

제 3 편 토 공

제 1 장 토공 일반

제 2 장 비탈면

제 3 장 연약지반

제 1 장 토 공 일 반

1.1 지반조사

1.1.1 지반조사의 목적

- (1) 지반조사는 합리적이고 경제적인 설계를 위한 자료수집 단계이다.
- (2) 건설공사 대상지반의 지층분포와 지반공학적 성질을 파악하는데 목적이 있다.

1.1.2 단계별 지반조사

- (1) 지반조사는 계획에서부터 유지관리까지 각 단계마다 실시한다.
- (2) 노선선정 단계에서는 개략적인 지형 및 지질조사 실시한다.
- (3) 설계·시공·계획 단계에서는 상세지반조사 및 수리·수문 조사를 실시한다.
- (4) 노선선정 단계에서는 공법선정, 공사기간, 공사비용 등을 결정하기 위한 예비조사를 실시한다.
- (5) 시공단계에서는 확인조사와 미조사지역에 대한 추가조사를 실시한다.

1.1.3 조사방법 및 범위

- (1) 구조물의 종류나 규모에 따라 지반조사의 방법과 범위를 결정한다.
- (2) 구조물의 용도나 중요성 고려하여 적합한 조사방법을 선정한다.
- (3) 공사의 종류, 구조물의 규모, 지반조건, 주변환경 등에 따라 조사방법 및 범위를 결정한다.
- (4) 현장조사는 현장답사 및 지표지질조사, 지구물리탐사, 시추조사, 사운딩 그리고 기타 원위치시험 등이 있다.
- (5) 실내조사는 자료 및 지형분석, 실내시험 등이 있다.

1.1.4 단계별 조사절차

(1) 계획단계의 조사

- ① 타당성 및 기본계획단계의 조사단계이다.
- ② 기존 자료조사 및 현장답사를 통해 활성단층, 불안정 비탈면, 연약지반 등의 분포상태를 조사한다.
- ③ 중요지역은 사운딩이나 시추조사를 수행한다.
- ④ 설계단계에서 필요한 지반조사 계획을 수립한다.

(2) 설계단계의 조사

- ① 기본설계에서 필요한 구조물의 위치, 규모, 하중조건을 결정할 수 있는 물리탐사, 사운딩 및 시추조사와 시험 등을 실시한다.
- ② 계획단계의 조사보다 조사 빈도를 높여 구체적인 지반 특성치를 결정한다.
- ③ 실시설계에서 결정되는 구조물 위치나 규모, 설계조건을 확정하기 위해 시추, 사운딩, 시굴,

현장 및 실내시험 등의 실시한다.

- ④ 계획단계에서 미 실시 되거나 부족한 부분에 대하여 추가조사를 실시한다.

(3) 시공단계의 조사

- ① 시공중의 계측결과가 설계치와 상이한 경우 추가조사 및 시험을 실시한다.
- ② 설계단계시 민원이나 조사가 수행되지 못한 경우 확인조사를 실시한다.

(4) 유지관리단계의 조사

- ① 구조물에 하자가 발생하거나 주변지반의 변화가 예상되는 경우 원인 규명을 위한 조사를 실시한다.
- ② 시설물의 주변지반이 변형되거나 붕괴가 예상되는 경우 보수보강을 위한 조사를 실시한다.

1.1.5 조사항목

- (1) 흙쌓기, 땅깍기가 이루어지는 지역의 지형 특성
- (2) 암반 비탈면의 지질 특성(층리, 절리, 단층 등 방향성)
- (3) 원지반의 공학적 성질(흙, 연암, 풍화도, 균열)
- (4) 원지반의 물성(물리적·역학적 특성과 시간에 따른 변화)
- (5) 지하수 상황

1.1.6 지반조사 및 시험계획¹⁾

(1) 흙쌓기 및 땅깍기 구간 조사 및 시험

- ① 계획노선에 따라 시추조사, 핸드오거 혹은 시험굴조사를 실시하고 필요시 원위치 시험을 시행한다.
- ② 시추조사는 깎기구간 1개소당 1개소 이상 실시한다.
- ③ 급경사, 민원 등으로 인한 미시추 구간에 대해서는 물리탐사를 시행한다.
- ④ 절리, 단층 및 풍화발달 정도를 조사하기 위해서는 절리면 전단시험, 일축압축강도시험, 시추공화상정보시험 등을 실시한다.
- ⑤ 수로암거 위치는 지반고하 5m까지 실시하고, 연약층이 출현시 연약층 하부까지 시추조사를 실시한다.
- ⑥ 시추종료 지점에 단층파쇄대 출현시 단층파쇄대를 통과지점까지 조사를 실시한다.
- ⑦ 포장설계를 위해서는 토질분류 시험, 다짐, CBR 시험을 실시한다.
- ⑧ 연약지반에 대한 토성시험 및 역학시험을 시행하여 지반의 안정검토 및 처리공법 등을 결정한다.
- ⑨ 현장 베인시험은 심도 5m 및 층이 바뀔 때마다 연속적으로 수행한다.

(2) 교량기초 및 터널구간 조사 및 시험

- ① 교량기초 하부에 공동이 예상되는 지역, 시추조사가 불가한 경우 및 지지층의 변화가 심한 곳은 물리 탐사를 실시한다.

1) 절토비탈면 설계변경 최소화를 위한 토질조사 기준 개선(설계처, 2008.06)

- ② 교량기초가 급사면에 위치한 경우 시추공 영상촬영시험을 수행하여 사면안정해석을 실시한다.
 - ③ 풍화암층이 깊을 경우라도 교량당 1개소이상 암층을 확인하고 자연시료채취, 코아채취 및 시추공내 수위측정 등 필요한 시험을 실시한다.
 - ④ 풍화암층이 두껍고(소요 말뚝직경의 5배 이상) 대부분의 지지력이 이 층에서 발휘되는 경우 Triple core barrel을 사용하여 불교란 시료를 채취한다.
 - ⑤ 풍화암 이하의 암반지지 기초의 경우 암반의 일축압축강도가 지지력에 큰 영향을 미치므로 암반에 대한 일축압축강도 및 점하중강도시험을 실시한다.
 - ⑥ 직접기초구간은 침하량을 산정할 수 있도록 풍화암 변형계수 또는 탄성계수를 측정한다.
 - ⑦ 말뚝기초 두부에 수평변위가 발생하는 경우 공내재하시험을 실시하여 수평방향반력계수 산정한다.
 - ⑧ 말뚝기초 적용구간에 점토층이 분포하는 경우 삼축압축시험 및 일축압축시험을 수행하여 교량구간의 비배수전단강도 및 주변마찰력을 산정한다.
 - ⑨ 터널구간 조사위치 및 공수는 전기비저항탐사를 수행하여 저토피, 단층파쇄대 등을 고려하여 결정한다.
 - ⑩ 터널구간 내진해석을 위해서는 Cross hole Test를 터널 상하행 입출구부 각각 1 개소이상 시행한다.
 - ⑪ Cross hole Test의 시행이 곤란한 경우에는 Down Hole, S-PS검층, 밀도검층 등을 대행한다.
 - ⑫ 터널구간에서는 골재에 대한 유용암 시험을 실시한다.
- (3) 토취장 및 골재원 조사 및 시험
- ① 토취장 및 골재원 조사는 토공, 구조물 및 포장용 재료를 확보하기 위해 실시한다.
 - ② 토취장 및 사토장의 위치를 지형도(1:50,000)에 표기하고, 매장량 등을 기입한다.
 - ③ 토취장, 사토장 및 골재원을 3개소 이상 선정하고, 관련 사군의 인허가 여부 및 토지 소유자의 사용승낙서를 징구하여 결정한다.
 - ④ 선정된 토취장에는 시추조사 3개소, 시험굴조사 5개소 이상 실시하여 성토재료로서의 적합성을 확인한다.
 - ⑤ 콘크리트 및 포장용 골재는 공급원의 위치를 선정하고 가용 매장량을 추정하기 위한 하천골재원의 조사를 시행한다.
 - ⑥ 채석 골재도 공급원의 위치를 선정하고 시추조사는 3개소 이상 실시한다.

