

5. 현지암반의 역학적 성질

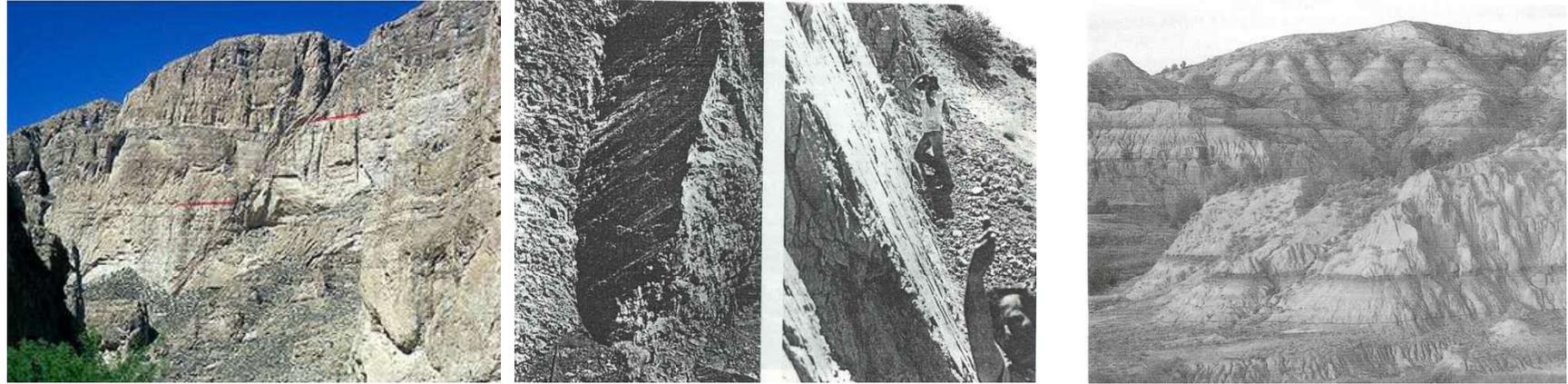
5.1 불연속면의 종류와 특성

- 암반 불연속면의 생성원인: 마그마 냉각시의 열 응력과 부피감소, 퇴적시 층상구조형성, 지체력(tectonic force)에 의한 단층, 습곡작용 및 광역변성작용, 마그마에 의한 접촉 변성 및 교대 작용

- 불연속면의 종류

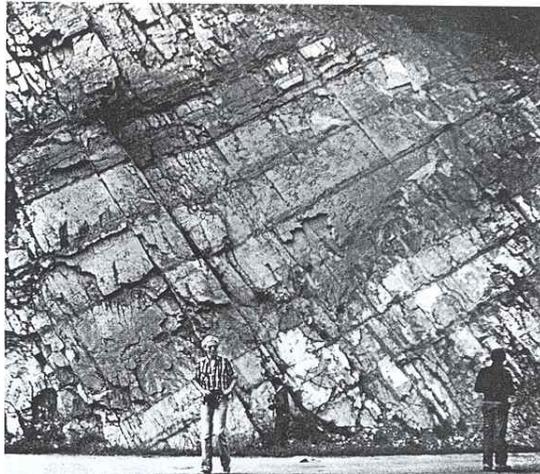
- 1) 균열(fracture): 응력에 의해 파괴되어 형성된 불연속면의 통칭. 라틴어(fractus)에서 유래.
- 2) 단층(fault)과 파쇄대(fractured zone): (5 mm 이상의) 전단변위가 발생한 균열을 단층이라 하며, 지층의 습곡 또는 단층작용 시 암석이 눌러 부서진 부분을 파쇄대라고 한다. 파쇄대는 주로 연약한 점토나 바위조각으로 구성되어 있고 출수사고를 일으키는 경우가 많다.
- 3) 층리면(bedding plane): 퇴적암의 층상배열을 층리(bedding)라 하며 층간 경계면을 층리면이라 한다.
- 4) 절리(joint): 암반에 발달한 틈이나 균열. 전단변위의 유무로 단층과 구분. 비슷한 방향의 절리들을 절리군(joint set)으로 분류.

5.1 불연속면의 종류와 특성



단층(좌)과 단층면(우)

퇴적암의 층리



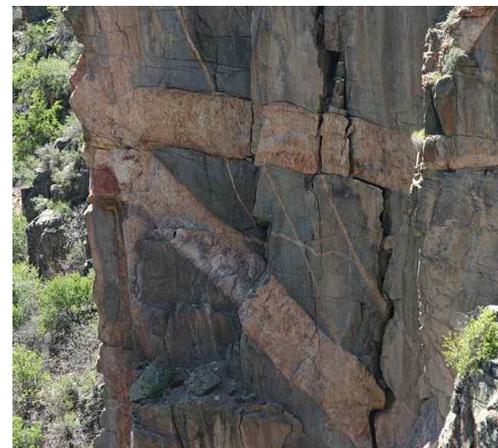
3조의 절리군



변성암의 엽리

5.1 불연속면의 종류와 특성

- 5) 엽리(foliation)와 편리(schistosity): 엽리는 (변성암에 나타나는) 구성광물들의 판상구조. 특히 운모류 광물들의 면조직에서 뚜렷이 관찰됨. 편리는 (중,고도 변성작용 결과 입자가 커진) 조립질 변성암의 엽리
- 6) 암맥(dyke): 폭이 좁고 긴 세립질 화성 관입암. 암맥의 경계부는 보통 파쇄되고 변질되며 전단변형이 잘 일어난다.



암맥

5.1 불연속면의 종류와 특성

- 불연속면의 기하학적 특성 및 측정

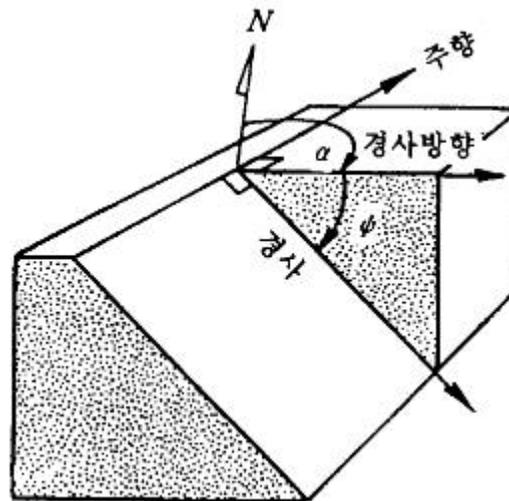
1) 불연속면의 방향성

>주향(strike)/경사(dip) 또는 경사방향(dip direction)/경사(dip)로 표현

>주향: 불연속면과 수평면의 교선을 진북을 기준으로 측정 예)N35°E, EW, N20°W

>경사: 진경사(true dip)와 진경사선(dip vector)을 포함하는 수직면과 수평면의 교선방향을 표기. 예) 60°SE

>경사방향: 불연속면의 dip vector를 북으로부터 시계방향으로 잰 각. 예) 240, 30



5.1 불연속면의 종류와 특성

2) 불연속면의 간격(spacing)

>인접한 불연속면간의 거리. 절리군의 평균방향에 수직한 방향으로 측정한 거리의 평균.

>간격이 작을수록 불연속면의 교차에 의해 발생하는 블록이 작아지며 암반강도는 낮아짐.

표 5.1 불연속면의 간격의 등급 (ISRM)

표기방법	간격
극도로 넓은(extremely wide)	> 6000 mm
매우 넓은(very wide)	2000 ~ 6000 mm
넓은(wide)	600 ~ 2000 mm
보통(moderate)	200 ~ 600 mm
좁음(close)	60 ~ 200 mm
매우 좁음(very close)	20 ~ 60 mm
극도로 좁음(extremely close)	< 20 mm

5.1 불연속면의 종류와 특성

3) 불연속면의 연속성(persistence)

>불연속면의 연장을 의미하는 것으로서 보통 길이로 나타낸다.

>암반에서 불연속면의 전체를 관찰하는 것이 거의 불가능하므로 노두면에 드러난 절리선 길이나 절리선 길이를 이용한 추정치를 사용한다.

