



국내 터널의 지반조사 현황분석



권광수
한국지질자원연구원
탐사개발연구부



박 찬
한국지질자원연구원
탐사개발연구부



황 학
LG건설
기술연구소

1. 서론

터널의 지반조사란 지형·지질구조 및 지층분포와 지하수 상태 그리고 지반을 구성하는 매질의 공학적 특성을 규명하기 위한 조사를 말한다. 이것은 터널의 노선선정으로 부터 지반 물성치에 의한 설계 및 지반상태를 고려한 시공에 이르기까지 각종 지반정보를 제공한다. 그러나 터널은 지하 심부에 위치하기 때문에 정확한 조사가 어렵고 또한 소요비용도 결코 적지 않다. 이러한 문제를 최소화 하기 위해서는 체계적인 조사방법과 다각적인 활용방안을 모색할 필요가 있다고 본다.

터널의 지반조사는 시공 전 조사와 시공 중 조사로 구분할 수 있다. 시공 전 조사는 지반 물성치를 얻기 위하여 지반굴착 이전에 실시하는 조사로 이 결과를 이용하여 설계계산을 한다. 이에 반해 시공 중 조사는 지반굴착 후 드러난 대상지반에 근접하여 보다 더 정확한 물성치를 얻기 위한 조사이다. 따라서 시공 전 조사에서 얻은 물성치는 시공 중 조사에서 얻은 물성치와 비교되며 이에 따라 원 설계에 대한 타당성을 검증하고, 또한 지반상태에 적합한 시공방법을 선정하는 것이다. 이와 같이 시공 전 조사는 개략조사로, 시공 중 조사는 정밀조사로 구분하여 굴착을

전후로 지반조사를 수행함으로써 보다 경제적이면서 안전하고도 합리적인 공사가 가능해진다.

2. 지반조사 현황과 문제점

1) 시공 전 조사

시공 전에 수행되는 지반조사는 지표지질조사, 지표물리탐사, 시추조사로 구분할 수 있다. 지표지질조사는 육안으로 대상지역의 단층, 습곡, 절지, 암종 및 노두상태를 관찰함으로써 풍화상태, 불연속면의 길이와 방향성을 파악한다. 지표물리탐사는 지표지질조사의 결과에 따라 넓은 지역에 걸쳐 이루어지는 것으로 국내에서 이용되는 방법은 표 1과 같다. 시추조사는 물리탐사의 결과에 따라 선별적으로 시추위치를 결정하고 표 2와 같이 시추를 통한 정밀 조사를 실시하여 설계에 필요한 정량적인 기초자료를 확보한다. 그렇지만 국내에서는 이러한 조사순서가 제대로 지켜지지 않고 있는데, 그 이유는 첫째, 지반조사에 대한 인식 부족이다. 상기한 조사방법은 상호간 유기적인 관계에 있으나 많은 경우에 별도로 이루어져 그 효과를 보지 못하고 있다. 둘째, 조사비가 부족하다는 것이

다. 국외의 경우 도로 및 철도터널을 기준으로 할 때 총 공사비의 0.5~2.0%를 조사비로 집행하는데 비해 국내에서는 조사비가 이에 비해 과소책정되고 있다. 셋째, 조사기간이 너무 짧다. 선진외국에 비하여 1/2에서 1/10도 안된다.

최근 국내에서는 지반조사의 중요성이 강조됨에 따라 다양한 조사기법들이 적용되어 왔다. 그러나 조사항목의 정립이 미흡하여 많은 조사 결과들이 효과적으로 터널 설계에 이용되지 못하고 있다. 예를 들어 삼축압축시험과 같은 항목은 비용이 많이 드는 실험으로 암반의 특성과 터널의 기하학적 조건 등을 고려하여 선별, 수행하는 것이 필요하나, 국내에서는 삼축압축시험을 필수시험항목으로 정하여 무분별하게 수행되는 사례가 많고, 오히려 암반의 안정성 평가에 중요한 절리면 수직/전단 강성을

