

지구물리공학

자원탐사와 환경공학 응용

What is Geophysics?

- ✿ In the broadest sense:
 - ◆ The science of Geophysics is the application of physics to investigations of the Earth, Moon and Planets.

- ✿ In the normal sense:
 - ◆ Geophysics is used in a more restricted way, being applied solely to the Earth

 - It includes meteorology, hydrology, oceanography, seismology, volcanology, geomagnetism, geodesy, tectonophysics, geothermometry, etc.

Solid Earth Geophysics

- * use physics to study the interior of the Earth, from land surface to the inner core

Global Geophysics or
Pure Geophysics

The study of the
whole or substantial
parts of the planets

Applied Geophysics

Is concerned with
investigating the
Earth's crust and
near-surface

응용지구물리 (물리탐사)

- * Covers everything from experiments to determine the thickness of the crust to studies of shallow structures for engineering site investigations,

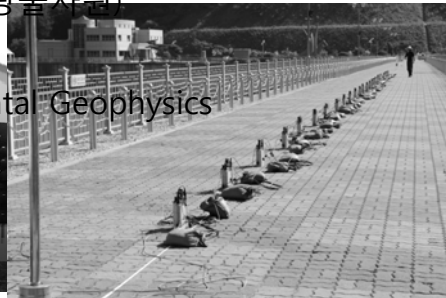
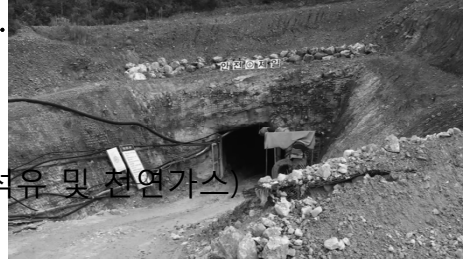
exploring for ground water and for minerals and other economic resources,

to locate narrow mine shafts or other forms of buried cavities, or the mapping of archaeological remains, or locating buried pipes and cables

물리탐사

✿ Classification

- Petroleum Geophysics (석유 및 천연가스)
- Mining Geophysics (유용광물자원)
- Engineering / Environmental Geophysics (토목지반조사 및 환경)



물리탐사

✿ Definition

Based on the principles of physics and geology, one investigates subsurface geological structures that are bearing mineral resources such as oil, gas, methane gas hydrate, and that are important in environment and engineering.

물리탐사

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ☼ Passive methods <ul style="list-style-type: none"> ◆ Source is natural fields ◆ detect variations within the natural fields associated with the Earth, such as gravitational and magnetic fields | <ul style="list-style-type: none"> ☼ Active methods <ul style="list-style-type: none"> ◆ generate signals artificially ◆ exploration seismology ◆ Electromagnetic method ◆ Electric resistivity method |
|---|--|

물리탐사

-
- ☼ 중력탐사(Gravity method)
 - ☼ 자력탐사(Magnetic method)
 - ☼ 탄성파탐사(Seismic method)
 - 굴절법 (refraction), 반사법(reflection), 표면파법(SASW)
 - ☼ 전기탐사(Electric method)
 - 전기비저항탐사 (DC resistivity method), 자연전위탐사 (Spontaneous potential), 유도분극탐사(Induced Polarization)
 - ☼ 전자탐사(Electromagnetic method)
 - Electromagnetic (EM), VLF, Ground penetrating radar, Magneto-telluric)

물리탐사

Geophysical methods	Physical Properties	Measurement	Applications
중력탐사	밀도	중력가속도의 변화	지질구조, 자원탐사
자력탐사	대자율	정적 자기장의 변화	자원탐사, 문화재
탄성파탐사	탄성계수, 밀도, 속도	탄성파도달시간과 진폭	석유/가스, 지반조사
전기비저항탐사	전기전도도	겉보기 전기비저항의 변화	광물자원, 지하수, 지반 조사, 매립지
자연전위탐사	산화전위, 이온 농도 및 유동	전기 화학적, 전기역학적 전위 변화	지하수, 광물자원
유도분극탐사	암석구성입자의 전기화학적 특성	분극전위의 변화	환경오염, 광물자원

물리탐사

Geophysical methods	Physical Properties	Measurement	Applications
레이다탐사	유전율, 전기전도도	레이다파의 도달시간, 진폭	환경오염, 지반조사, 문화재
전자탐사	전기전도도, 투자율	2차자기장의 강도 및 위상변화	광물자원, 환경오염
방사능탐사	방사능 원소의 함량	방사선세기	우라늄광, 환경오염

탐사수행 위치에 따른 분류

- ✿ 지표 물리탐사 (Surface Geophysics)
- ✿ 항공 물리탐사 (Airborne Geophysics)
- ✿ 시추공이용 물리탐사
(Borehole Geophysics, Well Logging)
- ✿ 해상물리탐사 (Marine Geophysics)