1.1.7 지반조사 및 시험빈도

(1) 위치별 현장조사 빈도

[표 1.1.1] 위치별 현장조사 빈도

조사위치		조사항목	조사빈도	심도	비고
흙 쌓 기	일반 구간	핸드오거	300m	3~5m	
		시추조사	수로암거위치 ²⁾ (암반노출지역 제외)	5m	SPT : 1m마다

2) 파형강관 암거 설계 조치사항 검토(설계처-2117, 2007.07.23)

조사위치		조사항목	조사빈도	심 도	비 고
흙 쌓 기	연약 지반	핸드오거	200m	3~5m	
		피에조콘	100m	· 필요 깊이까지	
		시추조사	200m	· 지지층(풍화암)확인	· 콘관입시험 위치
		베인시험	400m	· 불교란시료 채취 심도	· 시추조사 위치 · Borehole, Field Vane
		간극수압	200m (1회/CPTu 2회)	· 불교란시료 채취 심도	· 콘관입시험과 병행시추 조사 위치
땅깎기		시 험 굴	200m	1~2m	
		시추조사	· 개소당 1개소 이상 (조사등급에 따라 조정)	· 계획고하 2m	· SPT : 1m 마다
		탄성파탐사 또는 전기비저항			
		화상정보			
구 조 물 부	교 량 부	시추조사	· 교대 및 교각 마다 1 개소	· 경암 1m, 연암 3m, 풍화암 7m 까지	· SPT : 1m 마다 · 상·하행선 분리시 모두 시행
		화상정보	· 터파기시 사면안정성 검토가 필요한 경우	· 임반구간	
		공내재하	· 풍화대가 깊어 직접기 초 심도결정시 침하량 산정이 필요한 경우 · 연약층이 깊어 말뚝기 초의 수평방향 변위 반력계수 산정이 필요 한 경우	· 층별 (토사, 풍화암, 임반) 각각 1회	
		탄성파탐사 또는 전기비저항	· 직접기초 위치의 풍화 암 심도가 급변 하는 경우 · 현장여건상 민원으로 시추가 불가한 경우	· 직접기초 예상심도 이상 깊이까지	· 교축방향 2개 측선 또는 교축 및 교축 직각방향
		토모그래피	· 상부구조물에 큰 영향 을 미칠 공동 발견시	· 직접기초 : 푸팅 폭 의 3배 깊이 까지, · 말뚝기초: 기초폭의 1~3배 깊이까지	

조사위치		조사항목	조사빈도	심 도	비 고
구조물 부	터널부 ³⁾	시추조사	· 터널 입출구부 각각 2개소 및 300m마다 1개소	· 계획고하 2m까지	· 토사층 또는 연약대 등이 존재시 풍화암 또는 필요 심도까지
		탄성파탐사	· 터널 개소당 입출구부 필요한 연장		· Cross Hole Test
		전기비저항	· 터널 전연장 (계획심도 250m미만)		
		전자탐사	· 터널 전연장 (계획심도 250m이상)		
		암반수압	· 터널내 용출수산정에 필요한 시추 위치		
		화상정보	· 터널 개소당 입출구부 각각 2개소	· 암반구간	· 절토부 기준 준용
재료원	석 산	사추조사	3개소 이상	· 필요 깊이까지	
	하천 골재	시추조사	필 요 시	· 필요 깊이까지	
	토취장	시추조사	3개소 이상	· 필요 깊이까지	
		시 험 굴	5개소 이상	1~2m	

주) 조사빈도 및 심도는 현장여건을 고려하여 변경가능, Boring은 NX 규격으로 시행

(2) 땅깍기구간 조사등급 분류기준⁴⁾

- ① 인근 지역의 사면 조사, 지표 지질 조사 및 물리탐사 결과에 의해 다음과 같이 지역을 4등급으로 분류하여 비탈면 붕괴 가능성에 따라 조사를 결정한다.

가. A급 : 경상도 일대 퇴적암 지역 및 사전지표지질조사 결과 지역인근에서 산사태성 대규모 붕괴가 다수 발생한 지역으로 비탈면의 높이가 20m 이상인 경우

나. B급 : 지역 및 사전지표지질조사결과 지역인근에서 절리방향이 불량하여 표준 사면경사로 시공시 붕괴가 다수 발생하는 지역으로 비탈면의 높이가 20m 이상인 경우

다. C급 : 절리면 방향이 불량하여 인근에서 사면 붕괴가 종종 발생하는 지역 및 A, B 등급에 해당하는 지역으로 사면의 높이가 20m 미만인 경우 또는 특별히 안정검토가 필요한 경우

라. D급 : 사면이 안정한 지역으로 소규모의 붕괴 또는 낙석발생이 우려되는 지역 및 단순 확장구간으로 기 노출된 사면으로 절리의 방향 및 거칠기 등을 추정할 수 있는 구간

3) 터널부 토질조사 개선방안(설계처-3330, 2009.6.17)

4) 절토비탈면 설계변경 최소화를 위한 토질조사 기준 개선(설계처, 2008.06)

- ② 추가조사는 본조사 수행후 시추공간의 시험결과가 상이한 경우에 수행한다.③ 사면 조사 항목 및 빈도

[표 1.1.2] 한 개 사면당 조사 항목

구분 지역		개략조사	시추조사 및 현장시험	실내시험
A 급	본 조 사	지표지질, 전기비저항 또는 탄성파 탐사	· 시추조사 3공(1공에 대하여는 풍화암층을 3중 관 샘플러 사용 불교란시료 채취, 시추공 전단 강도 시험) · 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험 · 중요 절리면 전단강도 시험
	추 가 조 사	-	· 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 · 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험
B 급	본 조 사	지표지질, 전기비저항 또는 탄성파 탐사	· 시추조사 2공(1공에 대하여는 풍화암층을 3중 관 샘플러 사용 불교란시료 채취, 시추공 전단 강도 시험) · 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험 · 중요 절리면 전단강도 시험
	추 가 조 사	-	· 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 · 시추공 화상 정보시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험
C 급	본 조 사	지표지질, 전기비저항 또는 탄성파 탐사	· 시추조사 2공(1공에 대하여는 풍화암층이 5m 이상인 경우 3중관 샘플러 사용 풍화암층 불교 란시료채취, 시추공 전단강도 시험) · 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험 · 중요 절리면 전단강도 시험
	추 가 조 사	-	· 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 · 시추공 화상정보시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험
D 급	본 조 사	지표지질, 20m 이상 사면 탄성파 탐사 (굴절법)	· 시추조사 1공(풍화암층이 5m이상인 경우 풍화 암층을 3중관 시추기를 이용하여 불교란시료 채취) · 시추공 화상정보(BIPS, ABI 등) 시험	· 일축압축강도 또는 점하중시험
	추 가 조 사	-	· 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 · 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	· 일축압축강도 또는 점하중시험 · 중요 절리면 전단강도 시험

주) 현행 : D급 본조사 수준 (단, 시추공 화상정보시험제외, 시추조사 1공은 절토부 좌,우 2공을 의미)

[표 1.1.3] 시험 항목 빈도

구 분	A급		B급		C급		D급	
	본조사	추가 조사	본조사	추가 조사	본조사	추가 조사	본조사	추가 조사
지표지질조사	1회	—	1회	—	1회	—	1회	—
전기비저항 탄성파탐사	1회	—	1회	—	1회	—	1회	—
시추조사	3공	1공	2공	1공	2공	1공	1공	1공
토질시험	공당 1회	—	공당 1회	—	공당 1회	—	공당 1회	—
중화암 불교란시료채취	1공	—	1공	—	1공 (5m이상)	—	1공 (5m이상)	—
화상정보시험	3공	1공	2공	1공	2공	1공	1공	1공
중화암 시추공전단시험	1개소	—	1개소	—	1개소 (5m이상)	—	1개소 (5m이상)	—
연암 및 경암 절리면전단시험	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	—	1공당 1개소
일축압축강도 또는 점하중시험	약 6m당 1회	—	약 6m당 1회	—	약 6m당 1회	—	약 6m당 1회	—
중화내구성지수시험	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—
평윤시험	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—	1공당 1개소	—