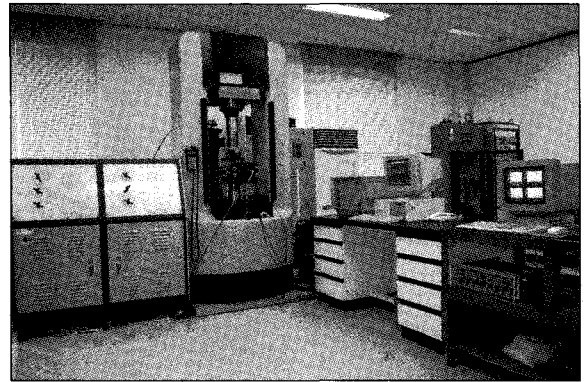


그림 1. 절리면 전단시험 장면

파악할 수 있는 절리면 전단시험(그림 1)은 주요 절리군 별로 이루어지지 않고 있다. 그리고, ISRM에서는 일축압축강도는 5개 이상, 인장시험은 10개 이상의 시편에 대한

표 1. 지표 물리탐사 방법의 종류와 활용

종류	대비물성	결과의 활용
탄성파 탐사	굴절법	- 지층층서 확인 및 연약대 파악 - 굴착 난이도에 따른 토공량 산정 - 암반분류 및 지보패턴 결정
	반사법	
전기탐사	전기비저항	- 지층의 연약대 및 파쇄대 파악
전자탐사	전기전도도 (전자기장의 진폭, 위상변화)	- 단층 및 지층분포 파악 - 암반분류 및 지보패턴 결정

표 2. 시추를 이용한 조사

이용대상	조사종류	적용대상	이용대상	조사종류	적용대상
시추공	지하수위측정	지하수위	시추코어	밀도시험	단위중량
	현장투수시험	투수계수		일축압축시험	일축압축강도 탄성계수 포아송비
	간극수압	간극수압		압열인장시험	간접인장강도
	공내재하	변형계수		삼축압축시험	점착력, 마찰각 (암반)
	수압파쇄	축압계수		절리면 전단시험	점착력, 마찰각 (절리면) 전단/수직 강성
	물리검층	원위치 물성		지수시험	팽창성
	공벽영상화검층	절리간격, 방향		탄성파속도측정	탄성파 속도
	하향식 탄성파 탐사	탄성파 속도		RMR	암반분류
시추공간 토모그래피	탄성파속도, 전기비저항	Q-System	암반분류		

시험을 규정하고 있으나, 국내에서는 시추공당 코어에 대한 시험이 1회 정도로 대표성이 부족한 실정이다.

2) 시공 중 조사

시공 전 조사가 아무리 정확하게 수행되었다 하더라도, 지질의 복잡성으로 인해 실제 터널 구간 지질과는 차이가 날 가능성이 항상 존재한다. 예컨대 암반분류나 지하수 상태 파악 등은 설계의 기본사항임은 물론 시공의 안전 및 품질관리에도 절대적인 영향을 끼친다. 그러나 시공 중 조사는 공간적 제약으로 조사방법들이 한정되어 있으며, 국내외에서 적용되는 대표적인 조사방법들은 표 3과 같이 정리할 수 있다.

표 3. 시공 중 조사

조사방법	특징
Face Mapping	· 굴착면의 압중, 불연속면 상태, 지하수 등 지반상태를 표기 · 가장 직접적이고 신속한 조사법
막장전방시추조사	· 전방 시추를 통해 사전 지반 예측 · 시추 코어에 대한 각종 실험을 통하여 정량적 Data 확보
터널내 탄성파 탐사	· TSP, HSP 등의 터널내 탄성파 탐사법을 통하여 터널 지반의 사전 예측 · 공기/공사비가 절감되어 시추조사의 대안으로 적용

Face Mapping은 터널공사에서 필수적인 것으로 대상 지반의 공학적 특성에 대해 가장 직접적이고 신속하게 평가할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 그러나 국내에는 아직 Face Mapping에 대해 표준화된 양식이 없는 실정이다. 이 때문에 Face Mapping에 대한 효율적인 관리 및 D/B 구축이 잘 이루어지지 않고 있다. 또한 H 연구원 자료(고속전철터널기술개발 보고서, 1997)에 의하면 경력 6~30년의 기술자들이 같은 막장에 대한 RMR은 29~52의 범위, Q값은 0.06~28.75의 범위로 분류한 사례 결과가 있다. 이 이유는 첫째, 개인적인 편차가 존재하고,

