

터널 설계 입문(Ⅰ)

임재승 / 토목기술부 대리

- I. 터널 조사·계획
- II. 암반분류

연재 순서

영향을 미치지 않도록 수립하여야 한다.

2) 터널 기본계획항목

- 선형계획, 구배계획, 내공단면계획, 방수계획, 부속설비계획 등이 있다.

최 근 지하공간개발에 대한 중요성이 인식되고 있다.
터널, 가스체나 유류저장, 발전시설, 폐기물 처리, 수자원 공급 등 광범위한 활용범위중 국내에서는 터널이 주류를 이루고 있다. 본 강좌에서는 터널 설계 및 시공에 있어서 가장 기본적이고 중요한 터널 조사·계획 및 암반분류에 관한 내용을 언급하고자 한다.

터널 조사는 초기의 노선계획단계에서 공사단계에 이르는 과정까지 목적에 따라 구분 실시되는데, 조사의 목적은 안전하고 경제적인 터널 시공에 필요한 기초 자료를 구하는 데 있다.

터널 계획은 터널의 건설 목적에 적합한 규모와 단면 공간, 선형, 부대시설 등의 기능을 구비토록 해야 할 뿐 아니라 유지 관리를 포함한 환경보전 대책도 고려해야 한다.

1. 터널계획

1) 계획일반

- 터널계획은 지역여건, 지형상태, 토지이용현황 및 장래 전망, 지반조건 등 사전조사성과를 기초로 하여 수립한다.

- 터널계획은 터널건설의 목적 및 기능의 적합성, 공사의 안전성 및 시공성, 공법의 적용성을 우선하여 수립되어 건설비 및 유지관리비를 포함하여 경제성이 있도록 해야 한다.

- 터널계획은 공사중은 물론 운영시 주변환경에 유해한

2. 터널조사

1) 조사일반

(1) 조사의 의의

조사는 터널의 위치 설정, 설계, 시공 및 완성후의 유지 관리에 중대한 영향을 미치는 사항으로서 충분한 기초자료를 얻는데 만전을 기하도록 한다.

(2) 조사의 원칙

터널의 목적 및 규모 등을 충분히 고려하여 조사내용, 순서, 방법, 범위, 정밀도 및 기간 등을 결정하여야 하며 터널설계 및 시공에의 적용방법 등을 유의해서 조사성과의 표현방법도 검토하여야 한다.

(3) 조사의 구분

- 입지환경조사는 터널 건설에 영향을 미치거나 터널건설로 영향을 받을 수 있는 조사로서 지형, 환경, 사토장, 보상 및 관계법규조사를 포함한다.

- 지반조사는 터널건설의 기본계획 및 노선 설정을 위한 예비조사, 터널노선의 결정 이후 공사착공까지의 설계 및 시공계획을 위한 본 조사, 그리고 시공중의 보완조사로 구분하여 실시한다.

2) 입지환경조사

(1) 지형조사

(2) 환경조사

- 광역환경조사

구 분	조 사 내 용
수문	지형, 하곡의 성상, 하천유량, 물이용 상황, 지하수에 영향을 미치는 타공사의 유무
기상	기온, 수온, 기압, 강우, 바람 등의 영향, 눈보라와 돌풍의 발생빈도가 많은 지점과 상황
재해	산사태, 눈사태, 봉괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해정도
토지	토지이용상황, 주요구조물, 법에 의한 용도구분의 범위
교통	기존 철도, 도로의 규격, 구조, 수송력 등
공공시설물	학교, 병원, 요양소, 자연공원 등의 공공시설물의 위치 및 규모
문화재	사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법 지정의 상황
지하자원	권리설정 상황, 광산상황 및 광물의 보존상태 등

- 터널주변 환경조사

구 分	조 사 내 용
길수	물이용 상황, 수질, 수원의 상황, 택수발생의 가능성이 있는 인접공사
소음 및 진동	소음, 진동, 지형, 지질, 토지이용상황
지반 구조물의 변형	건물, 구조물상태, 지형, 지질, 토지이용상황, 지하수 상태, 지질 및 구조물의 변형발생의 가능성이 있는 인접공사
수질 오염	하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 법규제 상태
대기 오염	대기중의 유해물, 기상 상황
교통 장해	구조, 교통량 혼잡상황, 도로관리자, 도로주변의 환경