물리탐사수행 과정

- ✿ 지역선정: 지질학적 조사
- ✿ 측선 및 측점 설정: 측선의 방향 및 측점 간격 등 설정
- ✿ 탐사수행
- ✿ 자료처리: 물성에 의한 효과 이외의 다른 영향 제거
- ✿ 자료해석: 수치해석 기법 이용: 모델링 및 역산

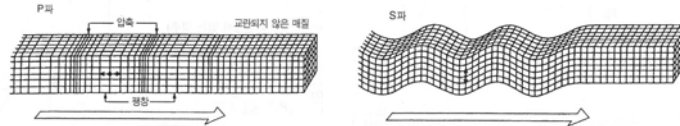
물리탐사의 한계점 및 개선방안

- ※ 유일한 해(unique solution)를 얻기 어려움
- ※ 해결책: 여러 탐사를 복합적으로 적용하고, 지질학적 정보와 연관시켜 해석함
- ※ 적은 비용으로 지하 심부 구조를 비교적 정확히 알아낼 수 있는 유일한 방법임

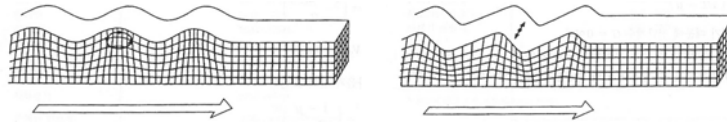
탄성파 탐사(Seismic method)

탄성파의 종류

- ☼ 실체파 (Body waves): 지구내부를 전파
P파: 종파, 음파, 소밀파, 압축파
S파 (SH and SV waves): 횡파, 전단파



- ☼ 표면파 (Surface waves): 표면이나 경계면을 따라 전파
레일리파 (Rayleigh waves): P파와 SV파의 coupling
러브파 (Love waves): SH파의 변형

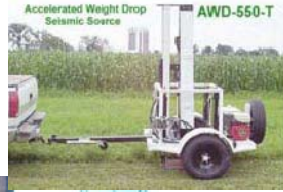


탄성파동방정식

- ☼ 음파 파동방정식 (acoustic wave equation)
P파
- ☼ 탄성파동방정식 (Elastic wave equations)
P파 - SV파, 레일리파, 모드변환파 등
- ☼ SH wave equation - 독립적임

육상 송신원

다이너마이트(Dynamite)
바이브로사이스(Vibroseis)
Weight drop-Thumper



육상 수신기

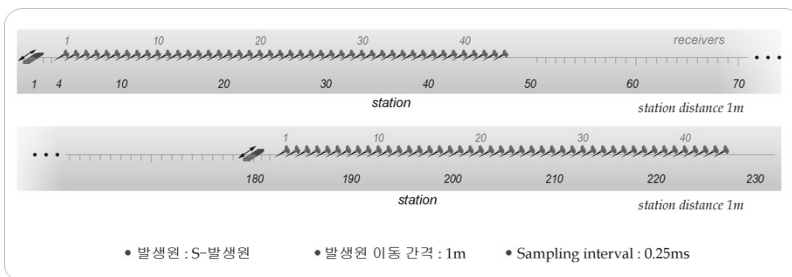
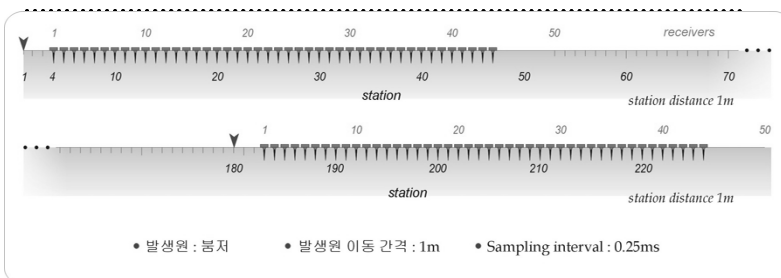
Geophone
- vertical
- 3-component
- group



