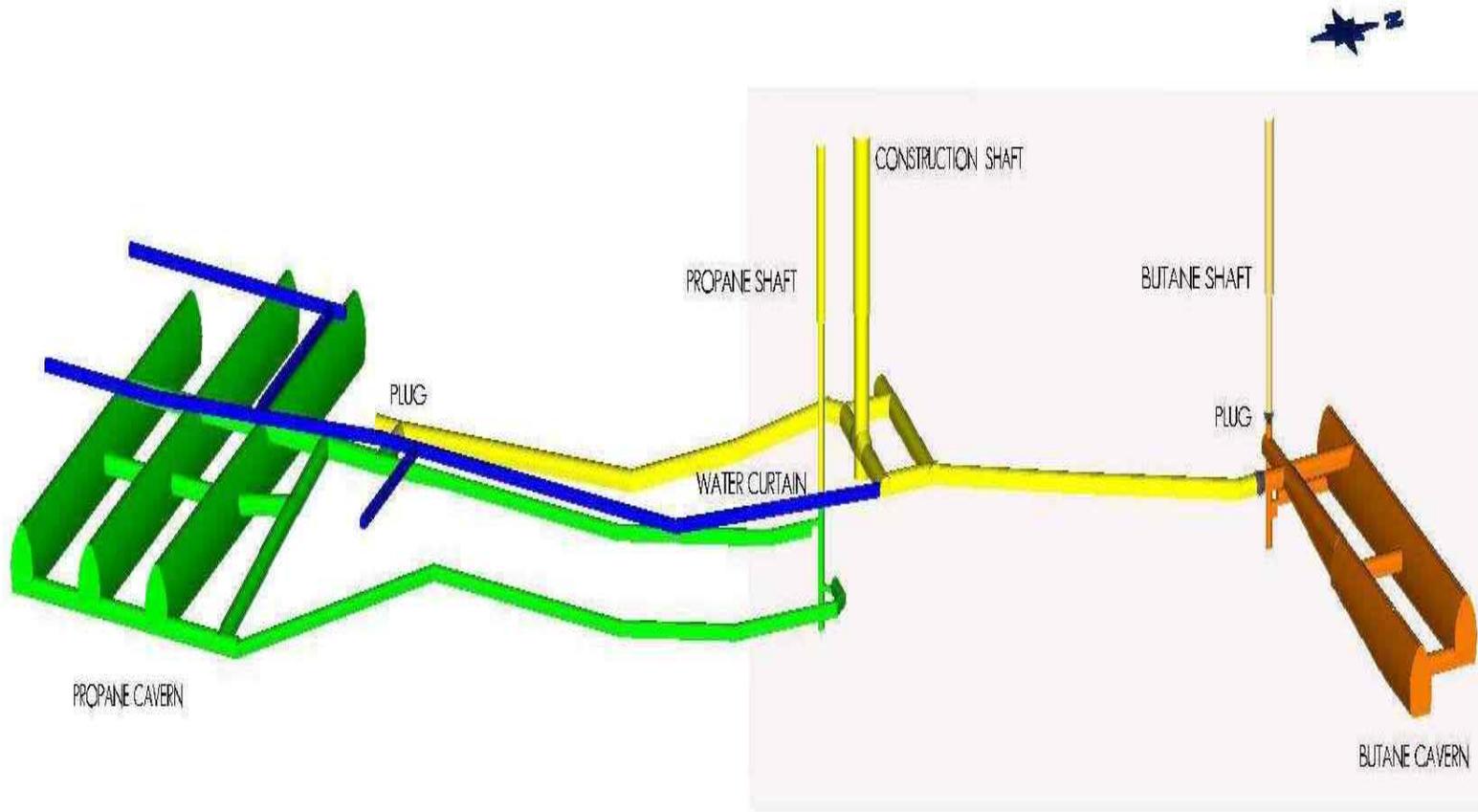
Pyongtaek LPG storage project



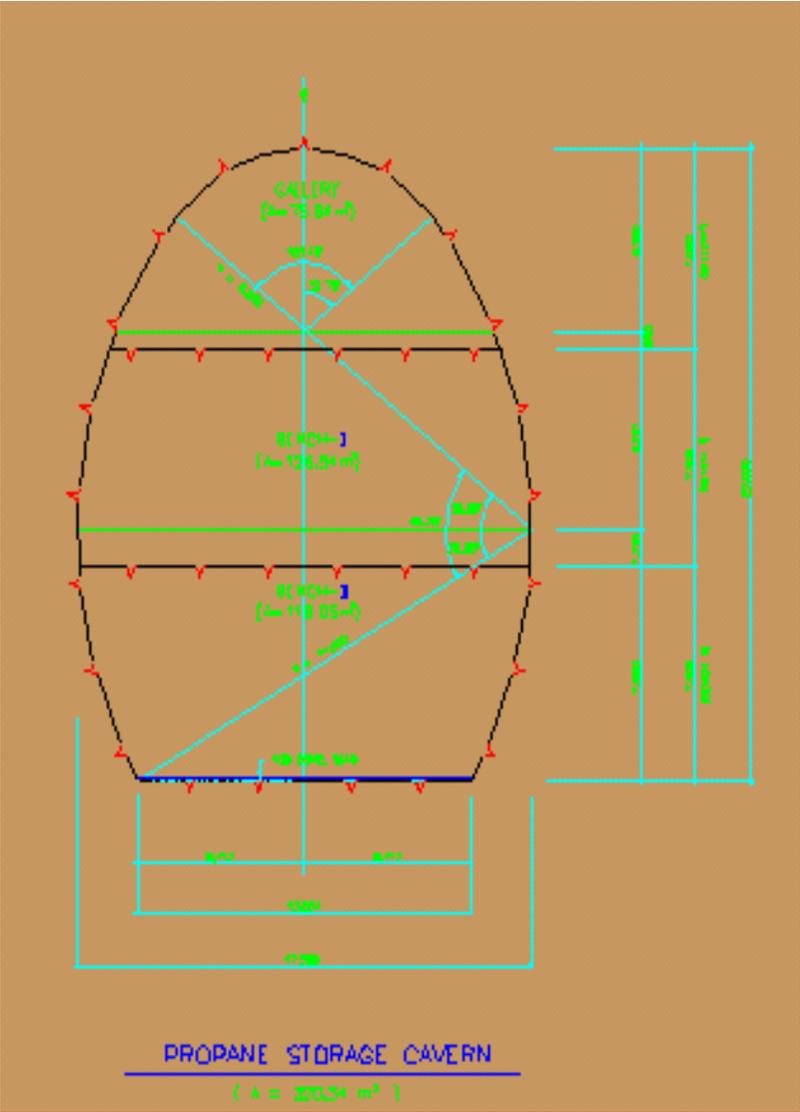
3-D Model of Pyongtaek LPG caverns



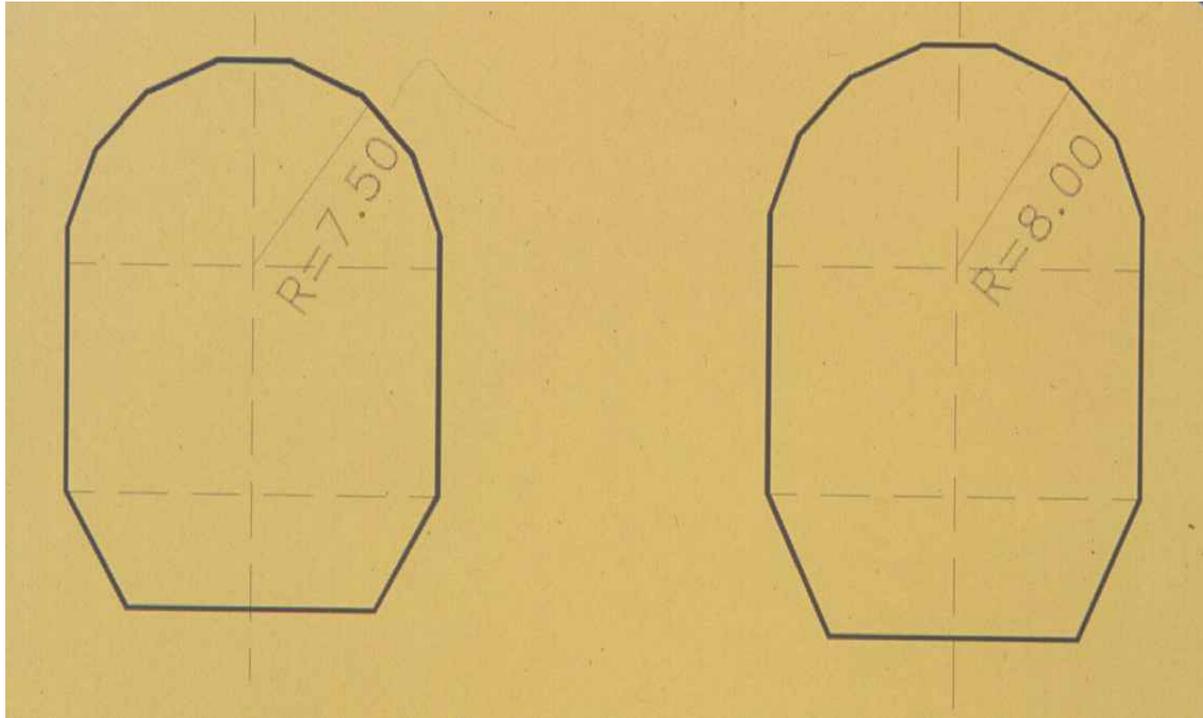
Y-2 LPG storage project



Layout of Y-2 LPG storage caverns



Cross section of Pyongtaek LPG storage caverns



Yosu LPG (Propane)

$$W = 15 \text{ m}$$

$$H = 19.5 \text{ m}$$

$$A = 253 \text{ m}^2$$

Yosu LPG (Butane)

$$W = 16 \text{ m}$$

$$H = 21 \text{ m}$$

$$A = 296 \text{ m}^2$$

Cross section of Yosu LPG storage caverns

