

터널 물리탐사 조사기법 개요

강원대학교 지구물리학과
조인기

한국터널공학회 물리탐사 기술위원회

물리탐사의 정의

■ 물리탐사

지표 근처(near surface)의 지하 매질에서 일어나는 물리적 현상을 지표 또는 시추공 내에서 측정하여, 지하의 지질구조 및 물성 분포 양상을 직접 또는 간접적으로 알아내는 방법

■ 물리탐사의 신호원

- 자연장 : 중력장, 지자기장, 지전류, 지진파, 방사능, 지열
- 인공장 : 전자기장, 탄성파

■ 물리탐사의 역사

- 1980년 : 전략광물자원 및 에너지자원 조사
- 1990년 : 지하수탐사, 지반(토목)물리탐사
- 2000년 : 지반(토목) 및 환경물리탐사

터널물리탐사의 필요성

전반적 지질구조 파악 및 이상대 예측
최적설계를 위한 기본 정보 제공



공기단층 및 경비절감
안전사고 예방



평가, 유지, 보수를 위한 기본자료 제공

물리탐사의 장점

- 현장 원위치 시험
 - 시료의 채취 과정에서 오는 변형 없음
 - 현장 조건하에서 자료 획득
- 자료의 연속성
 - 연속적 물성 분포양상 제공
 - point 자료의 한계 극복 ->복잡한 지질구조 (소규모)
- 자료획득의 용이성
 - 단기간에 넓은 지역을 조사가능
 - 경비 저렴
- 조사방법의 비파괴성
 - 현장 조건을 그대로 유지 (2차 파괴 없음)
- 조사방법의 다양성
 - 대상물성, 신호원, 송수신기 배열

가탐심도와 분해능

물리탐사는 방법론에 따라 서로 다른 가탐심도 및 분해능을 갖는다.

- **가탐심도** : 탐사를 통하여 조사 가능한 심도
조사지역의 물성, 송신신호의 특성, 송수신 배열, 축선의 길이 등
- **분해능** : 탐지할 수 있는 가장 작은 이상체의 크기
이상체의 물성, 송신신호의 특성(파장), 축점간격

대부분의 물리탐사법은 가탐심도가 깊어지면 분해능이 낮아지고, 분해능이 높으면 가탐심도가 얕아진다. 따라서 적절한 절충이 필요하며, 이 경우 일반적으로 분해능 보다는 가탐심도를 우선적으로 고려하게 된다. 한편 축선의 길이는 가탐심도와 관련되며 대부분의 경우 가탐심도의 2배 이상의 축선에서 자료가 획득되어야 한다. 축점간격은 탐사의 수평 분해능을 결정하며, 이상체의 수평방향 길이의 1/2 이하가 되어야 한다.

지반 (토목)물리탐사의 역할

지반 (토목)물리탐사는 건설 및 시공이 이루어지는 특정부지의 지질학적 및 지구물리학적 상태를 파악하기 위해 사용되는 물리탐사 방법이다. 즉 지반(토목)물리탐사는 토목 시공 및 설계와 관련된 지반의 구조, 암석의 물성 및 그 조성을 파악하여 설계에 필요한 지반정수를 제공하고, 시공과정이나 시공 후에 나타나게 될 변형거동을 예측하는데 필요한 기본적인 지반 정보를 추출하는 방법이다.

<ul style="list-style-type: none"> • 입찰안내서 검토 • 기존 자료검토 • 광역지표지질 조사 	□	<ul style="list-style-type: none"> • 정밀지표지질 조사 • 현장조사 및 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 시추조사 - 시험굴조사 - 시료채취 - 각종재하시험 • 물리탐사 • 물리검층 • 재원조사 • 보안조사 필요성 검토 	□	<ul style="list-style-type: none"> • 지질이상대 및 단층대 등의 특성 규명을 위한 조사 및 각종시험 수행 (물리탐사) 	□	<ul style="list-style-type: none"> • 터널 및 비탈면 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 연속체 및 불연속체 물성치 산정 - 암반분류 • 토공설계 • 교량 및 구조물 기초 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 지지층 결정 - 기초형식결정 - 지지력 및 침하량 검토
------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------	---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