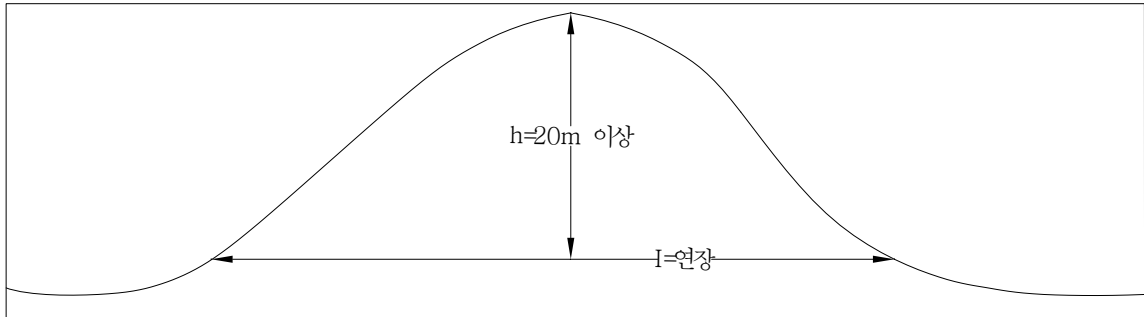
[표 1.1.4] 시험 항목별 조사 결과

시험항목	조사결과	비고
탄성파 또는 전기비저항 탐사	암반분포 및 단층 파악	
화상정보 시험	절리면 방향 및 중화정도	
일축압축강도 시험	암의 일축압축강도	
점하중 강도 시험	암의 일축압축강도 추정	
절리면 전단강도 시험	절리면의 점착력 및 마찰각	
3중관 샘플러	중화암층 불교란 시료 채취	
시추공 전단강도 시험	중화암층의 전단강도 (점착력 및 마찰각)	

④ 대절토부(절취고 20m 이상의 경우) 시추조사 계획

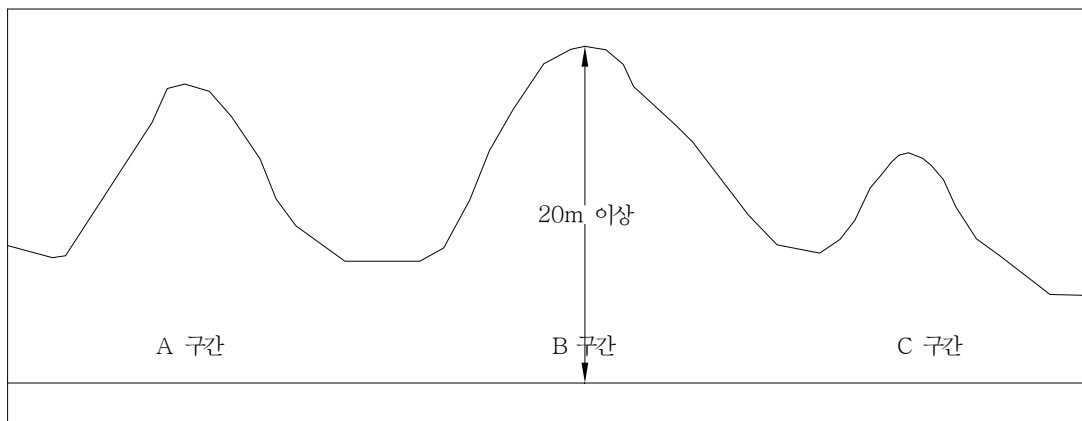
가. 중방향 고려사항

(가) 한 개의 능선인 경우



연 장 항 목	100m 이하	300m이하	600m 이하	600m 이상
시추 조사	1배	2배	2.5배	3배
시추공 화상정보	1배	2배	2.5배	3배
절리면 전단시험	1배	2배	2.5배	3배
시추공 전단시험	1배	2배	2.5배	3배

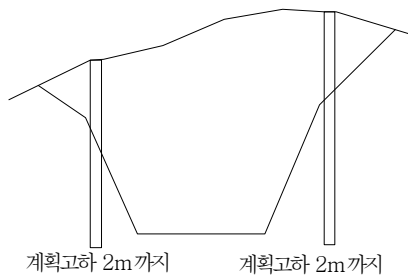
(나) 여러 능선이 같이 있을 경우



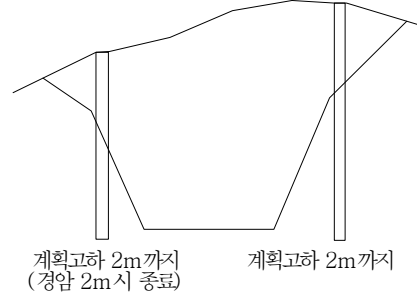
※ 각 능선의 사면높이에 따라 A급(20m이상), B급(20m미만)으로 구분하여 조사 시행

나. 횡방향 고려사항

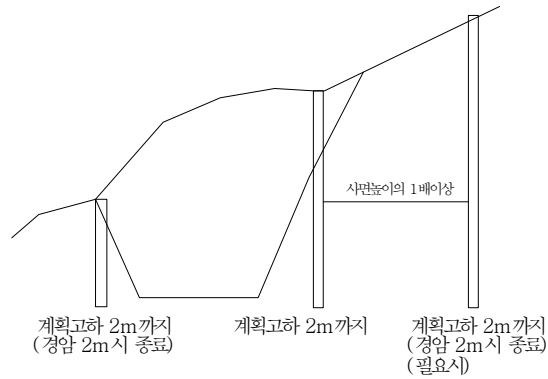
(가) 양쪽 절취



<1-1> 양쪽 깎기면이 20m 이상

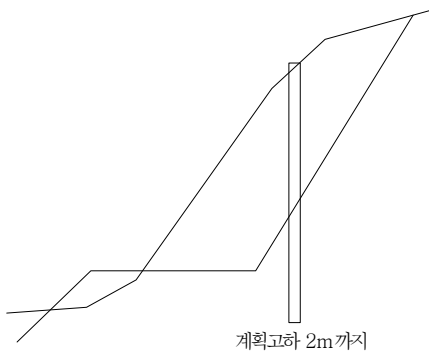


<1-2> ① 한쪽 깎기면이 20m 이상

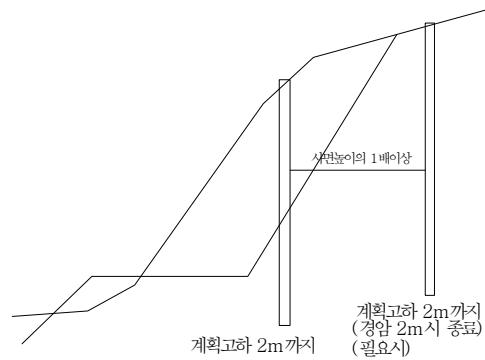


<1-2> ② 한쪽 깎기면이 20m 이상 상부구간 (필요시)

(나) 한쪽 절취 : 비탈면 경계부(계획고하 2m까지), 비탈면 경계 상부구간(필요시, 계획고하 2m까지, 경암 2m 출현시 종료)

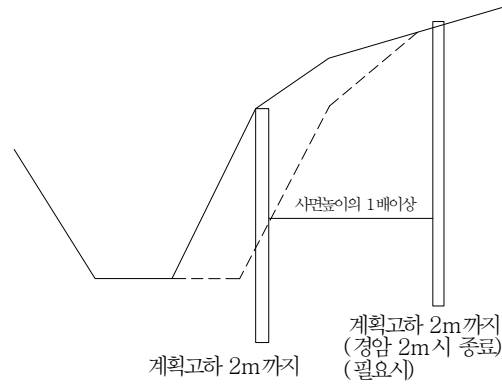


<2-1> 비탈면 경계부(계획고하 2m까지)

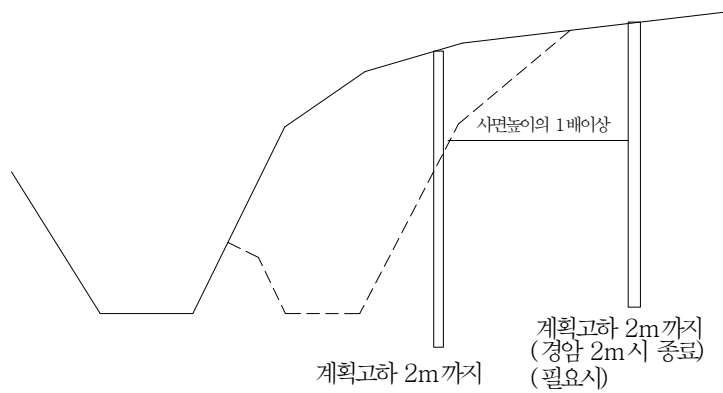


<2-2> 비탈면 경계 상부구간
(계획고하 2m까지, 필요시)