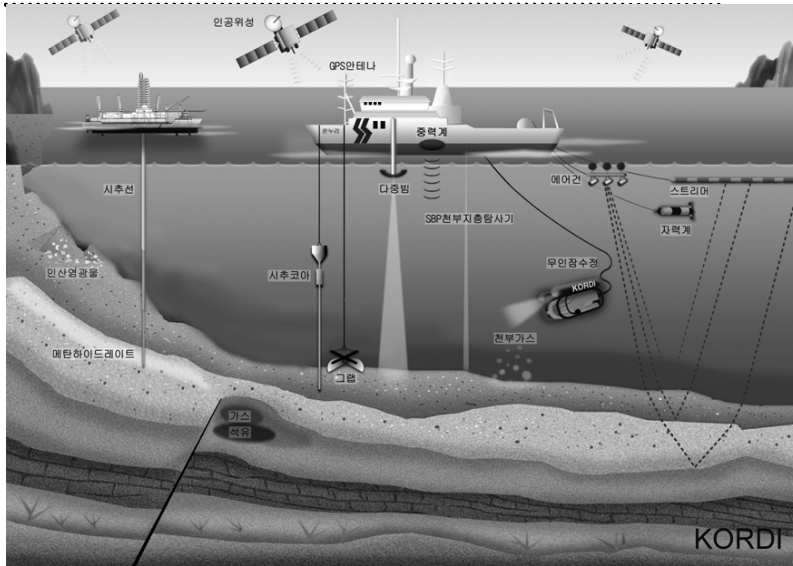
육상 탄성파탐사



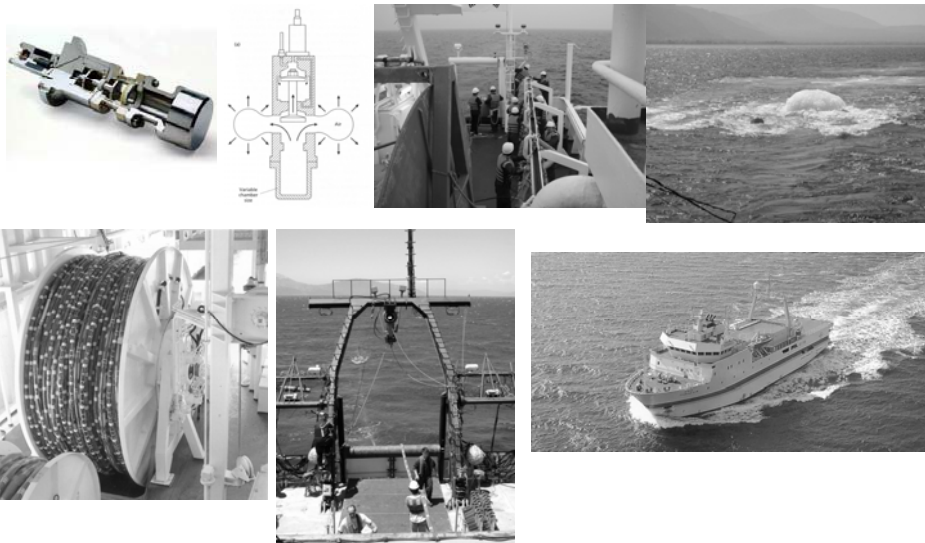
육상 탄성파탐사



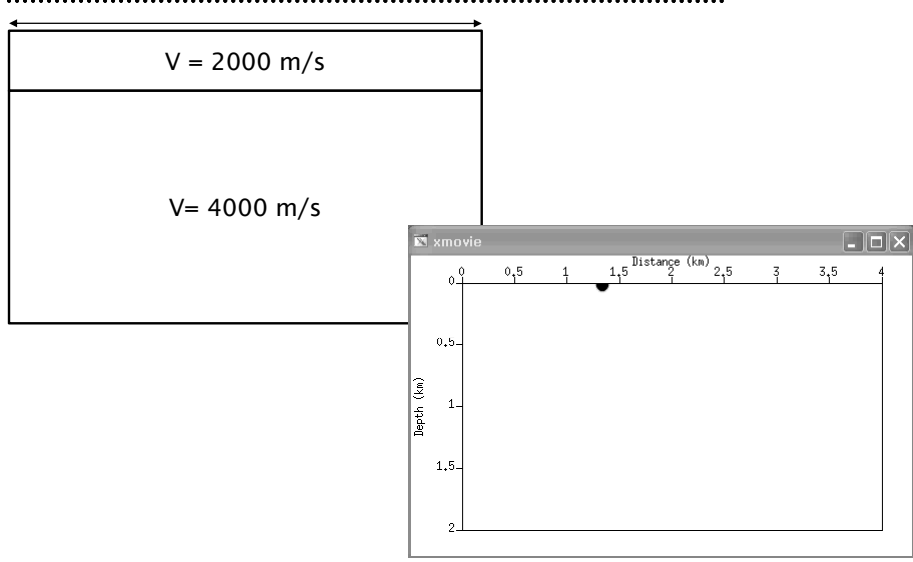
해양탄성파탐사



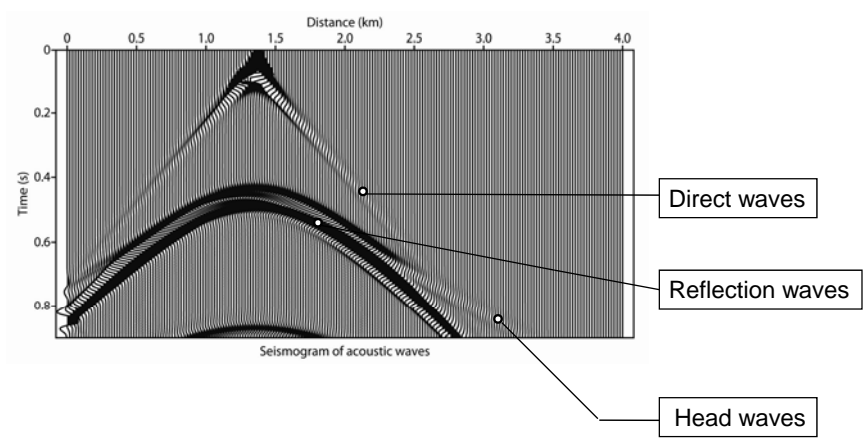