물리탐사의 분류(1)

대분류	소분류 (대상물성)	대표적 탐사방법	측정대상	주사용방법	가탐심도
지표 탐사	탄성파탐사 (탄성파속도)	굴절법 반사법 SASW / TSP	탄성파 도달 시간 및 파형	굴절법 (토모그래피)	50 m 내외
	전기 탐사 (전기비저항)	수평탐사 수직탐사	전기비저항	쌍극자 배열 2차원탐사	200 m 내외
	전자 탐사 (전기비저항)	주파수 영역 시간 영역	전자기장의 위상 및 진폭	CSMT	1000 m 이상
	GPR 탐사 (유전율)	반사법	레이다파 도달시 간 및 진폭	반사법	10 m 내외

물리탐사의 분류(2)

대분류	소분류 (대상물성)	대표적 탐사방법	측정대상	주사용방법	가탐심도	
시추공 탐사	단일시추공 (탄성파속도)	하향식 탄성파탐사 시추공 레이다탐사	도달시간	다운홀	50 m	
	시추공간 (탄성파속도)	Crosshole탐사	도달시간	Crosshole	50 m (시추공간 거리)	
	토모그래피	탄성파, 비저항, 레이다	도달시간 전기비저항	탄성파	50 m (시추공간 거리)	
	물리 검층	전기검층	전기비저항 검층 자연전위 검층	전기비저항 자연전위	전기비저항	공벽 주변
		방사능 검층	자연감마 검층 밀도 검층	감마량	밀도	공벽 주변
		음파검층	Full-waveform Suspension PS	P,S 도달 시간	Sonic Logging	공벽 주변
시추공 영상촬영		Optical/acoustic scanning	공벽영상 도달시간	BIPS(OBI) Televiwer	공벽 공벽 주변	