표 5.2 불연속면 연속성의 등급 (ISRM)

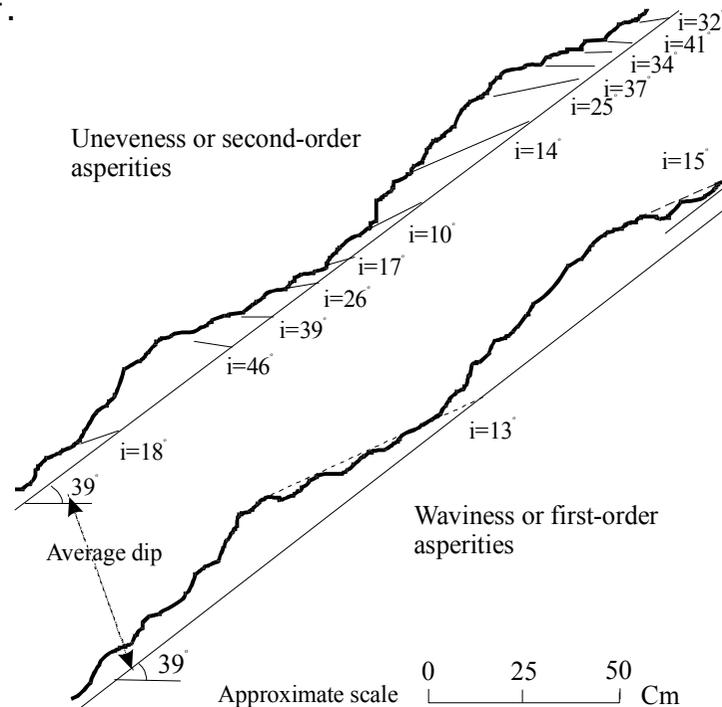
표기방법	연속적인 절리의 길이
연속성이 매우 낮음(very low persistence)	1 m 이하
연속성이 낮음(low persistence)	1 ~ 3 m
연속성이 보통임(medium persistence)	3 ~ 10 m
연속성이 높음(high persistence)	10 ~ 20 m
연속성이 매우 높음(very high persistence)	20 m 이상

5.1 불연속면의 종류와 특성

4) 불연속면의 거칠기(roughness)

>규모가 작은 요철(unevenness)과 큰 규모의 만곡(waviness)로 구분된다. 전자는 실험실 전단시험에서의 전단강도에, 후자는 전단변위의 초기방향에 영향을 준다.

>JRC(Joint Roughness Coefficient)는 요철을 의미하는 불연속면의 거칠기를 정량적으로 표현하는 방법이다.



5.1 불연속면의 종류와 특성

표 5.3 불연속면 거칠기의 등급 (ISRM)

구분	표현
I	거칠, 계단면(rough, stepped)
II	부드러움, 계단면(smooth, stepped)
III	경면(매끈매끈함), 계단면(slickensided, stepped)
IV	거칠, 파상면(rough, undulating)
V	부드러움, 파상면(smooth, undulating)
VI	경면, 파상면(slickensided, undulating)
VII	거칠, 평면(rough, planar)
VIII	부드러움, 평면(smooth, planar)
IX	경면, 평면(slickensided, planar)

Description	Profile	J _r	JRC 200mm	JRC 1 m
Rough		4	20	11
Smooth		3	14	9
Slickensided		2	11	6
	Stepped			
Rough		3	14	9
Smooth		2	11	8
Slickensided		1.5	7	6
	Undulating			
Rough		1.5	2.5	2.3
Smooth		1.0	1.5	0.9
Slickensided		0.5	0.5	0.4
	Planar			

5.1 불연속면의 종류와 특성

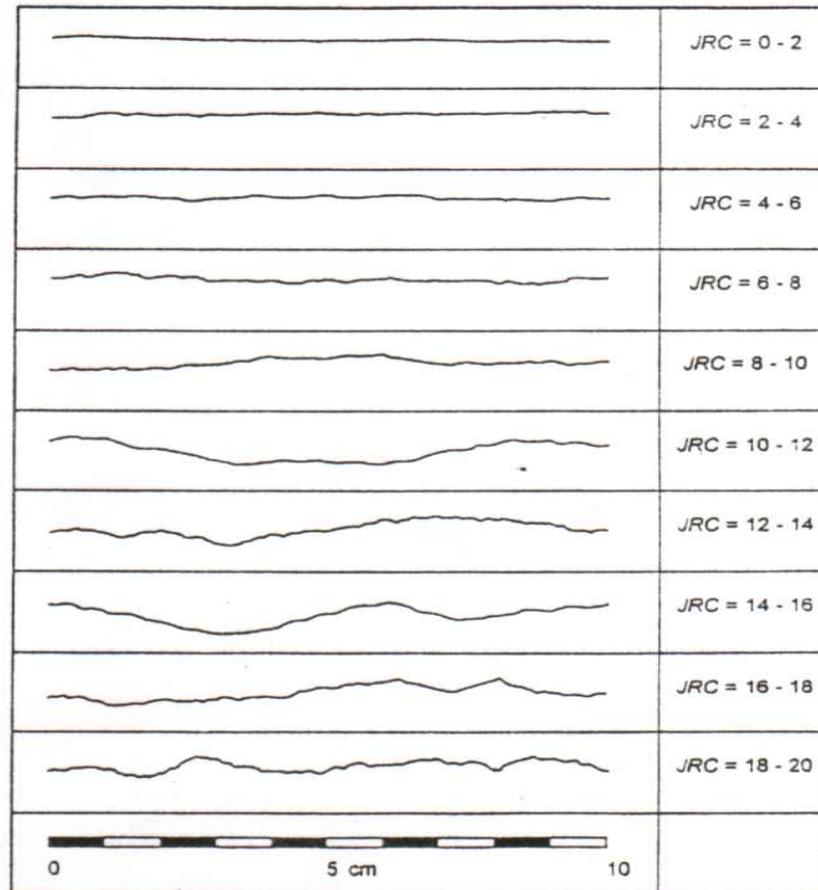


그림 5.8 불연속면 거칠기의 범위 (Barton & Choubey)

5.1 불연속면의 종류와 특성

5) 불연속면의 벽면강도(wall strength)

> 불연속면 틈새가 작고 그 사이 충전물질이 없는 경우 전단강도에 중요한 영향을 미침.

> 점하중시험(point load test)이나 Schmidt hammer test 등이 많이 사용됨.

6) 불연속면의 틈새(aperture)

> 틈새가 클수록 충전물이나 지하수유입 가능성이 크다. 전단강도에 영향을 줌.

불연속면의 틈새	구 분	
< 0.1mm	전혀 빈틈 없음(very tight)	폐쇄형 ("Closed" Features)
0.1 ~ 0.25mm	빈틈 없음(tight)	
0.25 ~ 0.5mm	부분적으로 열림(partly Open)	
0.5 ~ 2.5mm	열림(open)	틈새형 ("Gapped" Features)
2.5 ~ 10mm	약간 넓은(moderately Wide)	
> 10mm	넓음(wide)	
1 ~ 10cm	매우 넓은(very wide)	개방형 ("Open" Features)
10 ~ 100cm	극히 넓은(extremely wide)	
> 1m	동굴같음(cavernous)	

5.1 불연속면의 종류와 특성

7) 충전물(filling)

>보통 틈새에 모암보다 약한 물질이 충전됨: 방해석, 점토, 실트, 모래, 단층쇄설물...

>충전물질의 종류, 두께, 연약성, 점성, 투수성 등을 기록한다.

8) 불연속면 군의 수(number of joint set)

>군의 수가 많을수록 암석블록의 크기가 작아지며 암반강도가 감소한다. 특히 군 수가 3 개 이상일 경우 블록의 발생정도가 급격히 커진다.