해상 송신원 및 수신기



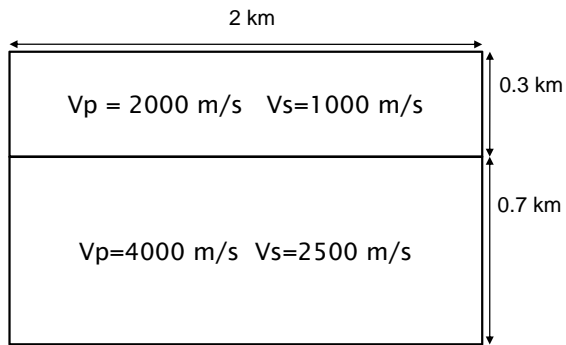
탄성과 탐사 전파 양상



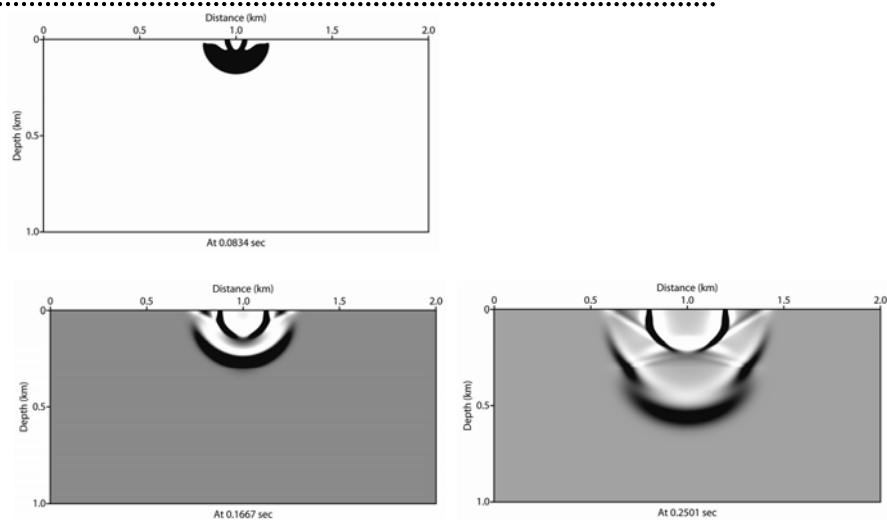
탄성과 탐사 단면도



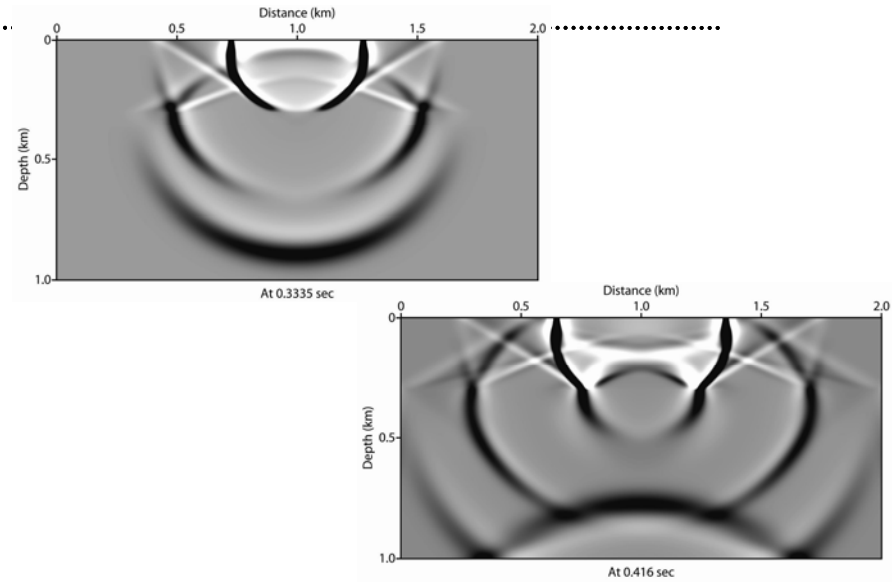
탄성파 전파 양상 (탄성파)