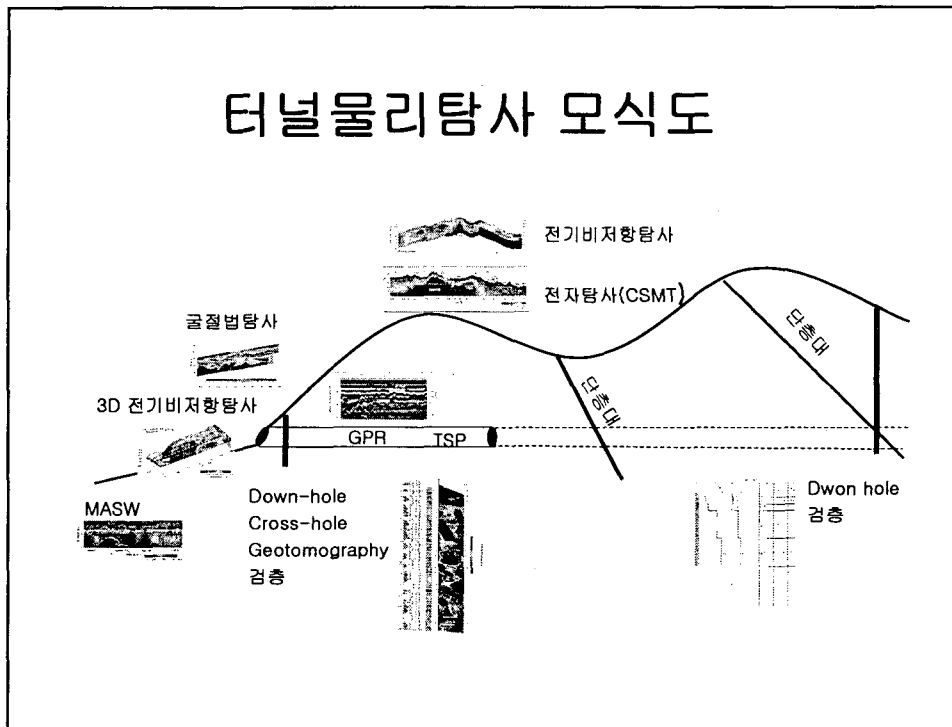
물리탐사와 관계되는 지반의 물성

지반의 물성	관련 물리탐사	비 고
전기비저항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전기비저항탐사 ■ 자기지전류탐사 ■ 레이다탐사 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 고비저항대 : 신선한 암반, 함수비 낮은 토사/전석층 ✓ 저비저항대 : 파쇄대(절리, 단층), 대수층, 전도성광물 오염원(contaminant plume), 점토층 ✓ 저비저항환경 : 레이다파 감쇄가 심하여 가탐심도 감소
탄성파속도	<ul style="list-style-type: none"> ■ 굴절법탄성파탐사 ■ 반사법탄성파탐사 ■ 탄성파도모그래피탐사 ■ 하향탄성파탐사 ■ PS 검층 ■ 표면파탐사 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 낮은 탄성파속도 : 토사층, 풍화대, 파쇄대 ✓ 높은 탄성파속도 : 신선한 암반 ✓ 지반의 동적물성값 : V_p, V_s - 하향탄성파, PS 검층 ✓ 표면파탐사 : V_s - 동전단강성을 ✓ 동적물성값 산정을 위해서는 추가로 밀도검층을 실시하는 것이 바람직
유전율	<ul style="list-style-type: none"> ■ 레이다탐사 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 유전율이 높아지면 레이다파 속도 감소 ✓ 공기의 유전율이 1일때 물은 80, 암반은 10 이하 ✓ 빈 공동 : 고속도이상대, 점토층진공동 : 저속도이상대

물리탐사의 적용 목적 및 대상

물리탐사기법	적용목적	적용대상
전기비저항탐사	지질이상대 파악, 미시추구간 암반등급추정	심도 200미터 미만 터널, 교량부
자기지전류(MT)탐사	지질이상대 파악, 미시추구간 암반등급추정	심도 200미터 이상의 대심도 터널
굴절법탄성파탐사	지층구분(토사/풍화암/연암/경암) - 토공량 산정	깎기부, 터널 갱구부
반사법탄성파탐사	고분해능 지층구분, 수평적 불연속면	교량부
지오토모그래피	지반상태 정밀파악, 지반개량효과판정	터널 갱구부, 지하 공동
하향탄성파탐사	지층별 V_p, V_s 측정 - 동적물성값 산정	터널 갱구부, 교량부, 기타 내진 설계가 필요한 구조물
PS검층	지층별 V_p, V_s 측정 - 동적물성값 산정	터널 갱구부, 교량부, 기타 내진 설계가 필요한 구조물
텔레뷰어탐사	절리특성분석	깎기부, 터널
지하탐지레이다탐사	지장물조사, 터널 라이닝 상태 평가	지장물 간섭 예상위치
시추공레이다탐사	지반상태 정밀파악	지하 공동 탐지, 불연속면
표면파탐사	V_s 측정 - 동전단계수 산정, 다짐특성파악	교량부, 쌓기부

터널물리탐사 모식도



물리탐사의 발전방향

- 탐사방법의 개발 및 표준화
 - 고정밀, 고분해능 탐사기법의 개발
 - 기술의 표준화 및 품질관리
- 현장조사기법의 고도화 (정밀자료획득 및 경비절감)
 - 다중채널
 - 자동측정
 - 잡음억제
- 자료처리 및 해석기법의 고도화
 - 정량적, 종합적, 가시적 해석기법
 - 정밀 자료처리 및 해석 프로그램의 개발
- 탐사결과의 검증 및 평가
 - 최적설계를 위한 정량적 지반정수의 도출
 - Data base의 구축
 - 탐사 결과의 사후 평가 시스템 구축