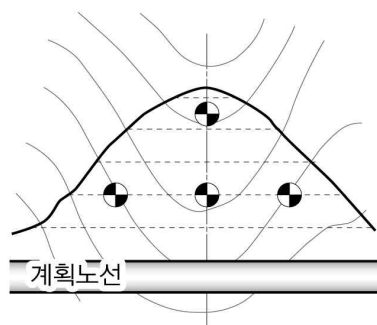
(다) 기존 절토사면 노출시 : 비탈면 경계부(계획고하 2m까지), 비탈면 경계 상부구간 (필요시, 계획고하 2m까지, 경암 2m 출현시 종료)



(라) 등사면 노출시 : 비탈면 경계부(계획고하 2m까지), 비탈면 경계 상부구간 (필요시, 계획고하 2m까지, 경암 2m 출현시 종료)



다. 시추방법 고려사항 : 입체적인 자료획득(구조적 연약대)을 위한 중·횡방향 배치



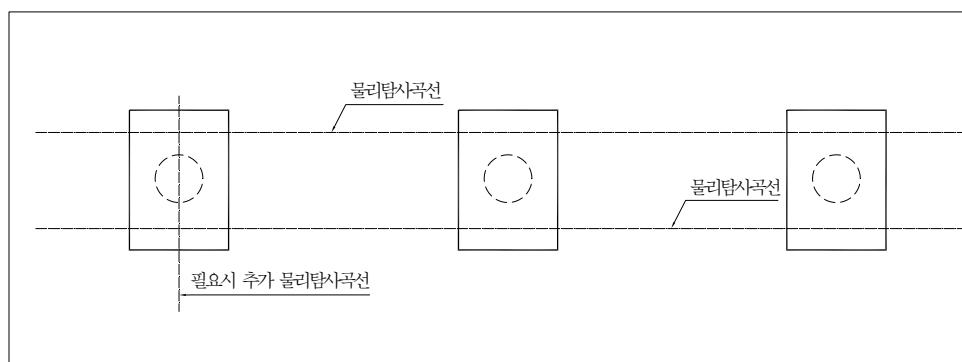
(3) 교량기초 물리탐사 및 공내재하시험 조사기준⁵⁾

① 지반에 공동이 존재하지 않는 경우

구 분	기초형식	직접기초	말뚝기초
급경사지로 터파기시 사면안정 검토가 필요한 경우		시추공 영상 촬영 시험	
풍화암 심도가 매우 불규칙하다고 판단되는 경우		· 탄성파 탐사 또는 전기비저항 탐사 수행 · 탄성파 탐사 : 지오폰 간격 3m 이하, 음원 3개소 이상에서 수행 · 전기비저항 탐사 : 고밀도 2차원 영상법 적용	-
풍화암 심도가 매우 깊어 심도 결정시 침하량이 푸팅심도 결정 요소인 경우		· 공내재하시험(pressuremeter 시험) 수행 · 푸팅 폭의 2배 이내에서 1~2회 적용 · N치가 점증하는 경우 : 1회 · N치의 변화가 매우 큰 경우 : 2회	-
말뚝상부가 연약하여 수평방향 변위가 크게 발생할 가능성이 있는 경우			· 공내재하시험 수행 · 수평방향하중이 크게 작용하는 교대하부 지반에 수행하여 Kh값 산정

② 물리 탐사 축선배치

가. 다수의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 교축방향으로 2회 실시하며 시추조사 위치와 물리 탐사 축선을 가능한 일치시킨다. (단, 필요시 교축직각 방향 추가 탐사수행)



나. 1개의 푸팅을 조사해야 하는 경우 : 교축 방향 및 교축 직각방향으로 실시
(단, 축선 길이는 푸팅폭(L 또는 B)+1.5D×2 이상 확보)

③ 공내재하시험(pressuremeter 시험) 수행 심도

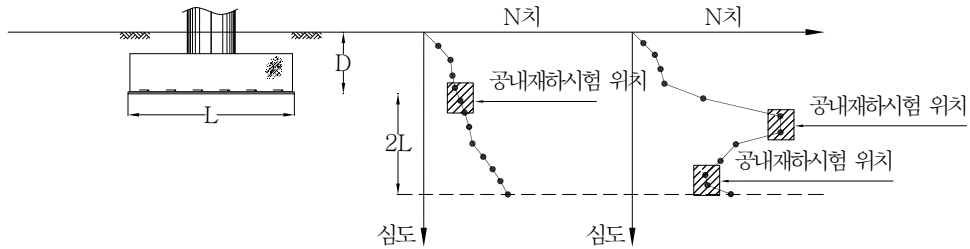
가. 직접기초 예상심도 하부 2L 깊이까지 표준관입 시험치가 점진적으로 증가하는 경우

5) 토질조사 기준개선 (설계처-1503, 2006.06.15)

→ 직접기초 예상심도 직하부에서 실시

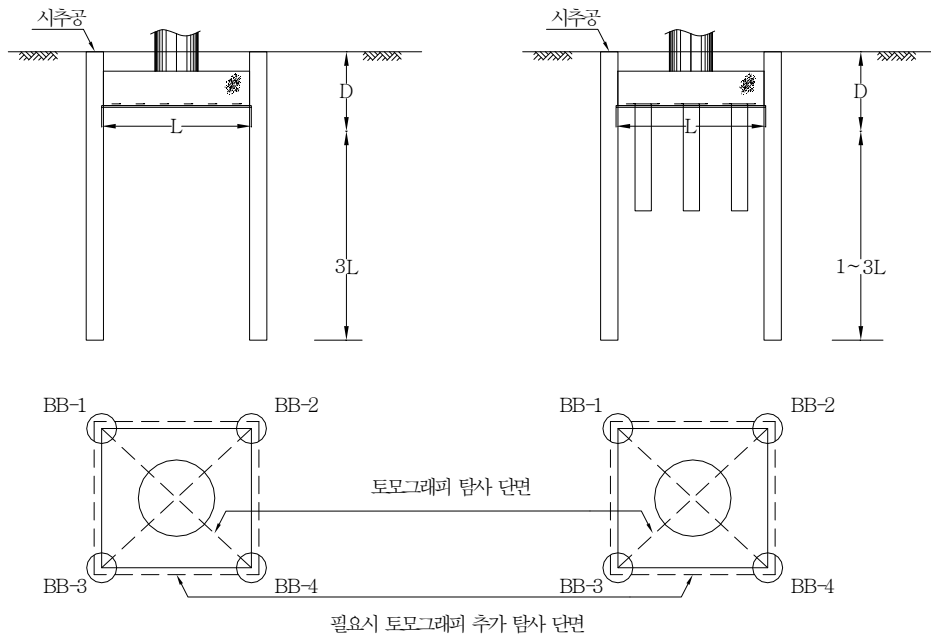
나. 직접기초 예상심도 하부 2L 이내에서 표준관입 시험치가 급변하는 경우

→ 직접기초 하부 2L 이내에서 최소 및 최대 표준관입 시험치를 나타내는 심도에서 실시



④ 지반에 공동이 존재하는 경우

구분	기초 형식		직접기초	말뚝기초
	개략 조사	조사 방법	· 필요시 교축방향으로 공동의 개략적인 분포를 조사함. (전기비저항 탐사 적용)	
· 석회암과 같이 인 근에 공동이 다 수 출현되는 지역 또는 시추조사시 · 상부 구조물에 큰 영향을 미칠 공동이 발견된 지역	정밀 조사	조사 방법	· 푸팅 외곽에 시추조사를 4개소 시행하고 토모그래피 탐사 수행 (탄성파, 전기비저항, 레이더 탐사 이용가능)	
		조사 심도	· 공동 발견된 심도 하부에서 기초폭의 3배 이상 심도까지	· 주변마찰력이 충분히 발휘되는 경우 : 푸팅폭 깊이 까지 · 주변마찰력이 발휘되지 못하는 경우 : 푸팅폭의 3배까지



<그림 1.1.1> 토모그래피 탐사 축선 및 깊이

(4) 조사항목별 실내시험⁶⁾

① 시추조사

시험항목	절토부	연약지반	터널부	교량부	비고
함수비시험	○	○	○(입·출구부)	○	
비중시험	○	○	○(입·출구부)	○	
체분석시험	○	○	○(입·출구부)	○	
입도분석시험	○	○	○(입·출구부)	○	
액성·소성 한계시험	○	○		○	
일축압축시험				○	
직접전단시험		○ (삼축압축시험불가시)	○		
압밀시험		○			
삼축압축시험		○		○	
암석시험	○		○	(연약층이 깊은 밑뚝기초)	
풍화내구성지수시험 (slaking durability test)	○				
팽윤시험 (swelling test)	○				

※ 땡깍기부에 대한 암석시험시 사면안정 해석에 필요한 물성치의 정확도를 확보할 수 있도록 유의한다.