등급	표기
I	괴상, 불규칙한 절리(massive, occasional random joints)
II	한 개의 절리군(one joint set)
III	한 개의 절리군 + 불규칙한 절리(one joint set plus random)
IV	두 개의 절리군(two joint sets)
V	두 개의 절리군 + 불규칙한 절리(two joint set plus random)
VI	세 개의 절리군(three joint sets)
VII	세 개의 절리군 + 불규칙한 절리(three joint set plus random)
VIII	네 개 이상의 절리군(four or more joint sets)
IX	파쇄되어 토사처럼 된 암석(crushed rock, earth-like)

5.1 불연속면의 종류와 특성

9) 불연속면 벽면의 풍화정도

>풍화정도에 따라 모암 구성성분, 결합력, 강도 등에 차이가 있다.

용 어	풍 화 정 도
완 전 풍 화 (Completely weathered, CW)	암석전체가 완전히 풍화되어 흙으로 변화되었으나 모암의 원조직과 구조를 지니며, 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유하는 상태.
심 한 풍 화 (Highly weathered, HW)	암석 내부까지 풍화가 진행중이며, 점토 물질이 협재 되어 있어 부분적으로 쉽게 부스러뜨릴 수 있는 상태.
보 통 풍 화 (Moderately weathered, MW)	전 암석표면에서 부터 풍화가 진행중이며, 색조는 변화했으나 손으로 부스러 뜨릴 수 없는 상태.
약 간 풍 화 (Slightly weathered, SW)	기반암중에 발달된 불연속면을 따라 이미 약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석 자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않은 상태.
신 선 (Fresh, F)	풍화작용의 흔적이 없는 상태.

5.2 불연속면의 역학적 특성

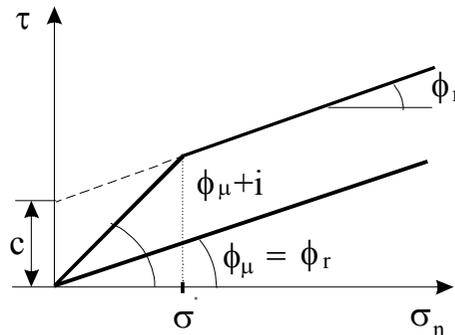
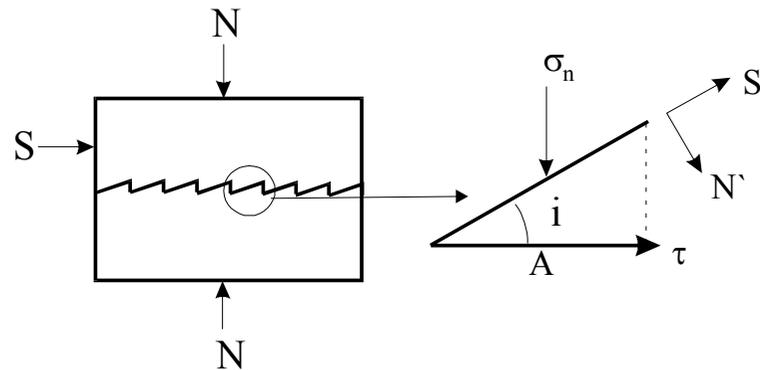
- 불연속면의 강도특성

> Coulomb의 전단강도(전단저항력): $S = c + N \tan \phi$

> Patton (1966)의 이중선형 관계식: $\tau_p = \sigma_n \tan(\phi_b + i)$ $\sigma_n < \sigma_T$

$$\tau_p = \sigma_n \tan \phi_r + c \quad \sigma_n > \sigma_T$$

여기서 ϕ_b 는 기본 마찰각, ϕ_r 은 잔류 마찰각 c 는 겉보기 점착강도임.



5.2 불연속면의 역학적 특성

> Ladanyi 와 Archambault (1970)의 전단강도 식: $\tau_p = \frac{\sigma_n(1-a_s)(\dot{\nu} + \tan \phi) + a_s S_R}{1 - (1-a_s)\dot{\nu} \tan \phi}$
여기서 a_s 는 불연속면 겉보기 면적과 요철이 제거된 면적의 비,
 S_R 은 요철의 강도, $\dot{\nu}$ 는 수직팽창률

> Barton-Bandis (1973)의 전단강도 식: $\tau_p = \sigma_n \tan \left(\phi_r + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right)$
여기서 JCS 는 절리면 벽면강도

JRC 는 절리면 거칠기로서 tilt test나 거칠기 profile과의 비교를 통해 결정.

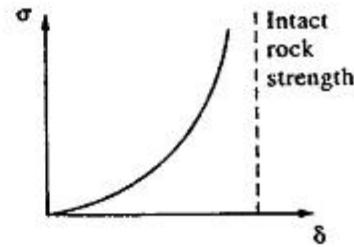
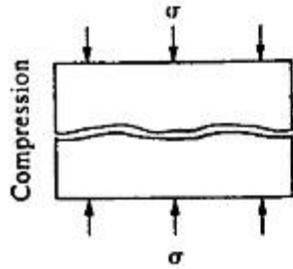
$$JRC = \frac{\alpha - \phi_r}{\log_{10}(JCS/\sigma_n)} \quad \alpha \text{는 미끄러질때의 각도}$$

- 불연속면의 변형특성

> 수직변형거동: 절리면에 작용하는 수직응력과 수직변위와의 관계

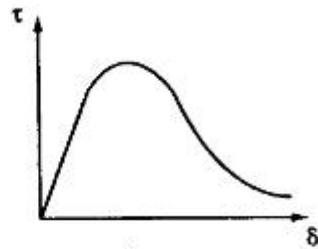
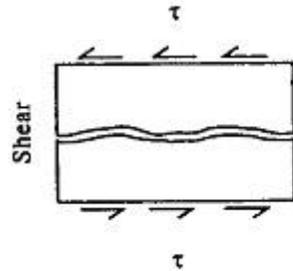
> 전단변형거동: 절리면에 작용하는 전단응력과 전단변위와의 관계

5.2 불연속면의 역학적 특성



$$\sigma_n = \frac{\delta_n}{a - b\delta_n} \quad K_n = \frac{d\sigma_n}{d\delta_n} = \frac{a}{(a - b\delta_n)^2}$$

$$K_{ni} = 1/a \quad \delta_{nf} = a/b$$



$$\tau = \frac{\delta_s}{m + n\delta_s} \quad K_s = \frac{d\tau}{d\delta_s} = \frac{m}{(m + n\delta_s)^2}$$

$$K_{si} = 1/m$$

5.3 불연속면이 암반의 강도에 미치는 영향

> 1개의 불연속면을 포함하는 암석시료의 무결암부분과 불연속면이 Mohr-Coulomb의 파괴 기준을 따를 때:

$$|\tau| = c_m + \sigma \tan \phi_m : \text{무결암}$$

$$|\tau| = c_j + \sigma \tan \phi_j : \text{불연속면}$$

> 무결암의 파괴기준을 σ_3 와 σ_1 로 표현하면: $\sigma_1 = 2c_m \frac{\cos \phi_m}{1 - \sin \phi_m} + \sigma_3 \frac{1 + \sin \phi_m}{1 - \sin \phi_m}$

> σ_1 축과 불연속면사이의 각도가 α 일때 파괴기준: 윗식에서는 파괴면의 법선과 σ_1 축 사이각을 β 로 하여 유도하였으므로($2\beta = 90^\circ + \phi_m$) 파괴면을 불연속면으로 가정하여 $\phi_m \rightarrow \phi_j$ 와 $\beta = 90^\circ - \alpha$ 임을 적용하면 $90^\circ = 2\alpha + \phi_j$ 이므로

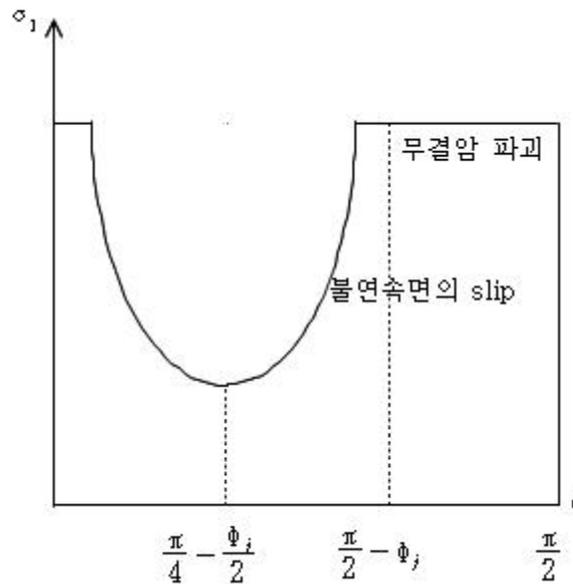
$$\sigma_1 = \frac{2c_m \cos \phi_j + \sigma_3 [\sin(2\alpha + \phi_j) + \sin \phi_j]}{\sin(2\alpha + \phi_j) - \sin \phi_j}$$