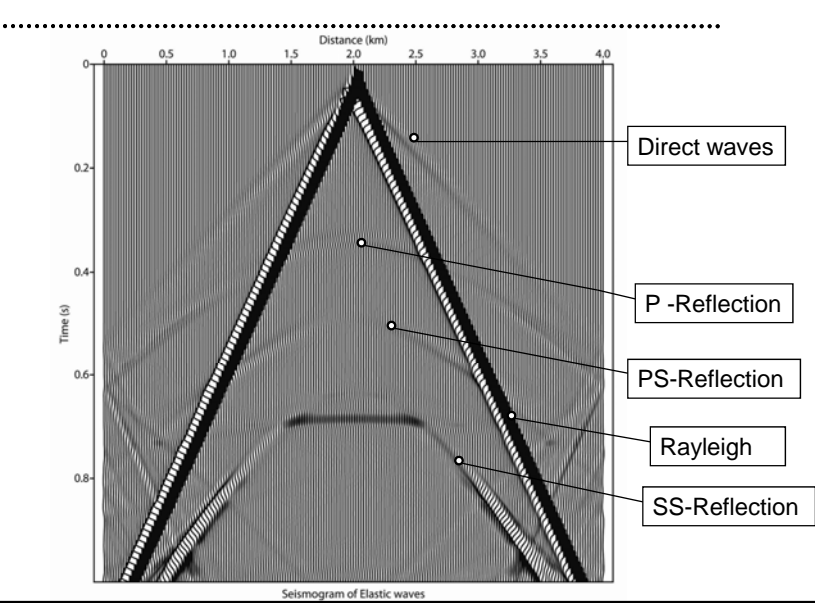
탄성파 전파 양상 (탄성파)



탄성파 전파 양상 (탄성파)



탄성파 전파 양상 (탄성파)

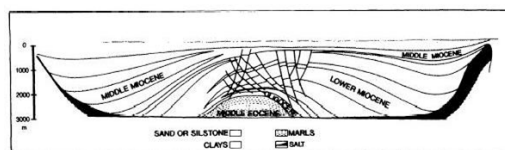
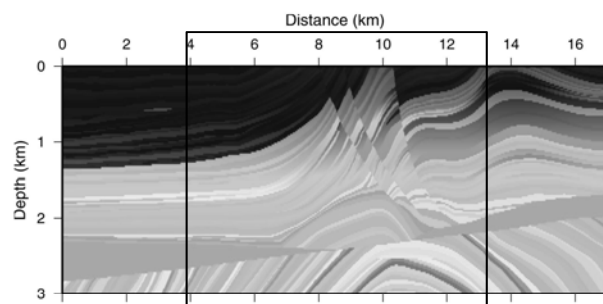


탄성과 탐사의 적용분야

- ※ 석유, 가스 등의 탄화수소 자원 탐사
 - * 배사구조, AVO (Amplitude Variation with Offset)현상
- ※ 메탄 가스하이드레이트 탐사 (동해 울릉분지)
 - * BSR (Bottom Simulated Reflectors)
- ※ Coal seam 탐사
- ※ 지반조사 및 구조물의 안정성 평가
 - * Engineering site 선정 (굴절법)
 - * 댐의 안정성 평가 (SH파 반사법, 표면파탐사)

석유탐사

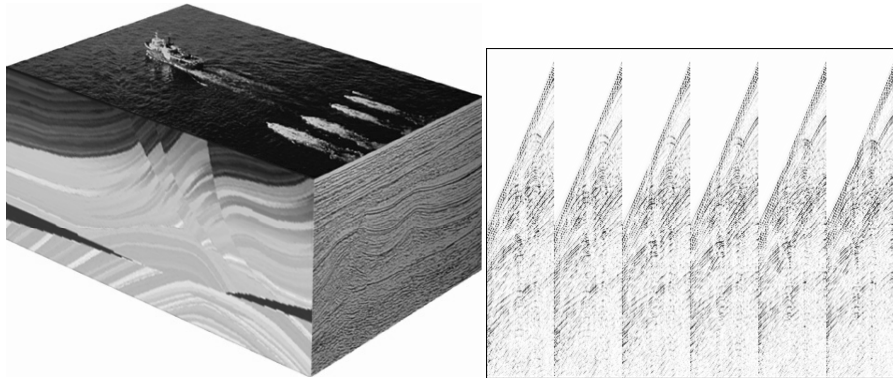
Marmousi-2 model (*Martin et al., 2002*)