(3) 지장물조사

(4) 사토장조사

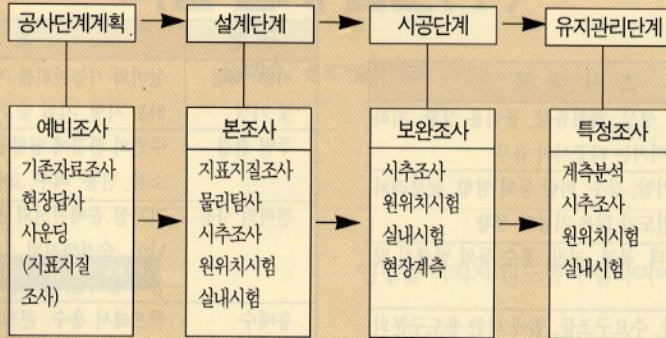
(5) 공사용설비조사

구 分	조 사 내 용
지형, 지질 및 기상	설비의 기능발휘를 저해시키거나 위험을 끼치게 하는 지형, 지질 및 기상
주변 환경	주변의 환경에 영향을 미치는 공사용 설비에 의한 소음, 진동, 배수, 교통
전력의 사용	기기설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전까지의 소용시간, 개선비용, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비운용시의 소용전력량
용배수	콤프레서 용수, 콘크리트 혼합용수, 음료수, 기타 잡용수의 취득조건, 터널시공에 수반한 용수의 개 외처리, 세척용수의 방류조건 .
자재 및 벼려 운반	기계 및 자재의 반출입, 벼려 운반 등에 필요한 공사용 도로, 궤도, 삭도 등의 규격, 교통량, 안전, 교통규제의 현황
노무 자재	갱외설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 노무사정의 현황
법규, 기타에 의한 규제	부근의 사업유무

(6) 보상조사

(7) 관계법규조사

구 分	규 제 법
공해방지, 환경보전 관계	자연환경보전법, 자연공원법, 산림법, 조수보호 및 수렵에 관한 법률, 소음진동규제법, 수질환경 보전법, 해양오염방지법, 수도법 및 하수도법, 광업법
재해 방지 관계	사업법, 택지개발촉진법, 농어업재해대책법, 풍수해대책법
국토 개발 관계	국토건설종합계획법, 국토이용관리법
하천 관계	하천법, 공유수면관리법, 지하수법, 온천법
도시계획 관계	도시계획법, 도시공원법
도로, 교통 관계	도로법, 도로교통법, 철도법
군사 관계	군사기밀 보호법, 군사시설보호법
문화재 관계	문화재 보호법, 전통구조물 보존법
안전 관계	시설물 안전에 관한 특별법, 기술관리법



3) 지반 조사 및 시험

- 조사 순서 (위 그림 참조)
- 단계별 조사방법

각 조사단계의 조사방법은 일반적으로 터널의 종류, 중요도, 규모, 입지환경 등 다양한 요인에 의하여 달라질 수 있다.

- 기준자료 조사

기준자료 조사항목으로는 기존 구조물, 인접지역 조사 자료, 지형도, 항공사진, 고지형도, 지질도, 토양도, 착정 기록 등이 있다.

- 현장답사

지형변화, 지표수 및 지하수, 인근구조물 유지상태, 지하매설물, 수송통로 등을 현장답사한다.

- 지표지질조사

지표지질 조사항목으로는 표층퇴적물, 암질, 지질구조, 지표수 및 지하수, 지열 및 온천, 지하공동, 암반거동 등이 있다.

- 시추조사

시추는 원칙적으로 NX구경(코아직경 54mm)의 이중 코아베릴을 사용하여야 하며 시추공의 간격은 노선방향으로 50~200m간격으로 배치되어 단층이나 파쇄대 등 터널공사에 장애가 되는 구간이나 지층이 불규칙할 경우 시추간격을 축소 조정한다.

시추심도는 원칙적으로 터널 바닥부의 계획심도에서

0.5D의 깊이까지 실시한다.

- 시험굴 조사

- 물리탐사

물리탐사는 광범위한 주변지반조건을 파악하기 위하여 시료를 직접 채취하지 않고 지반의 물리적 성질을 이용하여 지하의 지질구조 및 상태를 파악하는 방법으로써 일반적으로 지표에서 시행되나 보다 정밀한 자료를 획득하기 위해서 시추공내에서 실시하기도 한다.

구 분	종 류
광역물리탐사	증력탐사, 자력탐사, 항공 감마 스펙트럼 및 EM 탐사
정밀지표물리 탐사	VLF 전자탐사, 전기 비저항 탐사, 지표 Radar 탐사, 탄성파 탐사
시추공 물리 탐사	Logging, 시추공 Scanner, 단일 시추공 Radar 탐사, 탄성파 VSP탐사, Crosshole 탄성파속도 측정, Geotomography 탐사

③ 일자원조사

④ 지반조사

- 현장시험

○: 최적, △: 가능, ×: 부적

시험명	적용지반				적용공경 (mm)	측정치
	점토	사질토	역질토	암반		
표준관입시험	○	○	△	×	66이상	N치, 교란시료채취
지하수위측정	○	○	○	○	"	지하수위
현장투수시험	×	○	○	○	"	투수계수
간극수압측정	○	○	○	△	"	간극수압
베인전단시험	○	×	×	×	"	전단강도
수평재하시험	○	○	△	○	"	수압토압계수, 변형계수
심층재하시험	○	○	○	○	150이상	지반반력계수, 극한하중
지하수채취	△	○	○	△	46이상	수질분석치
불교란시료채취	○	△	×	○	86이상	강도등 실내시험치
지압측정시험	×	×	△	○	76이상	Ko값
각종물리검증	△	△	△	○	66~86	검증측정치