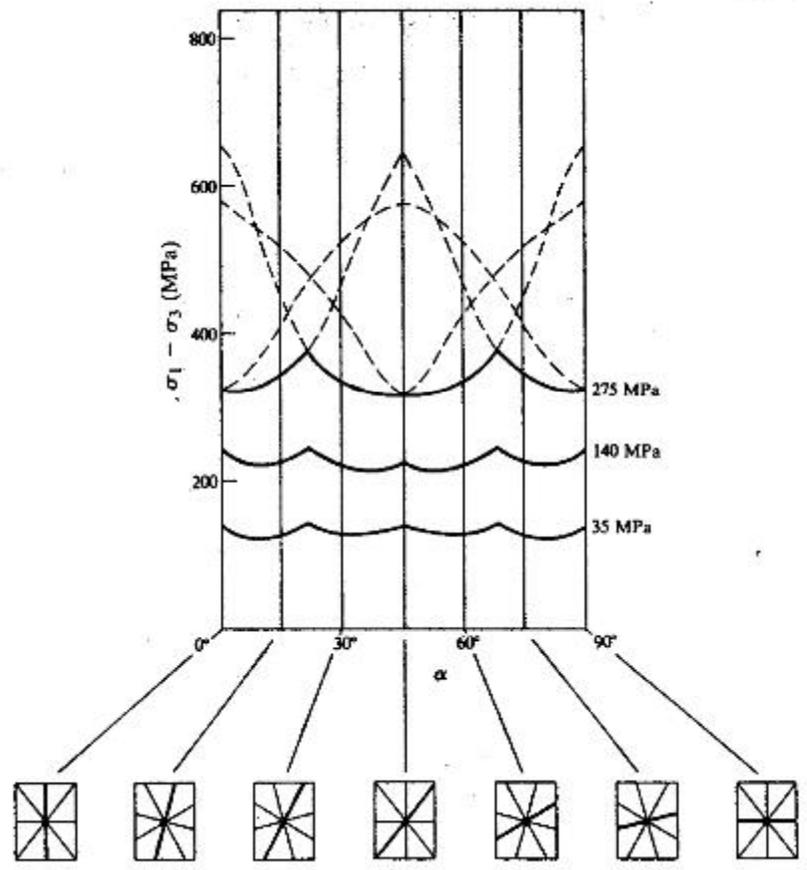
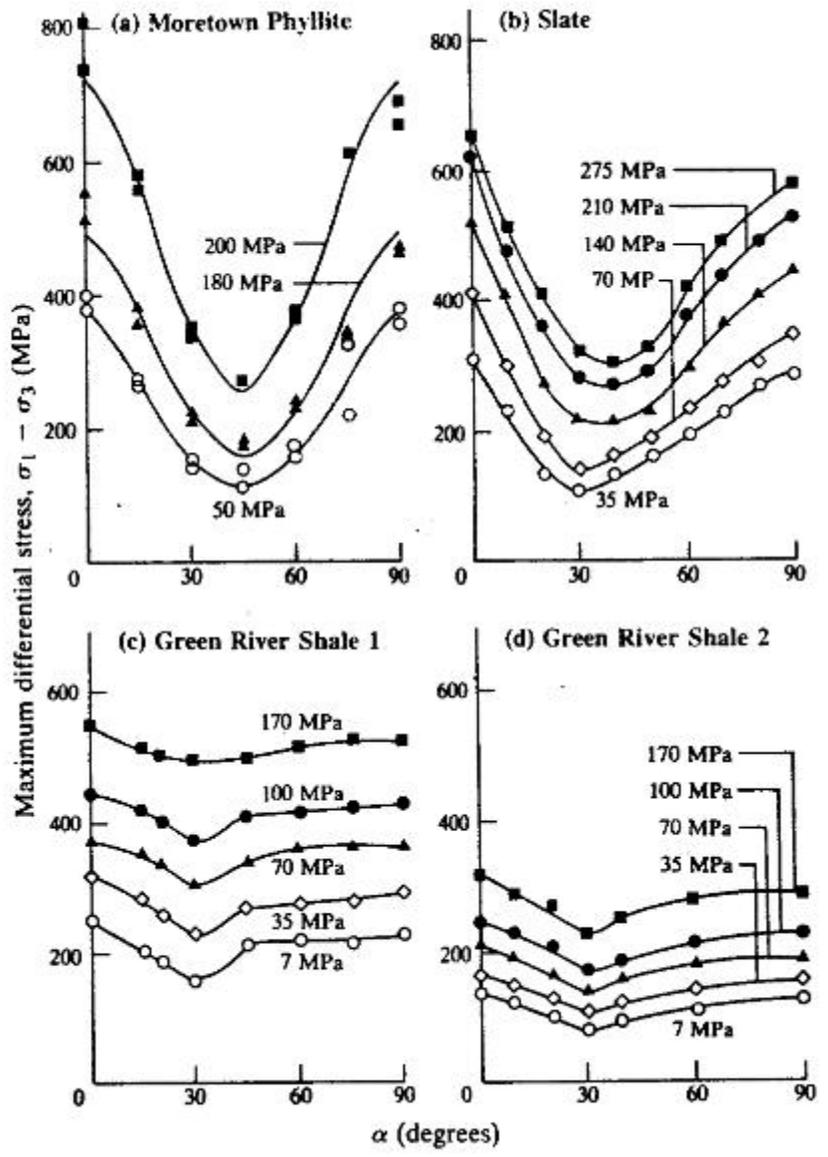
$$= \frac{c_m \cos \phi_j + \sigma_3 \sin(\alpha + \phi_j) \cos \alpha}{\cos(\alpha + \phi_j) \sin \alpha} \left(\begin{array}{l} \because \sin A + \sin B = 2 \sin \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2} \\ \sin A - \sin B = 2 \cos \frac{A+B}{2} \sin \frac{A-B}{2} \end{array} \right)$$

5.3 불연속면이 암반의 강도에 미치는 영향

$$\sigma_1 = \frac{c_m \cos \phi_j + \sigma_3 \sin(\alpha + \phi_j) \cos \alpha}{\cos(\alpha + \phi_j) \sin \alpha}$$

> $\alpha \rightarrow 0$ 또는 $\alpha + \phi_j \rightarrow 90^\circ$ 일 때에는 $\sigma_1 \rightarrow \infty$ 이므로 불연속면이 아닌 무결암에서 파괴가 발생함을 알 수 있다.