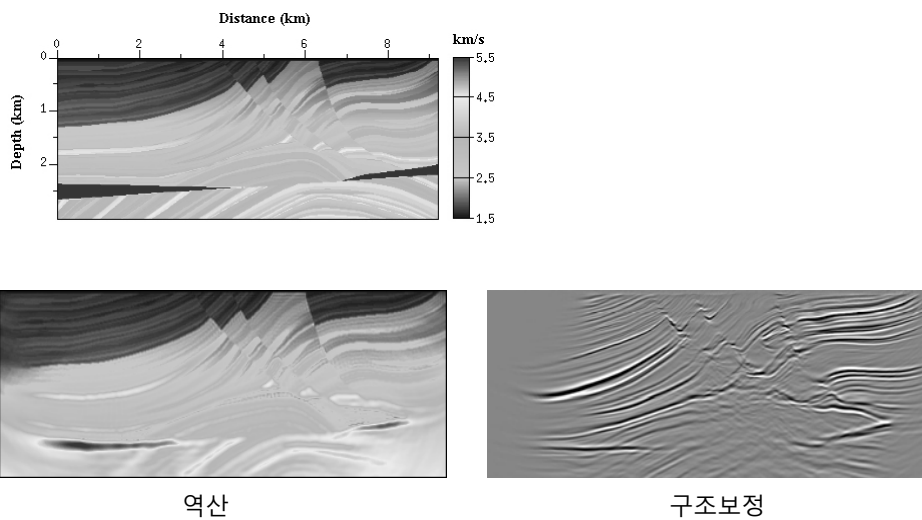
North Quenguela Trough in Angola

석유탐사

3D 탐사, OBC 이용

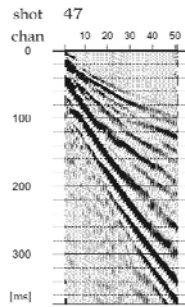


수치해석 단면



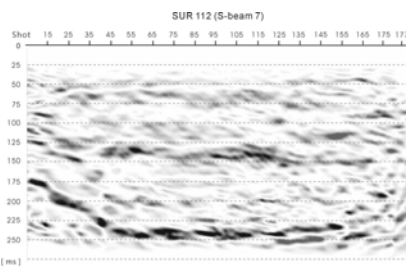
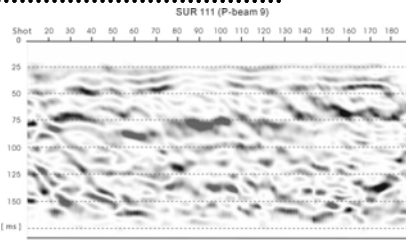
댐의 안정성 평가

Single

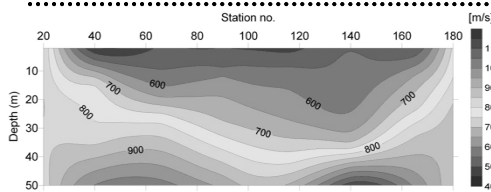


P파 중합단면도

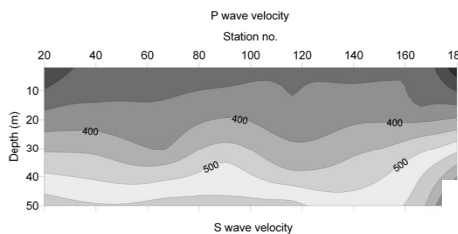
S파 중합단면도



댐의 안정성 평가

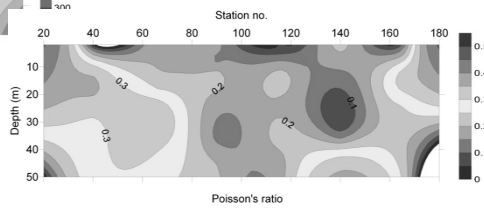


P파 속도



S파 속도

포아송의 비



전기 전자 탐사

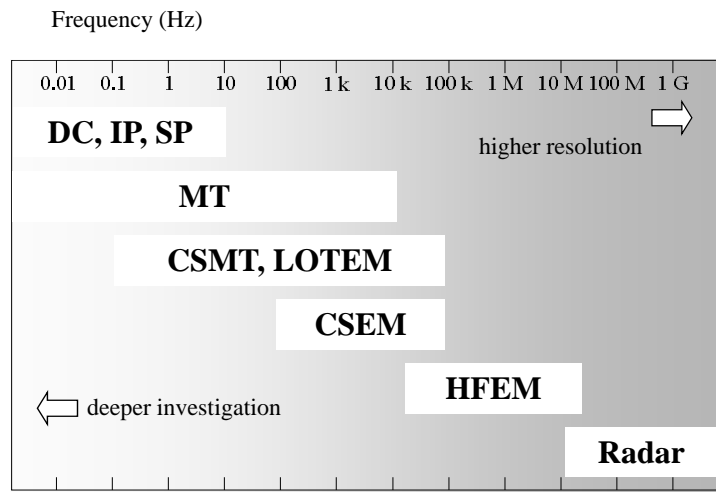
전기 전자탐사

- ✿ 물성: 전기비저항

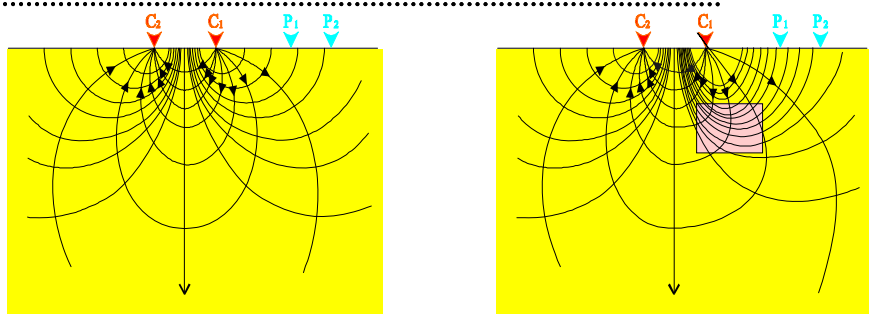
- ✿ 전기탐사: 전위차 측정
 - ✿ 전기비저항탐사: 땅속에 전류를 흘려보낸 후 전위차 측정
 - ✿ 자연전위탐사: 자연적으로 발생하는 전위차 측정
 - ✿ 유도분극탐사: 전류를 흘려보내다가 끊은 후에 전위차가 서서히 감소하는 패턴을 측정