둘째, 암반분류에 대한 표준화된 인식이 이루어지지 못했다는 것이다. 실제 현장에서의 Face Mapping의 활용도가 낮은데 그 이유는 현 제도상에서 시공은 설계에서 정해진 대로 수행되어야 한다는 인식 때문이다. 그러나 터널공사는 여타의 공사와는 달리 시공의 정확성을 기하기 위하여 시공 중 조사를 실시하고 이 결과에 따라 설계변경이 가능하도록 제도적으로 보장되어야 한다.

국내 터널공사에서는 단층, 파쇄대, 공동이 예상되는 지역이나 주변 구조물이 인접해 있는 경우에는 굴착 중에 시추조사를 실시하여 터널전방지반을 예측한다. 그러나 시추조사가 진행되는 기간 동안에는 공사가 중지될 뿐만 아니라, 1차원적인 조사로 인해 3차원적인 터널 지반 구조를 왜곡시킬 수 있는 단점도 있다. 최근 이에 대한 대안으로 탄성파 속도를 이용하는 TSP, HSP 등과 전기비저항 탐사법 등이 개발되어 현장에 적용되고 있으며, 이와 유사한 방법들이 연구되고 있다. 짧은 탐사시간으로 터널 전방 100~200m 정도를 파악할 수 있는 장점이 있어, 이에 대한 보다 많은 자료축적과 연구를 통하여 그 적용성을 확대시킬 수 있을 것으로 예상된다.

3. 결론 및 제언

시공 전 지반조사에서는 첫째, 조사체계의 정립이 시급하다. 개략조사와 정밀조사 그리고 광역조사와 국부조사의 유기적인 연계가 명확해야 한다. 둘째, 조사기간 및 조사비 책정을 현실화하는 것이 필요하다. 셋째, 목적 대상과 규정을 명확히 한 조사항목의 정립이 이루어져야 한다. 불필요한 조사는 줄이고, 필요한 조사는 규정을 명확히 하여 대표성을 확보할 수 있는 결과를 얻을 수 있어야 한다. 넷째, 물리탐사방법을 이용하여 측정하는 지반 물성치의 활용에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

시공 중 조사에서는 Face Mapping의 문제점에 대한 해결방안으로 첫째, Face Mapping의 개인별 편차를 줄

일 수 있는 통일된 양식이 필요하다. 둘째, D/B 구축을 통하여 국내지반에 대한 인식도를 높이고, 국내실정에 맞는 암반분류법 개발의 기초로 활용할 수 있어야 한다. 셋째, Face Mapping의 활성화를 위해서 발주 및 계약 제도의 개선이 필요하다.

마지막으로 공사비용의 탄력적인 적용을 강조하고 싶다. 앞에서 언급한 바와 같이 터널설계는 한정된 지반정보를 바탕으로 이루어진 것이며 따라서 시공 중의 조사결과에 따라 변경될 수 있어야 한다. 이에 따른 공사비 변동도 뒤따라야함은 물론이다. 그리고 터널 굴착 중涌출되는 지하수량의 측정기준과 이에 대한 공사비 산정기준도 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 한국자원연구소 (1994) 대형갱도 굴착기술연구, 한국자원연구소 연구보고서, pp 129-248
- 2) 권광수, 정소길, 창하, 이상권, 박희봉, 최성웅, 1997 대규모 지하공간의 굴착, 유지 및 환경제어
기술연구 KIGAM Bulletin Vol. 1, pp49-64
- 3) 한국건설기술연구원 (1997), 고속전철터널기술개발(1차년도)
- 4) 한국지질자원연구원 (1997), 동해-주문진간 고속도로 4차선 확장공사(제5공구) 실시설계를 위한 지반조사
- 5) 한국지구물리탐사학회 (1999), 1999년도 제 2회 학술발표회, 건설현장에 필요한 물리탐사기술 심포지움