5.4 지반조사

- 지반조사

지표지질조사, 시추조사, 시추공을 이용한 조사 및 시험, 물리탐사, 토질 및 암반시험

- 시추공조사

> 목적: 지표지질조사에 의한 지질학적 해석내용을 확인하고 기타 암질 평가를 위해 필요한 조사를 수행

> 시추주상도 기록내용: 사업명, 공번, 조사일자, 시추공위치, 시추목적, 해발고도, 심도, 시추방법, 시추자, 지하수위, 조사자, 시추공크기 등

> 암석코어(암심) 용도: 암심회수율(total core recovery), RQD, 풍화 및 변질 정도, 불연속면 상태, 역학적(물성) 시험

터널부 시추주상도

SHEET 2 OF 3

PROJECT	준철 건설공사	HOLE NO.	TB-14	DATE	2000.6.28-6.30
LOCATION	STA. 24K+432.2 (좌 8.7m)	PURPOSE	지반조사	ELEVATION	EL(+)-166.930m

DEPTH	29.1m	METHOD OF BORING	회전수세식	GEOLOGIST	CHOI.Y.C	ELEVATION OF GROUND WATER	GL-18.24m
DEPTH OF CASING	3.0m	DRILLING MACHINE	OP-300	INSPECTOR	CHOI.S.Y	HOLE DIA	NX

SOIL/ROCK TYPE	GRAP-HIC LOG	ELEVATION (m)	DEPTH (m)	SAMPLE TYPE <small>8.0(N)/1.0m 20% CORE RECOVERY</small>	DESCRIPTION OF SOIL/ROCK MATERIAL	ROCK QUALITY PARAMETERS				BIPS IMAGE STRIKE/DIP					SOIL/ROCK TESTING REMARK
						RQD	D	S	F	N	E	S	W	N	
	+			60/20	화강 편마암의 경암 담회색, 유백색, 약간균열-보통균열 시선-약간풍화, 강화-보통강화 ■ 9.3~13.2m : Joint Roughness : 4~5 RMR : 82 Q : 28.340 ·9.7m : 절리경사각(20도) ·10.1m : 절리경사각(30도) ·10.3~13.2m : 절리경사각(30~40도, 간격-[20.0~25.0cm])										
	+		11												
	+		12	60/2		63	2-3	2-3	2-3						
	+		13		·12.8~13.2m : 절리경사각(20도, 간격-[5~10cm])										
	+		14		■ 13.2~16.4m : Joint Roughness : 5~7 RMR : 75, Q : 17.505 ·13.3~13.5m : 절리경사각(80도) ·13.6m : 절리경사각(수평) ·13.7m : 절리경사각(20도) ·14.2~15.5m : 절리경사각(30도, 간격-[7.0~10.0cm])										
경 암	+		15	(38)		71	2-3	2-3	3						
	+		16		·15.5~15.6m : 절리파쇄대 ·15.6m : 절리경사각(60도, 2조발달) ·15.9m : 절리경사각(40도)										
	+		17		■ 16.4~19.3m : Joint Roughness : 3~4 RMR : 76, Q : 31.353 ·17.2m : 절리경사각(30도) ·17.5m : 절리경사각(10도)										
	+		18	(100)	·17.8m : 절리경사각(30도) ·18.0~18.4m : 절리경사각(40도, 간격-[3.0~5.0cm])	96	2	2	2-3						
	+		19		·18.7m : 절리경사각(30도) ·18.8m : 절리경사각(10도)										
	+		20		■ 19.3~22.1m : Joint Roughness : 2~4 RMR : 75, Q : 14.028										

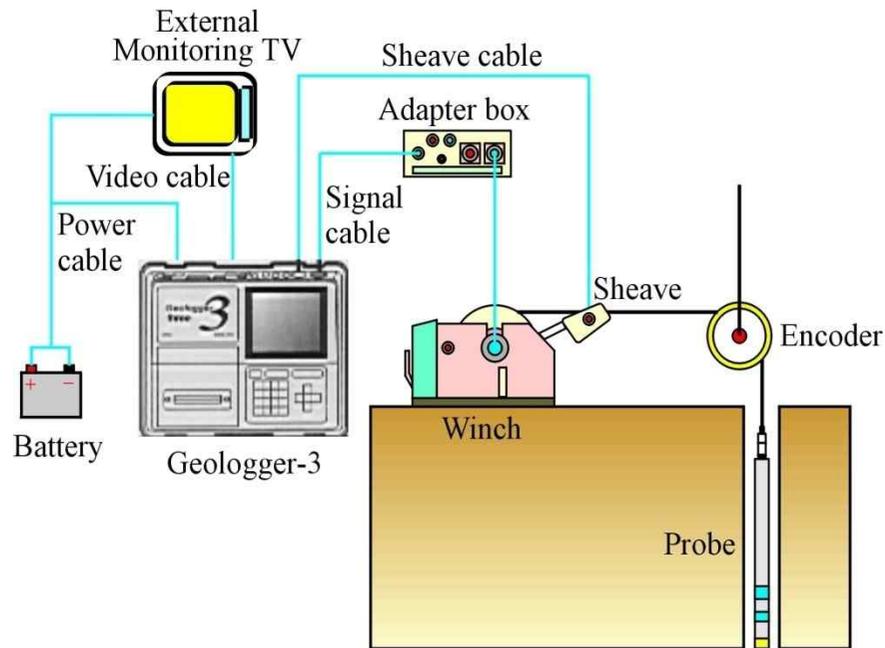
5.4 지반조사

> 시추공조사 용도: 암석시편획득을 제외한 시추코어조사내용과 검층, 불연속면 방향정보, 절리틈새 및 충전물 상태 등의 파악.

조사 방법	탐사 방법	측정 대상	조사목적
전기검층	-전기비저항 검층 -자연전위 검층	전기비저항 자연전위 등	지하수 특성 파악 수맥 및 파쇄대 조사
방사능검층	-자연감마 검층 -밀도검층	감마량 측정	지반의 밀도 측정
음파검층	-Sonic logging -Suspension PS logging	P, S 파 도달 시간	지질구조 파악 지반의 동적 및 정적 특성 파악
시추공 영상촬영법	-Televiewer(BHTV) -BIPS -시추공 카메라	초음파 도달 시간 혹은 진폭, 시추 공벽 영상	불연속면 자료의 획득

5.4 지반조사

- > 보어홀 텔레뷰어 (borehole televiewer): 시추공내 지하수를 통과한후 반사되는 초음파의 주시와 진폭을 이용, 시추공벽의 강도추정, 공경변화 탐지.
- > BIPS(borehole image processing system): 빛을 통해 관찰된 영상을 디지털카메라로 촬영, 기록, 지하수를 필요로 하지 않으며 시추공벽 암반의 색상 변화를 통해 층상구조, 암맥, 불연속면 충전물질 등에 대한 정보획득 가능.



5.4 지반조사

- 물리탐사

탐사위치	분류	대표적 탐사방법	측정대상	주 사용 탐사법
지표탐사	탄성파탐사	-굴절법 탄성파탐사 -반사법 탄성파탐사 -TSP(HSP)	탄성파 도달시간 및 파형	굴절법 탄성파
	전기탐사	-수평탐사(Profiling) -수직탐사(Sounding)	전기비저항	쌍극자배열
	전자탐사	-주파수영역 탐사 -시간영역 탐사	유도전류의 위상 및 진폭	Image EM 탐사
	GPR 탐사	-반사법 GPR 탐사	반사 레이다파	저주파수 안테나
시추공탐사	단일 시추공 탐사	-down hole 탐사(PS 검 측) -레이다 반사법탐사	탄성파 도달시간 반사 레이다파	Downhole Te st
	시추공간 속도측정	-Crosshole 탐사	탄성파 도달시간	탄성파 Crosshole
	시추공간 토모그래피	-탄성파 토모그래피 -비저항 토모그래피 -레이다 토모그래피	탄성파 도달시간 전기비저항 직접 레이다파	탄성파 Tomography

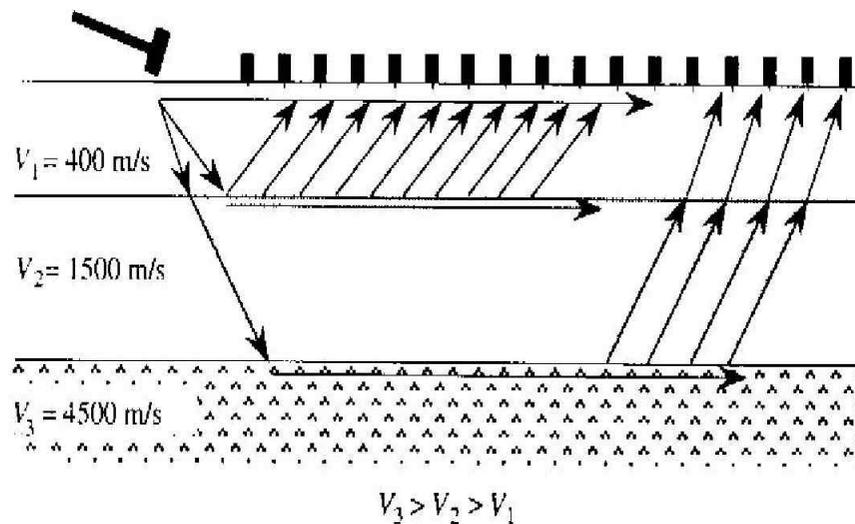
5.4 지반조사

> 지표탐사

가) 굴절법 탄성과 탐사

하부층의 탄성과 속도가 더 클 경우 상부층 표면을 통한 직접파와 상하부 경계층을 거친 굴절파가 동시에 도달하는 지점(임계거리)이 존재함을 이용하여 상부층 두께를 계산