- ✿ 전자탐사(Electromagnetic method)
 - ✿ 2차장 측정
 - ✿ EM탐사: 인위적인 송신원을 이용, 시간영역탐사, 주파수영역탐사
 - ✿ MT탐사: 자연적으로 존재하는 전자기장 이용. 지구자기장, 번개

전기 전자탐사의 주파수 대역



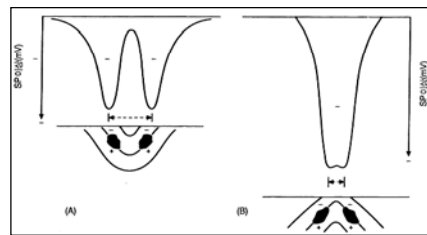
DC 전기비저항탐사



※ 금속광상탐사, 지하수탐사, 매립지 탐사

자연전위탐사

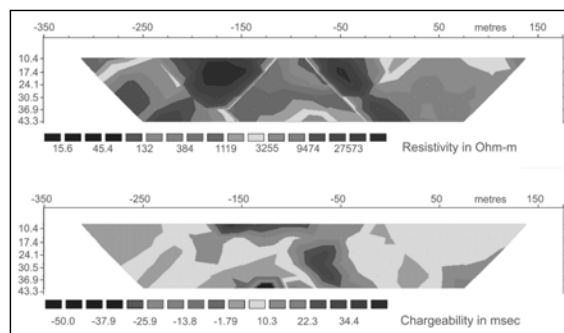
- ✿ 전기역학적전위 (물의 이동), 전기화학적 전위(농도 및 온도), 광화전위 (광물)
- ✿ 황화광물, 흑연, 자철광, 흑연, 석탄층에서 광화전위 발생; 항상 음의 전위값
- ✿ 지열탐사, 댐의 누수 등에 이용
- ✿ 주로 Secondary method로 이용됨



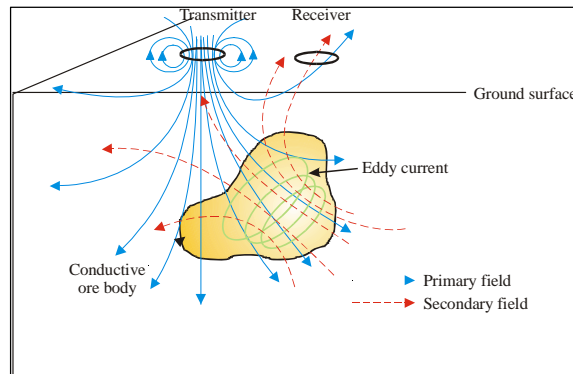
흑연광체

유도분극 탐사

- ✿ 금속광물의 분극현상을 측정
- ✿ Disseminated sulfide ore; 좋은 유도분극 반응을 보임
- ✿ Clay minerals; 중요한 유도분극반응 나타남

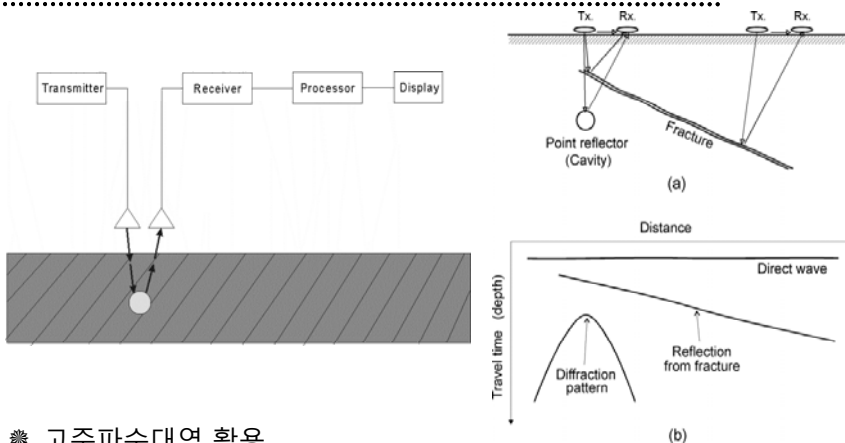


전자탐사



- ※ 이용되는 주파수대역에 따라 다르지만 비교적 심부에 대한 정보제공
- ※ 지열탐사 및 심부 광상탐사에 활용
- ※ 해양MT의 경우 최근 석유탐사에서 secondary method로 활용