Refined oil storage caverns

Project Name	Dimension(m)			Capacity (kl)	Rock Type	Construction Period
	Section (WxH)	Max. Length of Single Caverns	Total Length			
K-1	15 x 20.5	235	1,262	231,000	Granite	1975~1982
K-1(E)	18 x 2 2.5	394	440	159,000	Granite	1990~1994

(E) : Extension

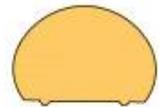


K-1 and K-1(E) Refined Oil Storage Caverns

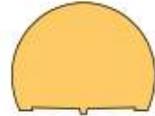


Layout of Muju pumped storage power plant

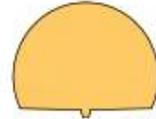
※ 터널단면크기 비교



도로
A=77m²



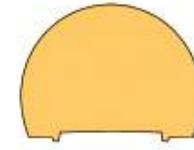
철도
A=87m²



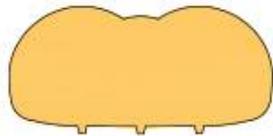
지하철
A=89m²



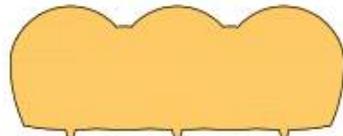
고속도로
A=94m²



고속전철
A=141m²



지하철(2 Arch)
A=201m²



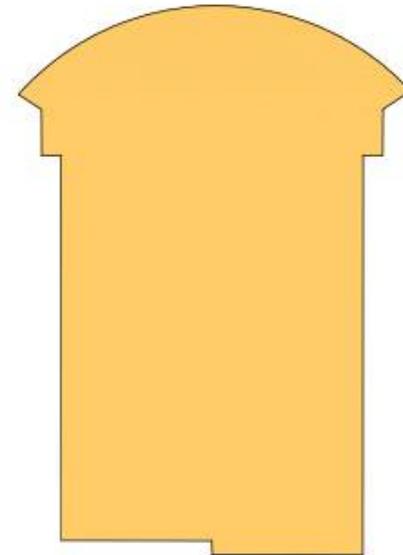
지하철(3 Arch)
A=251m²



저장동굴
A=520m²



수로
A=10m²



지하수력발전소
A=1,110m²

1.2 암석역학의 응용

- 외국 사례

- 1970년대 급속한 산업화에 따라 석유와 전력의 안정적 수급 필요.

- 원유, 액화석유가스(LPG) 비축기지, 양수발전소를 지하에 건설.

- 원유 비축기지: 3곳 - 여수(U1), 거제(U2), 울산(2010완공)

- LPG 비축기지: 5곳 - 평택(SK가스, KNOC-L1), 여수, 울산, 인천

- 지하양수발전소: 6곳 - 청평, 삼랑진, 무주, 산청, 양양('96~'06), 청송('00-'07)