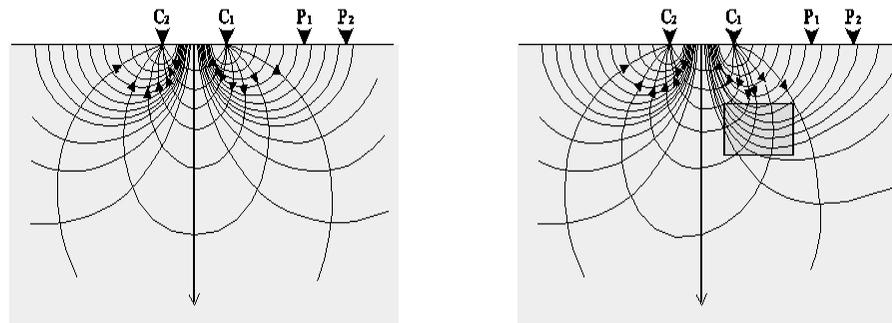
$$h = \frac{1}{2} x_{cr} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$



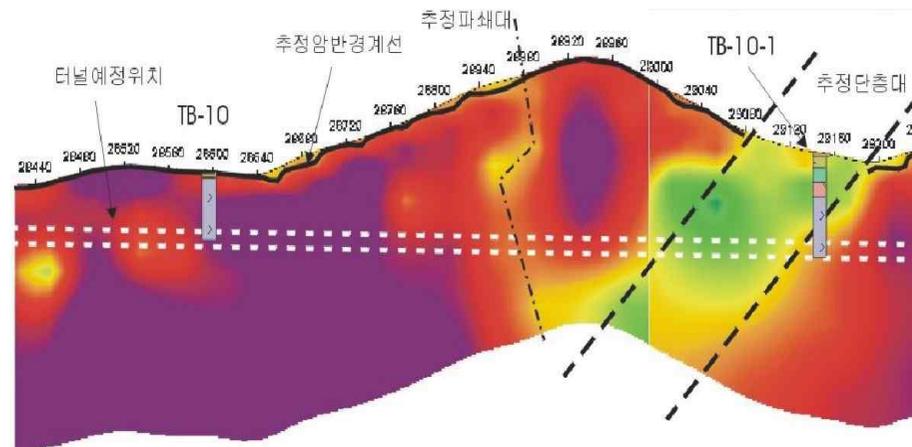
5.4 지반조사

나) 전기 비저항 탐사

지하에 직류전류를 흘려보내고 지하매질의 전기전도도의 차이에 의해 발생하는 전위를 측정함. 암석의 전기비저항($\rho = RA/L$)은 주로 암석의 공극유체의 염도에 의해 결정됨.



전류 및 등전위선 분포도

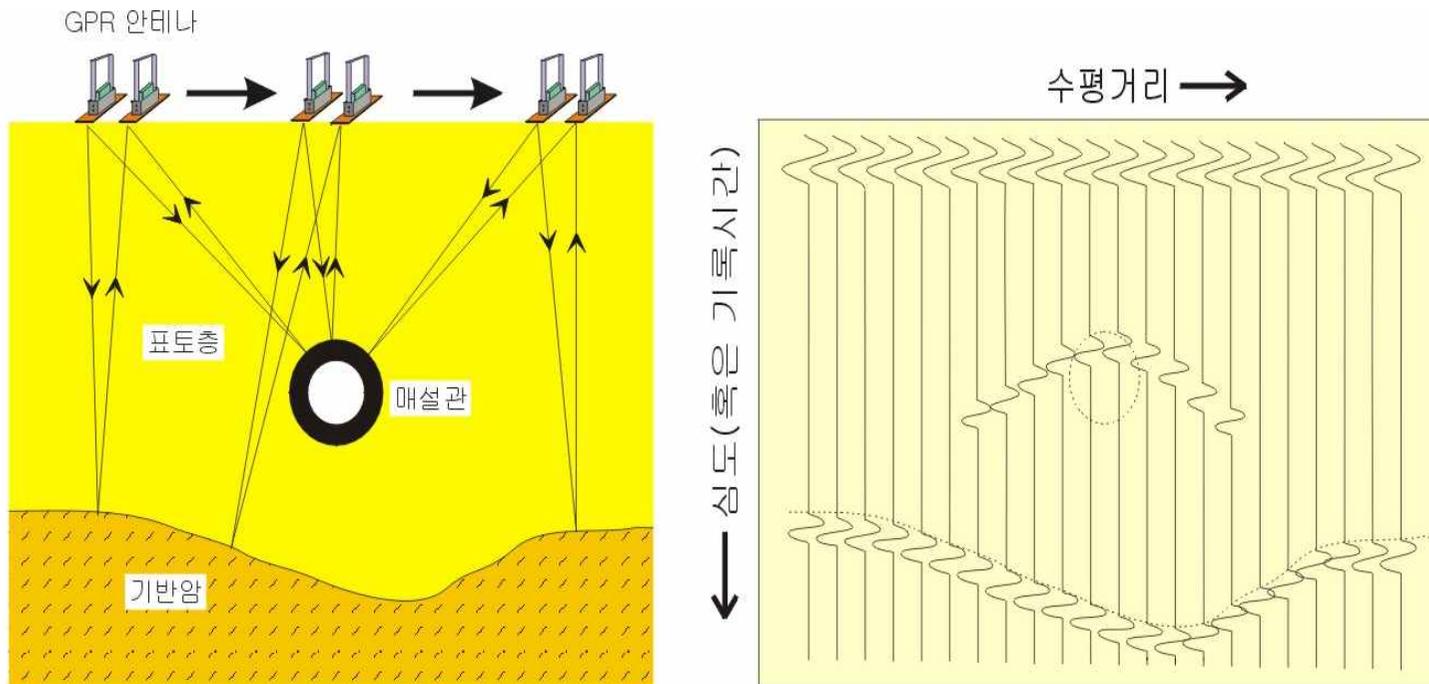


2차원 전기비저항탐사

5.4 지반조사

다) GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사

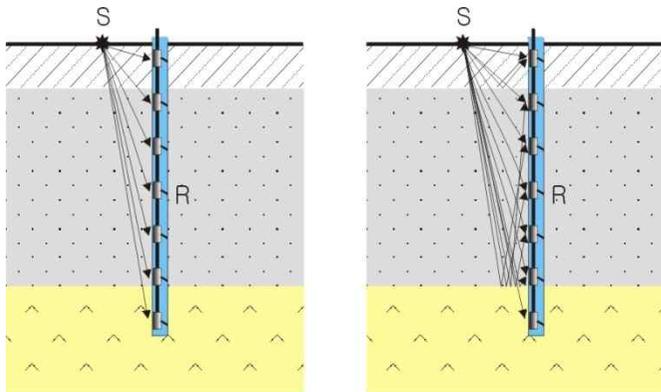
지하에 고주파대역(10 MHz ~ 2 GHz) 전자기파 펄스를 방사한 후 지층경계면, 공동, 매설관 등에서의 반사 또는 회절된 파를 기록, 분석한다. 탐사작업이 간편하고 자료처리 및 해석이 비교적 신속하다.