가. 시험굴 시험

- (가) 함수비시험
- (나) 비중시험
- (다) 체분석시험
- (라) 입도분석시험
- (마) 액성·소성한계시험
- (바) 다짐시험
- (사) 실내 CBR시험

나. Hand Auger Boring

- (가) 함수비시험
- (나) 비중시험
- (다) 체분석시험
- (라) 입도분석시험
- (마) 액성·소성 한계시험

다. 골재원 조사

- (가) 비중시험
- (나) 흡수율시험
- (다) 체가름시험

6) 절토비탈면 설계변경 최소화를 위한 토질조사 기준 개선(설계처, 2008.06)

- (라) 입도시험
- (마) 안정성시험
- (바) #200체 통과량 시험
- (사) 마모율 시험

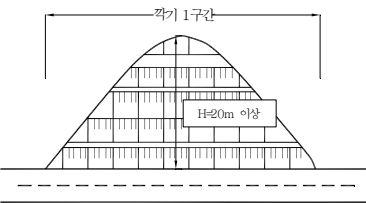
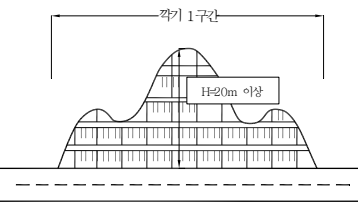
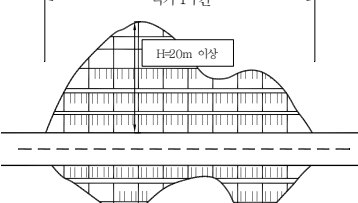
(5) 수행예방을 위한 산악지 도로 조사기준⁷⁾

- ① 깎기높이 20m이상 비탈면에는 최소 2개소의 시추조사를 실시한다.
- ② 연장이 긴 경우 200m마다 1회의 시추조사를 추가한다.
- ③ 시추심도는 부지계획면 아래 2m까지 시추를 실시한다.

1.1.8 시공중 조사

(1) 비탈면 시공중 지반조사⁸⁾

- ① 시공중 붕괴 가능성이 있거나 붕괴된 비탈면은 지반조사 및 안정성 분석을 시행한다.
- ② 시추조사 대상은 20m이상의 땅깍기 비탈면에 대하여 시행한다.
- ③ 설계시 미시추 구간은 실시설계 조사등급 기준에 의거 추가조사를 실시한다.
- ④ 설계시 시추 구간의 경우 조사등급보다 한단계 하향등급으로 추가조사를 실시한다.
- ⑤ 땅깍기 비탈면 추가조사 항목은 다음과 같다.
 - 가. 시추조사(기계기구 설치비 포함)
 - 나. 시추공 영상정보시험(BIPS, ABI 등)
 - 다. 절리면 전단 시험
 - 라. 공내전단시험(풍화암 5m 이상인 경우)
 - 마. 20m이상 비탈면의 경우 전기비저항 탐사 및 탄성파 탐사 추가
 - 바. 풍화민감도 분석(풍화내구성지수시험(slaking durability test), 팽윤시험(swelling test))
- ⑥ 조사항목은 발주처 주관으로 시공사와 협의하여 선정한다.
- ⑦ 추가조사 및 안정성 검토비용(계획준비비, 지질해석비(face mapping), 답사비, 종합검토비)중 설계 미반영 항목은 반영하고, 기반영된 항목은 추가 물량만 반영한다.
- ⑧ 안정성 검토계획, 시행 및 검토단계는 토질기술자와 협의하여 결정한다.
- ⑨ 비탈면 안정 검토가 필요한 개소는 다음과 같이 결정하여 검토비를 산정한다.

		
능선이 한 개인 경우 (1개소/구간)	능선이 여러 개인 경우 (1개소/구간)	양안 절취인 경우 (1개소/구간)

7) 수해예방을 위한 산지부 도로설계기준 개선 (설계처-3394, 2007.11.28)

8) 절토비탈면 설계변경 최소화 대책(안) (건설관리처-1841, 2008.6.2)

(2) 교량기초 시공중 지반조사⁹⁾

- ① 설계시 지반조사가 미실시된 지점에 대하여 시공전 지반조사 시행한다.
- ② 급경사지 또는 지층변화가 심한 곳은 설계시 시추조사만으로 암반분포상황을 파악하기 곤란하므로 시공시 확인조사를 시행한다.
- ③ 시공중 교량기초 지반조사 항목 및 빈도는 다음과 같다.

시험종류	암반 및 지형특성	기초 형식	수량
시추조사	모든 지반 및 기초형식		실시설계시 미 시행한 기초갯수 및 기시행 기초갯수의 1/2
일축압축강도 시험	풍화암~경암	암반 근입 말뚝 기초	시추조사 시행시 암반근입말뚝의 주면 및 선단부 암반에서 각 1회
점하중시험	풍화암, 연암		시추조사 시행시 일축압축강도 시험을 위한 시료채취가 불가한 경우에 암반근입말뚝의 주면 및 선단부 암반에서 각 3회
공내재하시험 (pressuremeter 시험)	풍화암 심도가 매우 깊어 심도결정시 침 하량이 푸팅심도 결 정 요소인 경우	직접 기초	시추조사 시행시 직접기초 직하부 풍화암에 서 1회
물리탐사(탄성파탐사 또는 전기비저항탐사)	급경사지	직접 기초	실시설계시 직접기초 부근에서 시행한 측선 길이의 1/2
시공영상촬영시험	급경사지의 연암 및 보통암	직접 기초	급경사지 시추조사 시행시 직접기초위치에 서 실시설계시 수행한 평균 공당 조사깊이
토모그래피 탐사	석회암지역과 같이 공동이 발견된 경우	직접 및 말뚝 기초	실시설계시 수행한 기초갯수의 1/10회 단, 기초 1개소당 시추조사 4회 포함(1회조사 깊이 : 실시설계시 수행한 평균 조사깊이)

1.1.9 흙 및 암반의 분류와 성질

- (1) 흙 및 암석의 분류는 대상지역의 흙 및 암석의 공학적인 성질을 포함한 설계에 필요한 정보를 얻기 위해 실시한다.
- (2) 흙의 분류는 흙의 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일 분류법에 따르며, 보조적으로 AASHTO 분류법을 사용할 수 있다.
- (3) 흙 및 암석은 토공작업을 기준으로 흙 및 암석을 토사, 리핑암, 발파암으로 구분한다.
- (4) 표토 및 풍화 잔류토는 토사, 풍화암은 리핑암, 연경암은 발파암에 해당한다.
- (5) 풍화 잔류토와 풍화암 층의 구분은 표준관입저항치(N치)와 탄성파속도(P파) 등을 기준으로 구분한다.
- (6) 풍화암과 연암의 구분은 코어회수율(TCR), 암질비(RQD), 탄성파속도, 일축압축강도 등을 기준

9) 교량기초 확인지반조사 설계반영기준 검토 (설계구-10201-31, 2004.03.03)

으로 하여 리핑암과 발파암으로 규정한다.

- (7) 별도의 시험, 검토 등을 수행하지 않는 경우는 문헌 등에 제시된 굴착 난이도를 기준으로 토사, 리핑암, 발파암을 분류한다.
- (8) 표준관입시험, 불연속면의 발달빈도, 탄성파속도 등은 별개의 고려 조건이 아니므로 분류시 이 요소들을 종합적으로 검토한다.
- (9) 토사, 리핑암 및 발파암의 분류는 시공의 난이도에 따라서 구분한다.
- (10) 최종적인 토층구분은 시공시 사용할 불도저의 가동능률을 기준으로 판정한다.
- (11) 토사와 리핑암은 표준관입시험(N치) 50타/100mm를 기준으로 구분한다.
- (12) 리핑암과 발파암은 임반의 굴착 특성을 결정하는 불연속면의 발달 빈도(TCR, RQD)와 탄성파속도를 기준으로 구분한다.
- (13) 임반의 절취난이도는 일축압축강도와 절리 등 불연속면의 빈도로 측정하여 결정한다.