조사항목	지질조사법						시	속도검증	전기검증	공경검증	온도검증	표준관입시험	공내재하시험	시료시험	조사기관찰계획
	자료조사	지표탐사	탄성파조사	수문조사	지하수조사	추									
지형	산사태, 붕괴지	○	○			○									
	측압지형	○	○												
	피복두께	○													
지질구조	지질분포	△	○	△		○	△	△							○
	단층, 습곡	△	○	○		○	△								○
암질 및 토질	암석, 토질명	△	○			○		△							○
	암상	△	○			○									○
	틈	△	○			○	○								○
	풍화, 변질	△	○			○	○	△							○
	고결정도	○	△			○	△	△	○		○				○
지하수	대수층	○		○	○	○	○	○	○	○	△				○
	지하수위	△		○	○										
	투수계수				○										
역학적성질	일축압축강도										△		○	△	
	점착력, 내부마찰각										△		○	△	
	변형계수, 프아송비										△		○	○	○
	N값										○				
물리적성질	현장탄성파속도		○			○									
	초음파속도														○
	밀도														○
	입도조성														○
	액상한계, 소성한계														○
	함수비, 흡수율														○
광물학적 성질	점토광물														○
	침수붕괴도														○
	흡수율, 팽창율														○

-토질 및 암석 실태 시험

<토질 시험>

시험종류	시험방법	시료의 상태	시험결과치	시험결과의 이용
입도시험, 체분석, 침강속도	KS F2302	교관시료	입적가적곡선, 균등계수, 곡률계수	흙의 분류, 점토의 압축성 판정, 사질토의 안정성 및 액상화 판정
액성한계시험 소성한계시험 수축한계시험	KS F2303 KS F2304 KS F2305	"	에터버그한계, 소성 지수, 컨스탄시 지수, 수축비	흙의 분류, 자연상태 점토의 안정성판정, 흙재료의 판정, 노상노반토의 판정, 점착력의 판정
함수비시험	KS F2306	자연함수량 유지 시료	함수비	흙의 기본적 성질 계산, 예빈비 판정
비중시험	KS F2308	교관시료	흡입자의 비중	간극비, 포화도 계산, 흙의 침강분석
다짐시험	KS F2312	"	최적함수비, 최대건조밀도	노반 및 성토의 설계, 시공관리
일축압축시험	KS F2314	불교란시료 다짐시료	일축압축강도, 변형계수	점성토 지반의 기초, 사면, 굴착면, 옹벽 등의 안정계산
압밀시험	KS F2316	불교란시료	압축지수, 압밀계수, 체적압축계수, 압밀 항복용력	점성토지반의 압밀침하량 및 침하시간 계산
지지력비시험	KS F2320	불교란시료 다짐시료	교란토 및 불교란토의 지지력비	휩성포장 두께의 판정
투수시험	KS F2322	불교란시료	흙의 투수계수	투수성지반의 설계
직접전단시험	KS F2343	불교란시료 다짐시료	점착력, 내부마찰각	구조물기초, 사면, 굴착면, 옹벽 등의 안정계산
상대밀도시험	KS F2345	불교란시료	최대단위중량, 최소단위중량	흙의 다짐도 및 액상화판정
삼축 압축 시험	UU시험	불교란시료 다짐시료	점착력, 내부마찰각	점성토 지반의 기초, 사면, 굴착면, 옹벽 등의 안정계산
	CU시험	"	"	유효응력에 의한 점성토지반의 안정계산
	CD시험	"	"	유효응력에 의한 사질토지반의 안정계산

<암석시험>

시험명	시험결과치	시험결과의 이용	시험명	시험결과치	시험결과의 이용
비중시험	비 중	비중, 흡수율, 함수비, 포화도, 간극비	동결융해시험	시험후 각종 물성치	동결융해에 대한 암석의 저항성
밀도시험	습윤밀도, 건조밀도	지반내의 응력산정, 지압발생예측 지표	일축압축시험	압축강도, 변형계수, 포아송비	암석의 역학특성
흡수율시험	흡수율		심축압축시험	강도정수(c, ϕ), 암석변형특성	암석의 역학특성
함수량시험	함수비		점하증강도시험	점하증강도	암석의 강도지수를 판단
간극율시험	간극율, 간극비		인장시험	인장강도	
탄성파속도시험	동적탄성계수	암반탄성파속도와 비교하여 열화도 추정	전단시험	강도정수(c, ϕ), 전단강도	
실내투수시험	투수계수	암반의 투수성 평가	파괴인성시험	균열응력화재계수, 파괴인성	취성파괴상태 평가
침수붕괴도시험	침수시간-슬래킹 구분곡선	암석의 결합정도의 판단	크리프시험	크리프계수, 변형율	구조물의 장기 안정성
슬래킹시험	슬래킹 내구성지수	사면문제나 지압문제	경도시험	각종 경도지수	암석의 경도, 굴착기계에 의한 암석 굴착 난이도
흡수팽창시험	흡수팽창율		마모시험	마모경도	암석의 기계화학적 특성, 굴진능률
팽윤압시험	팽윤압		AE 측정	AE값	낙반 예지