레이더 탐사의 원리

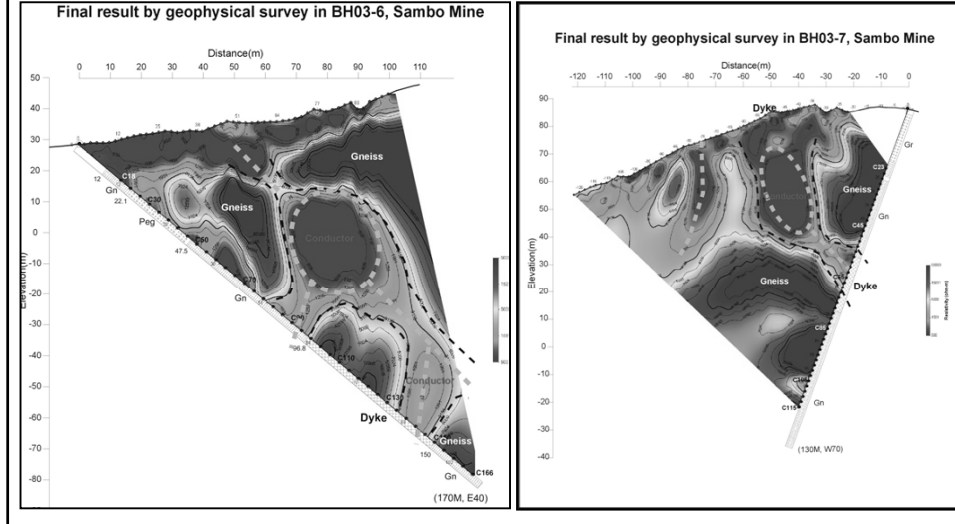


- ※ 고주파수대역 활용
- ※ 탄성파 탐사와 자료처리 과정 및 해석과정이 유사
- ※ 철근 구조물의 위치파악 등

전기비저항 토모그래피 탐사결과

금,은 광상

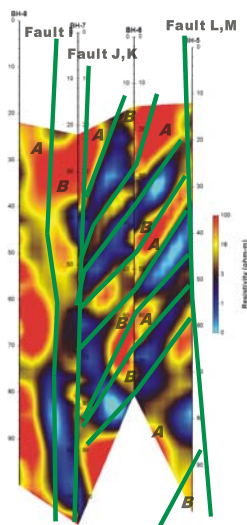
Input data : surface & hole-to-surface



지하 폐갱도 모델 구현

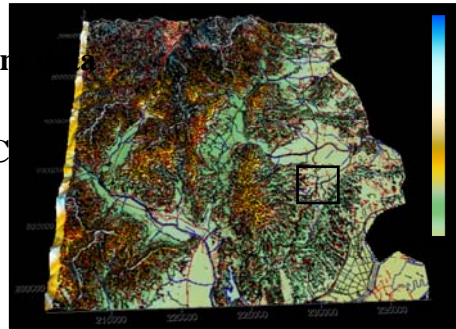
Established underground model

Geology
+
Core logging
+
Well logging
+
Tomography images



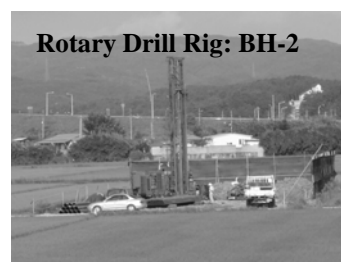
전자탐사를 이용한 지열탐사

- Started in the year 2003
- For district heating
- Selected target area based on
 - Geothermal anomaly
 - Lineament distribution
 - Existing well development
- Target depth: 2 km
- Expected temperature: 75 °C



전자탐사를 이용한 지열탐사

- For test well site selection
 - Gravity and magnetic survey
 - 2-D & 3-D MT survey
 - SP survey
- During test well drilling
 - Well logging
- During pumping test
 - SP monitoring
 - Groundwater level monitoring



중력 및 자력 탐사

중력탐사 개요

- ✿ 중력탐사
 - * 중력장 측정
 - * 지하매질의 밀도변화에 따른 중력이상
 - * 지하매질의 밀도분포를 유추해 냄
 - * 기반암의 분포
 - * 전도성 이상체의 평가; low-density graphite or higher-density sulfide deposit
 - * 인공위성 중력 자료 활용
 - * 지표 및 항공탐사

현장사례-석회공동 탐지를 위한 microgravity



자력탐사 개요

.....

☙ 자력탐사

- * 자기장 측정
- * 지하매질의 대자율 변화에 따른 자력이상
- * 화성암의 분포
- * 금속광물자원 탐사에 활용 (철광 등)
- * 지표 및 항공탐사 수행

강 하부 지질구조 확인을 위한 자력탐사