1.1.10 설계정수

- (1) 토공설계에 사용하는 토질정수는 토질시험 결과를 근거로 결정한다.
- (2) 설계정수 결정에 사용되는 표준관입시험결과는 장비의 효율에 따라 N치가 상이하므로 N치에 대한 보정을 실시하여 사용한다.¹⁰⁾
 - ① 기존 경험식을 사용하여 지반의 물성치 및 지지력을 추정하는 경우 사용 경험식에 맞는 효율을 적용한다.
 - ② 경험식이 보정 안된 N치 사용을 적용하는 경우 표준관입시험결과 보정에서 유효응력 보정만을 제외한 N_{60} 을 사용한다.
 - ③ 주상도에는 보정안한 표준관입시험결과와 장비 및 해머종류를 기입하고, 설계조건에 따라 보정하여 사용한다.
 - ④ N치가 100이상이거나 10타를 계속 타입해도 샘플러가 관입되지 않는 경우에 한해 N치 보정을 제외한다.
 - ⑤ N치 보정은 해머 종류별 효율, 유효상재하중, 로트 길이, 샘플러 종류, 공경에 대하여 실시한다.

$$\text{가. N치 보정식 : } N'_{60} = N \times C_N \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \quad [\text{식 1.1.1}]$$

$$N_{60} = N \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \quad [\text{식 1.1.2}]$$

여기서, N'_{60} : 해머효율 60%로 보정한 표준관입시험 결과

N_{60} : 유효응력 보정만을 제외하고 보정한 표준관입시험 결과

N : 각 장비별 표준관입시험결과

C_N : 유효 상재하중에 대한 보정 ($= \sqrt[2]{\frac{10}{P'}}$)

P' : 시험위치의 유효상재압력(MPa)

10) N치 보정기준 검토 (설계이-13202-285, 2000.07.20)

나. 해머효율 보정(n_1)

$$n_1 = \text{해머의 효율} / 60$$

해머종류	도넛형 (donut)	안전형 (safety)	자동형 (trip)	개량자동형 (modified auto-donut)
효 율 (%)	46	65	54	54
n_1	0.767	1.083	0.900	0.900

다. 톱드 길이 보정(n_2)

[표 1.1.5] 톱드 길이에 따른 에너지 효율(Skempton, 1986)

톱드 길이 (m)	3~4	4~6	6~10	10이상
n_2	0.75	0.85	0.95	1.00

라. 샘플러 종류에 따른 보정(n_3)

[표 1.1.6] 샘플러 종류에 따른 효율(Skempton, 1986)

샘플러 종류	Liner가 없을 경우	Liner가 있는 경우
n_3	1.2	1.0

마. 굴착홀의 직경에 따른 보정(n_4)

[표 1.1.7] 굴착홀의 직경에 따른 효율(Skempton, 1986)

굴착홀 직경 (mm)	65~115	150	200
n_4	1.00	1.05	1.15

[표 1.1.8] 굴착홀의 직경에 따른 효율(Skempton, 1986)

구 분	코아배럴 비트 외경 (mm)	굴착홀 직경 (mm)
EX	36.51	38.1
AX	47.63	50.8
BX	58.74	63.5
NX	74.61	76.2

1.1.11 토랑 변화율

- (1) 굴착하거나 다짐할 때의 토랑변화율은 시험에 의해서 산정한다.
- (2) 소랑이거나 부득이한 경우에는 건설표준품셈을 적용한다.

(3) 토량 변화율은 다음과 같이 산출한다.

$$L = \frac{\text{호트러진토량}(m^3)}{\text{자연상태의토량}(m^3)}, \quad C = \frac{\text{다짐후의토량}(m^3)}{\text{자연상태의토량}(m^3)}$$

1.2 토공설계

1.2.1 토공설계 개요

- (1) 도로의 토공은 차량 통행 공간을 안전하게 유지하고 포장체에 전달되는 교통하중을 충분히 지지하도록 설계한다.
- (2) 토공설계는 땅깍기 또는 흙쌓기 구조물을 축조하는 공사로서 임발파, 비탈면 보호, 연약지반상 흙쌓기, 구조물 뒷채움, 동상방지대책 등을 포함한다.
- (3) 토공은 계절과 강우 등에 영향을 받기 때문에 장기간 그 기능을 발휘하도록 기초지반 및 노상 지지력, 비탈면 안정 및 침하 등에 대해 안정해야 한다.
- (4) 비탈면 경사는 지표지질조사, 지반조사 및 실내현장시험 성과를 이용하여 안정해석을 실시하고 그 결과에 의해 설계해야 한다.
- (5) 비탈면 경사시 안정성 검토는 안정계산에 의한 안전율만으로 판단할 것이 아니라 인접 시설의 안정을 종합적으로 고려하여 설계한다.
- (6) 토공설계에 사용하는 각종 지반정수는 실내 및 현장시험 결과에 근거하여 결정한다.
- (7) 현지상황 등에 의해 실험을 할 수 없거나 개략적인 검토를 하는 경우에는 문헌에서 제시한 토질정수를 참고 할 수 있다.

1.2.2 토공계획의 흐름

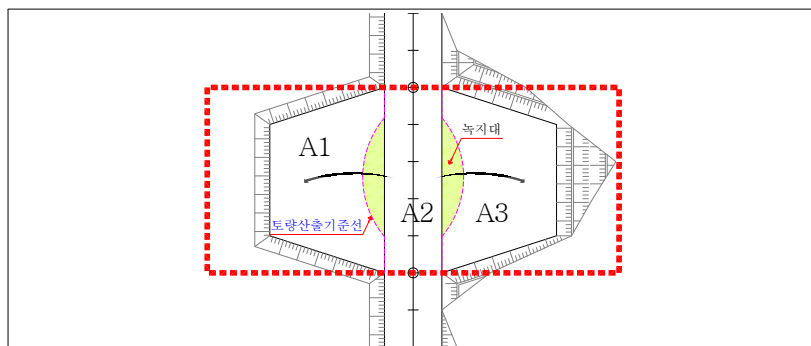
- (1) 토공계획은 도로건설의 흐름을 충분히 고려하여 합리적으로 시행한다.
- (2) 도로건설은 타당성 조사 및 기본설계 단계, 실시설계 단계, 시공 단계, 유지관리단계로 나누어 시행한다.

1.2.3 토공계획의 일반사항

- (1) 노선의 선정
 - ① 경제성, 비용편익, 주행 안정성, 환경보전, 시공성 및 유지관리 등을 고려한 최적의 노선을 선정한다.
 - ② 토공계획은 지형 및 지질, 쌓기 재료 조건과 토공 구조물의 안정성 및 환경, 문화재 등 지반조건 및 사회적 조건을 고려해야 한다.
 - ③ 산사태 위험지역, 눈사태 위험지역, 지질 위험지역, 문화재 매장지역, 구 광산 지역 등은 공사비 및 유지관리 변화가 심하므로 주의한다.
 - ④ 노선선정은 충분한 조사와 전문 기술자의 의견을 종합하여 선정한다.
 - ⑤ 노선 검토에 필요한 상세지도 및 지질도의 입수가 곤란한 경우 기존 자료를 효과적으로 이용한다.