5.4 지반조사

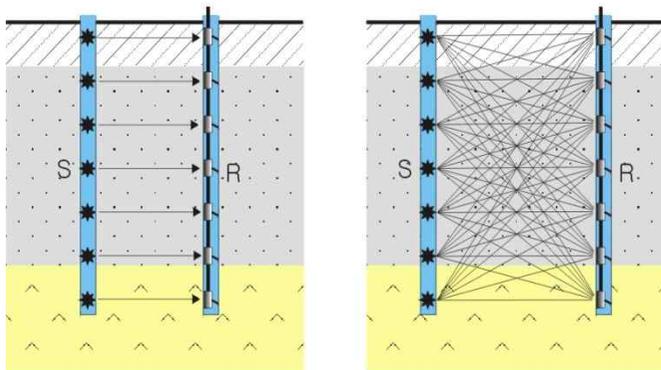
> 시추공탐사

하향탄성파탐사 → 수직탄성파탐사, 시추공간 속도측정 → Tomography



(a)Downhole

(b)VSP



(c)Crosshole

(d)Tomography

	Downhole	VSP	Crosshole	Geotomography
탐사목적	-탄성파속도 측정 -층서구분 -탄성계수 산출	-층서구분 -시추공 하부 지층구조 예측	-탄성파속도 측정 -층서구분	-지층구조 단면 산출 -연약대 파악 -층서구분
송, 수신기 위치	발생원-지표 수신기-시추공내	발생원-지표 수신기-시추공내	발생원-시추공 내 수신기-시추공 내	발생원-시추공내 수신기-시추공내
측정	심도별 P파 및 S 파 초동도달시간	직접파, 반사파 등 전파형 기록	심도별 초동 도 달시간	초동의 도달시간이 나 진폭
자료처리	주시곡선으로부터 터 구간속도 산출	지표 탄성파탐사 자료처리 적용	시추공간 거리 도달시간	역산(inversion)
비고	역전층, 두꺼운 표토층 존재시 불 리	코아 회수하지않 는 대구경, 대심도 시추공 적용	비교적 수평적 지층구조에 적 용	가장 정확하나 시간, 비용이 많이 듦

5.5 현지암반시험

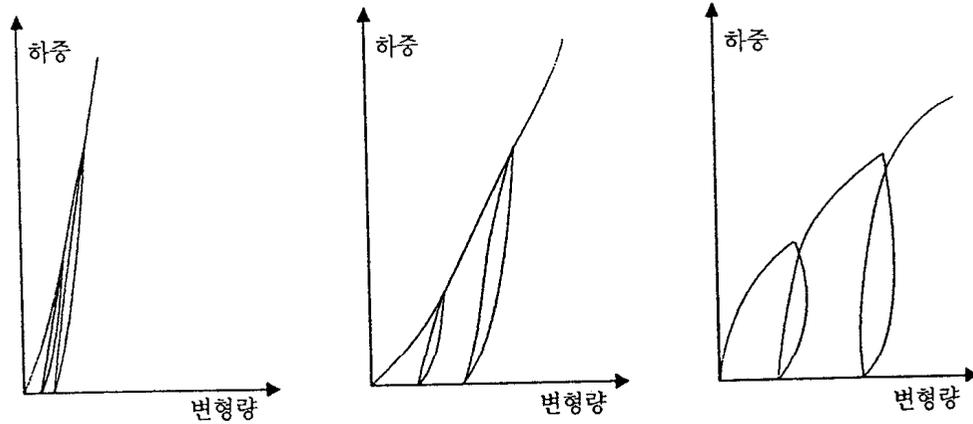
현지암반의 물성을 구하는 방법으로는 암반분류결과를 이용하는 것(간접)과 현지암반시험을 이용하는 것(직접)이 있다.

- 시험종류 및 방법

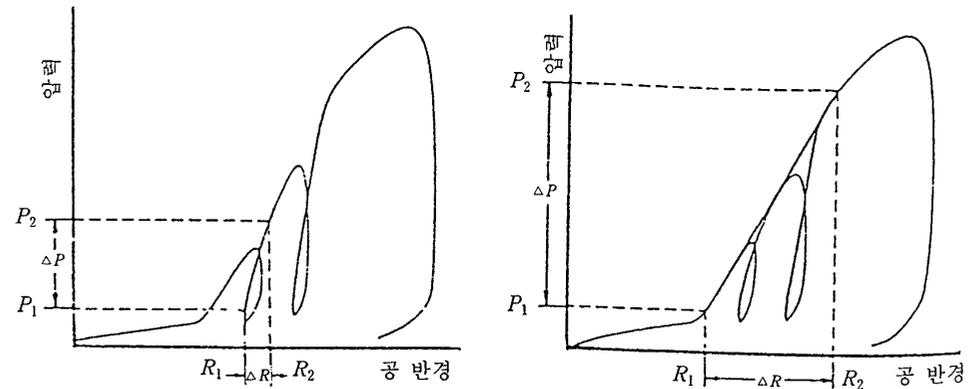
구분	시험 방법		표준시험규정	
			ISRM	ASTM
변형성 시험 deformability	공내재하시험 (borehole test)	dilatometer	○	D4971-89
		borehole jack		
		penetrometer		
	평판재하시험 (plate bearing test)	hydraulic jack	○	D4394-84
		flat jack		D4395-84
		cable jack		D4729-87
압력터널시험 (pressure tunnel test)	hydraulic chamber	○	D4506-90	
	radial jack			
강도 시험 strength	압축시험 (compression test)	uniaxial	○	D4555-90
		triaxial		
	전단시험 (shear test)	inclined	○	D4554-90
		parallel		

5.5 현지암반시험

- 암반변형성 시험



(a) 경암, 타이트한 틸새 (b) 많거나 넓은 틸새 (c) 연암



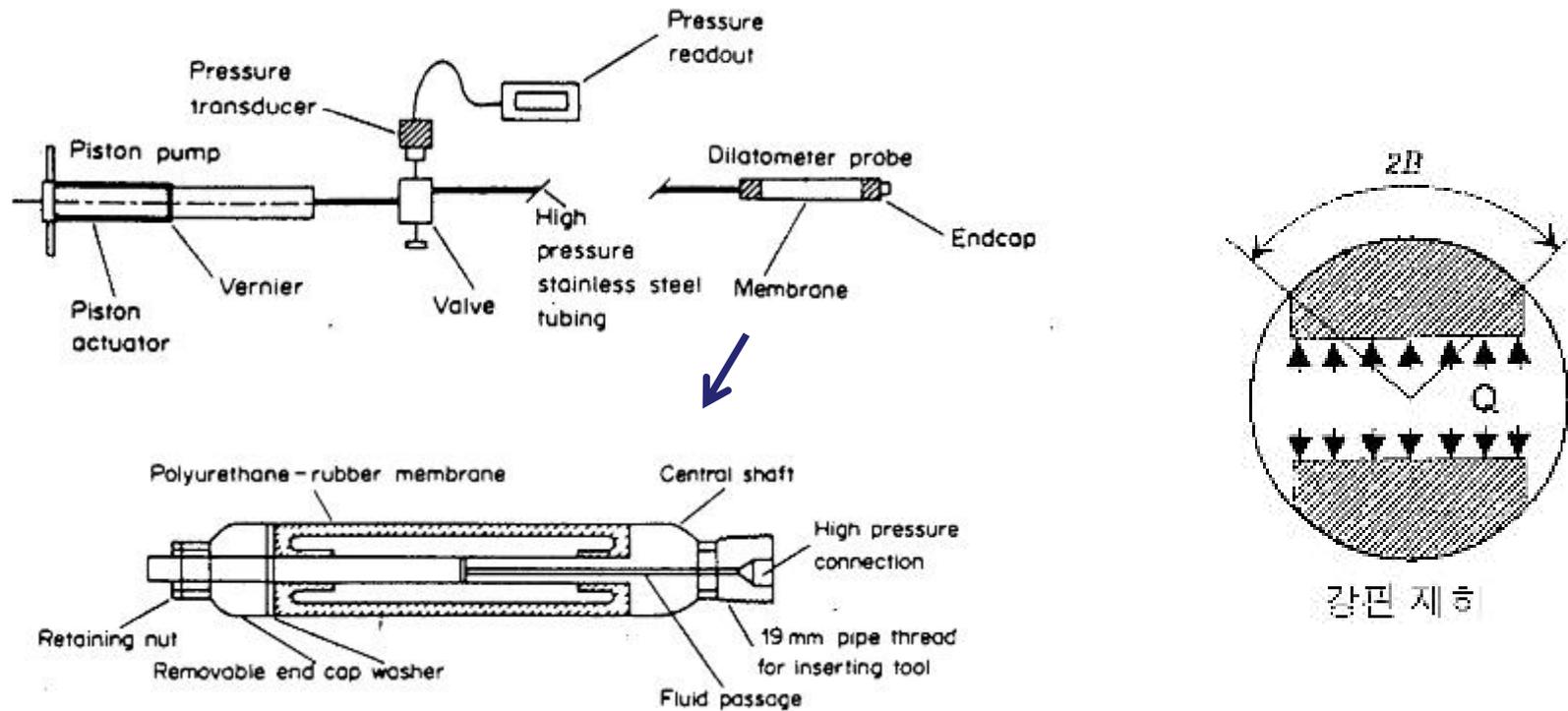
(a) (b)
영구변형 포함여부에 따른 탄성계수와 변형계수

5.5 현지암반시험

1) 공내재하시험(borehole test)