(2) 토량의 배분

- ① 토량 배분은 지형, 지질, 현지상황, 경제성, 시공성 등을 고려하여 결정한다.
- ② 땅깍기나 흙쌓기의 절성토량이 평형이 되도록 계획한다.
- ③ 땅깍기로 발생한 재료는 성상을 파악하여 적합한 흙쌓기 장소로 배분한다.
- ④ 비탈면의 경사도는 비탈면 안정해석에 의해 결정한다.
- ⑤ 토량 배분의 평형이 곤란한 경우, 인접 공사간에 토량의 조정하거나, 공구분할을 재검토하여 가능하면 사토나 순성토가 발생치 않도록 한다.
- ⑥ 토량 계산에 필요한 땅깍기의 단면적은 토사, 리핑암, 발파암으로 구분하여 산출한다.
- ⑦ 토량변화율은 다짐정도에 따라 변동이 크기 때문에 시험시공 등을 통해 확인한다.
- ⑧ 토량 배분시 흙의 운반거리가 가능한 한 짧게 계획한다.
- ⑨ 토공 운반장비는 기종별로 구한 경제적인 흙 운반거리, 공사의 규모, 지형, 지질, 현지의 조건, 공정 등을 종합적으로 검토하여 선정한다.
- ⑩ 무대운반 20m이하, 도저운반 20m~60m, 덤프운반 60m이상으로 한다.
- ⑪ 토적도는 중방향 토량 이동만을 표시하고 횡방향의 이동은 반영되지 않으므로 횡방향의 토량이 누락되지 않도록 주의한다.
- ⑫ 토량의 배분을 원지반 보정으로 하는 경우는 배분된 토량도 원지반의 토량으로 바꾸어 놓아야 한다.
- ⑬ 노상 및 노체의 상부에는 다짐이 용이하고 압축성이 작은 재료를 배분한다.
- ⑭ 입경이 큰 전석과 암괴, 소성지수가 높은 점성토 등은 흙쌓기 하부에 넣도록 계획한다.
- ⑮ 횡방향 및 중방향 무대처리토사는 토사→리핑암→발파암 순으로 한다.
- ⑯ 휴게소, 본선영업소 등의 토량산출은 횡단토량 수량산출이 용이하고, 토적도 적용이 가능한 중방향 산출을 적용한다.¹¹⁾
- ⑰ 휴게소, 본선영업소 등의 운반수량에 대한 거리산정은 중방향 산출을 적용한다.
- ⑱ 휴게소, 본선영업소 등의 토량산출방법은 다음과 같다.
 - 가. 본선구간과 광장구간으로 구분한다.
 - 나. 본선 측점을 기준으로 구간별로 토량산출 및 토적도 작성
 - 다. 구간내 1차 토공유동 산정
 - 라. 구간별 사토 및 순성토에 대한 2차 토공유동 산정



<그림 1.2.1> 중방향 토량 산출

11) 휴게소, 본선영업소 횡방향 운반 산출방안 검토 (설계처-3126, 2006.11.30)

⑩ 휴게소, 본선영업소 등의 토량산출 기준선 검토는 다음과 같다.

가. 무대량 산출거리를 고려한 운반거리 적용

나. 토량의 운반거리는 발생토량의 중심간 거리로 산정

다. 중방향 산출시 본선과 광장구간으로 구분

(3) 고속도로 건설 인허가¹²⁾

① 실시설계단계

가. 인허가 최종협의 완료 및 고시 후 인허가 협의자료를 CD로 제작하여 성과품으로 공사 주관부서에 인계한다.

나. 인허가 협의과정에서 추가 요구 또는 보완사항을 수정한다.

② 공사시행단계

가. 실시설계 협의사항을 토대로 공사추진에 필요한 개발제한구역내 행위허가, 지형도면고시, 자연공원점용허가, 휴게소 건축 인허가 등의 후속 인허가 업무자료를 작성한다.

나. 공사중 발생하는 인허가 변경사안에 대하여 협의자료를 작성한다.

다. 고속도로 준공에 따른 인허가 자료를 CD로 제작하여 준공 성과품으로 유지관리부서에 인계한다.

라. 준공전 각 지역별 도로구역 변경사항을 모두 반영한다.

③ 유지관리단계

가. 준공성과품의 인허가 관련 CD를 활용하여 용지경계, 접도구역관리 등 유지관리 업무를 추진한다.

나. 공용중 발생하는 시설개량 및 휴게소 설치 등의 인허가 변경 업무를 수행한다.

다. 유지관리시 발생된 인허가 변경사항을 CD로 제작하여 향후 고속도로 확장 및 추가시설 개량시 활용한다.

1.2.4 흙쌓기

(1) 노체설계

① 교통하중과 흙쌓기 하중에 의한 변형과 침하가 발생하지 않도록 설계한다.

② 강우, 침투 또는 지진 등의 붕괴 원인에 대한 안정성을 가져야 한다.

③ 침하와 붕괴에 대한 내구성을 갖도록 설계한다.

④ 흙쌓기 구조물은 시공 및 품질관리를 통해 설계하중에 저항하도록 한다.

⑤ 노상은 충분한 지지력을 갖고 변형량이 적어야 한다.

⑥ 노상은 표면수침투에 의한 팽윤과 동상 등에 대하여 내구성을 가져야 한다.

⑦ 흙쌓기부의 기초지반, 흙쌓기 재료의 특성 및 분포를 파악해야 한다.

⑧ 시공단계 초기에 시험시공을 실시하고 필요시 설계나 토량 배분계획 등을 변경한다.

⑨ 현장에서 발생하는 흙은 현장내에서 유용하며 사토가 최소화 되도록 한다.

⑩ 흙쌓기의 시공에서는 토질에 적합한 기계를 사용하여 얇고 균일하게 포설하여 다짐한다.

⑪ 흙쌓기의 안정성 및 시공성 등에 영향을 미치는 지하수 및 표면수에 대해서 충분한 조사를 실시하고 적절한 대책을 강구해야 한다.

12) 고속도로 건설관련 인허가 자료 관리방안 통보 (건설지10105-30165, 2003.03.17)

- ⑫ 강우나 기온 등의 영향을 받기 쉬운 세립토(실트, 점성토 등)에 대해서는 토량 배분계획 및 시공계획시 시공하는 계절을 고려한다.
- ⑬ 흙쌓기의 안정 검토에서는 재해사고나 붕괴가 생길 경우 인접지에 미치는 영향, 복구의 난이도 및 안정계산 결과 등을 종합적으로 검토한다.

(2) 노상설계

- ① 노상은 교통하중을 지지하고 포장공사 등을 위한 대형 시공기계가 진입할 수 있어야 한다.
- ② 상부 노상 및 땅깍기부 노상은 프루우프 로울링(proof rolling)을 실시하여 허용 처짐량을 관리하여야 한다.
- ③ 노상재료는 가장 경제적인 재료를 선정하고, 현장내 발생토를 사용하도록 노력한다.
- ④ 노상설계는 노상재료의 품질 및 다짐규정에 따른다.
- ⑤ 노상의 구성 및 재료의 선정은 공사 초기 시험시공에 의해 결정한다.
- ⑥ 노상의 두께는 1000mm를 표준으로 한다.
- ⑦ 원지반을 땅깍기하여 노상을 형성하는 경우 원지반의 재료가 노상재료 기준에 적합할 경우 직접 노상으로 활용할 수 있다.
- ⑧ 노상재료 기준에 적합하지 않을 경우 소요 CBR을 기준으로 일정두께를 치환한다.
- ⑨ 상부 노상면의 횡단경사는 포장면과 동일한 경사로 한다.

(3) 흙쌓기 비탈면 표준구성

- ① 흙쌓기 비탈면은 비탈면 경사의 선정, 소단의 설치, 식생토의 필요성, 비탈면 전압방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계한다.
- ② 비탈면 높이는 원지반 조건, 지형조건, 쌓기재료의 특성, 주변 환경조건, 경제적인 여건을 고려하여 결정한다.
- ③ 일반적으로 최대높이는 10m 전후로 하고 안정해석과 제반 여건을 고려한 후에 더 높게 쌓을 수 있다.
- ④ 비탈면 경사는 원지반의 형상 및 강도, 쌓기 재료의 형상 및 강도 등을 고려하여 비탈면 안정해석을 수행하여 결정한다.
- ⑤ 경사를 변경하고자 하는 경우에는 안정성을 재검토한다.
- ⑥ 비탈면 높이가 10m 미만인 경우에는 비탈면 표준경사 및 소단에서 제시하는 표준경사를 적용할 수 있다.
- ⑦ 흙쌓기 비탈면 경사는 쌓기 재료의 종류, 비탈면 높이에 따라 다음과 같은 표준경사를 적용한다.