가) Dilatometer: 팽창성 고무튜브로 공벽을 가압할때 가압하중과 체적팽창을 통하여 변형계수 측정

나) Borehole jack: 공벽의 일부를 가압하여 변형계수 측정. 기본원리는 dilatometer와 동일.



5.5 현지암반시험

2) 평판재하시험(plate loading test)

가) 갱내 1축재하시험: 직경 1m의 원형강판을 flat jack으로 가압, 4개의 축을 통해

반력지지.
$$E = \frac{2(1-\nu^2)qa}{d}$$

나) 시추공 평판재하시험: 직경 0.5m 이상의 시추공 이용, 다수의 tension pile을 통해

반력지지.

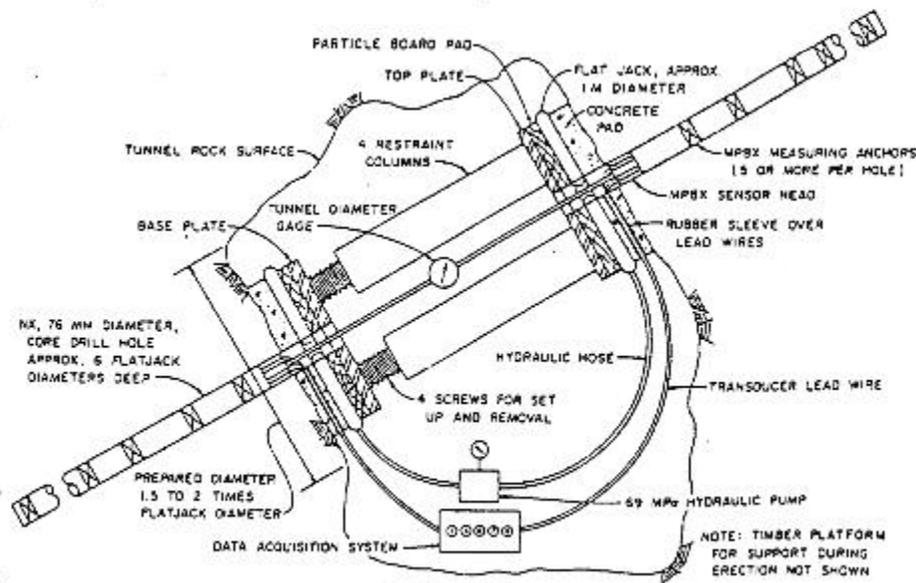
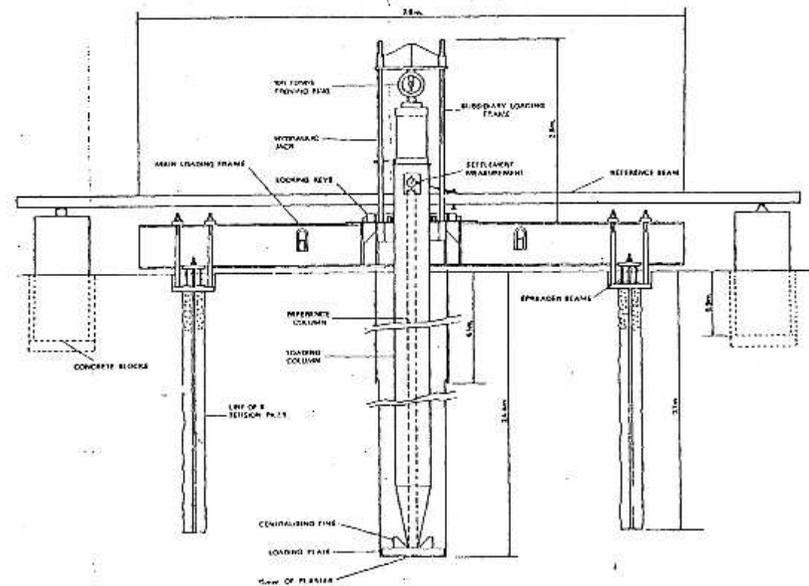


Fig. 1. Uniaxial jacking test.

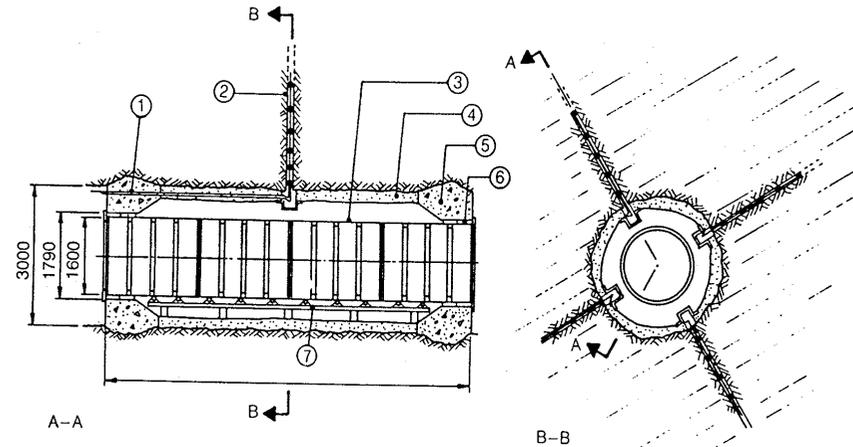
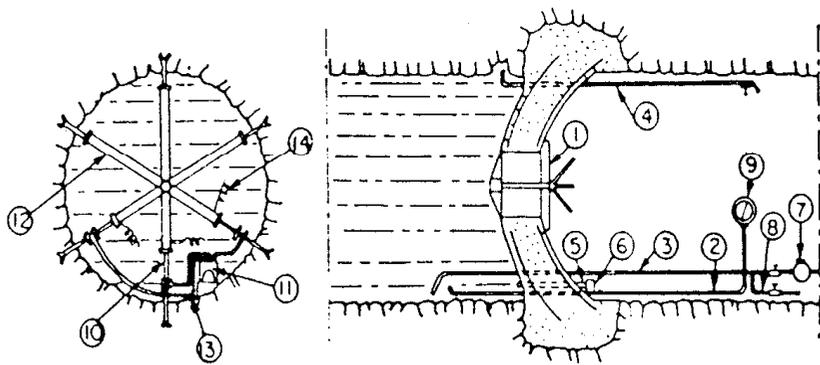


5.5 현지암반시험

3) 압력터널시험 (pressure tunnel test)

가) 유압챔버 (hydraulic pressure chamber) 시험: 터널의 일정구간을 밀폐한후 수압을 가함.

나) 방사상잭 (radial jack) 시험: 유압잭으로 터널 벽면 전체를 방사상으로 가압.



5.5 현지암반시험

- 암반강도시험

1) 압축시험

절리간격을 고려하여 시험대상 암반블록의 크기를 결정한 후 단축 또는 3축 시험을 수행한다.

2) 전단시험

직접전단 혹은 비틀림전단시험을 수행한다. 직접전단시험의 경우 유압잭으로 수직 및 전단 응력을 가한다. 수직하중은 암반내 불연속면과 수직이 되도록 하며 5단계 이상으로 변화시켜 가며 시험을 실시한다.