[표 1.2.1] 쌓기비탈면의 표준경사

쌓기재료	비탈면 높이 (m)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 없는 경우 (도로, 철도 등)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 있는 경우 (주택, 건물 등)
입도분포가 좋은 양질의 모래, 모래자갈 암괴, 암버럭	0~5	1:1.5	1:1.5
	5~10	1:1.8	1:1.8~1:2.0
	10초과	별도 검토	별도 검토
입도분포가 나쁜 모래, 점토질 사질토, 점성토	0~5	1:1.8	1:1.8
	5~10	1:1.8~1:2.0	1:2.0
	10초과	별도 검토	별도 검토

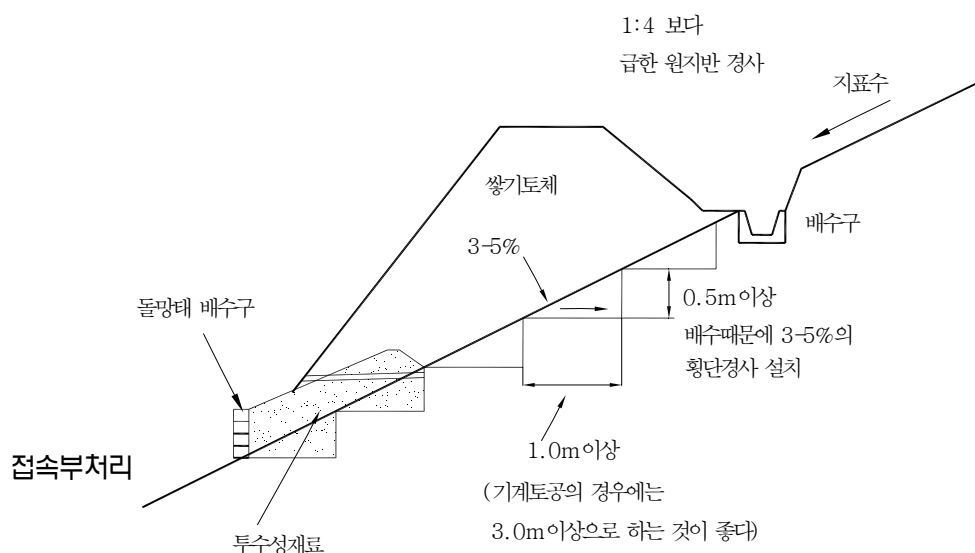
주) 1) 상기 표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함.

2) 비탈면높이는 비탈어깨에서 비탈끝까지 수직높이임

- ⑧ 표준경사와 다른 경우 또는 높이가 10m 를 초과한 경우는 별도의 비탈면 안정해석을 통하여 경사를 결정한다.
- ⑨ 비탈면높이가 5m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 소단을 설치한다.
- ⑩ 비탈면 중간에 5~10m 높이에 폭 1~3m의 소단을 설치한다.
- ⑪ 장비진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

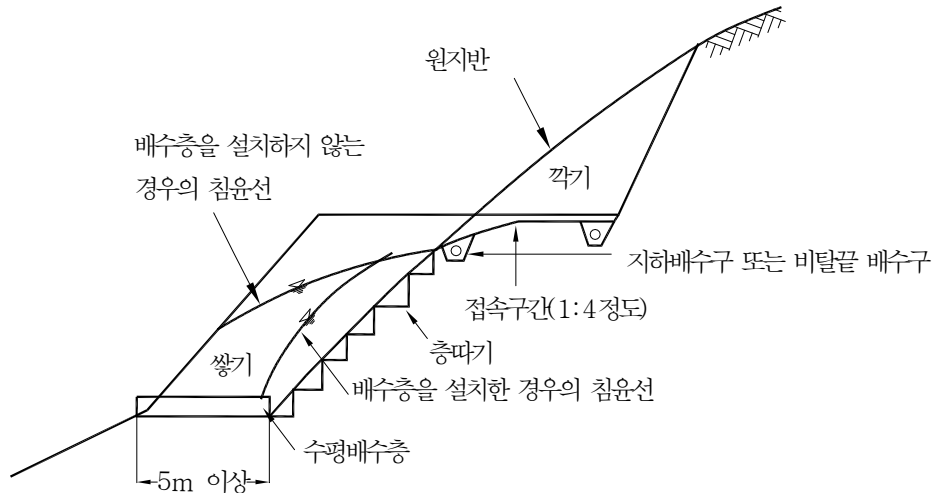
(4) 경사지반 흩쌓기

- ① 경사가 1:4보다 급한 원지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 원지반 표면에 충따기를 실시한다.
- ② 충따기는 원지반과 쌓기지반과의 밀착을 도모하여 쌓기 토체의 변형 및 활동을 방지한다.



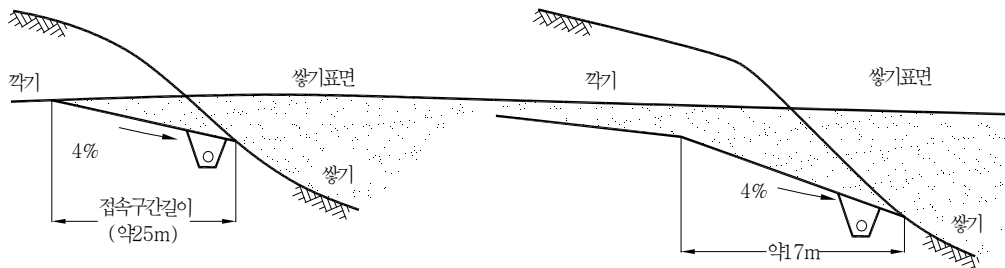
<그림 1.2.2> 비탈면 흩쌓기의 층따기

- ③ 경사지반상 흩쌓기와 기초지반과의 경계부에는 침투수가 발생하여 토체의 활동을 일으킬 수 있으므로 배수구를 설치하여 지표수를 배수한다.
- ④ 충따기면에는 시공중의 배수를 위하여 3~5%경사를 준다.
- ⑤ 기초지반에 용수가 있는 경우에는 원지반에 접한 흩쌓기 부분에 투수성의 재료를 사용하거나 배수층을 설치한다.
- ⑥ 비탈끝에는 흩쌓기가 붕괴되지 않도록 돌쌓기 등을 설치한다.
- ⑦ 토사 충따기 높이는 500mm이상, 폭은 1000mm 이상으로 하고, 기계 토공시에는 3000mm이상을 확보한다.
- ⑧ 암석 충따기 깊이는 암표면으로부터 수직으로 최소 400mm 이상을 확보한다.
- ⑨ 편절·편성 구간에서는 땅깍기 단부에서 흩쌓기부 노상 저면의 깊이까지 깎고, 1:4 정도의 경사로 땅깍기부 노상 저면에 접속시킨다.
- ⑩ 편절·편성 경계부 구간에서는 단차가 발생하기 쉬우므로 접속구간을 두어 점진적으로 경사지게 한다.

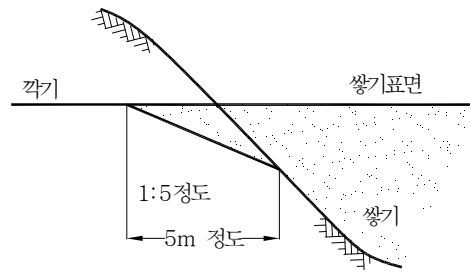


<그림 1.2.3> 편절·편성 구간 충따기 및 배수처리

- ⑪ 깎기·쌓기 경계구간의 접속구간 길이는 25m로 하며, 땅깍기 지반이 발파암인 경우 접속길이를 5m로 한다.



(a)땅깍기부 노상에 치환을 있을 경우 (b)땅깍기부 노상에 치환을 있을 경우



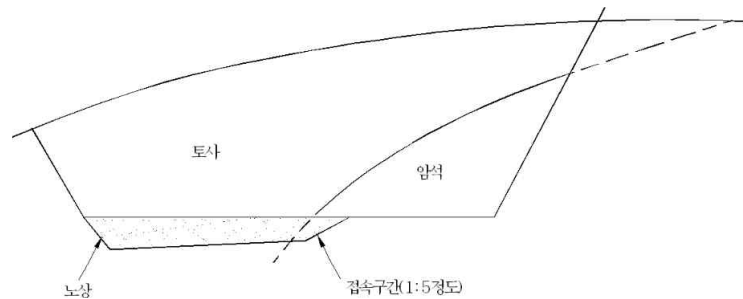
(C)땅깎기부 노상이 암반인 경우

<그림 1.2.4> 깎기·쌓기 경계부에서 접속부처리

1.2.5 땅깎기

(1) 땅깎기구간 노상설계

- ① 땅깎기부 노상이 암석인 경우 굴착면을 노상 마무리면(토공기면)으로 한다.
- ② 굴삭후 약화될 염려가 있는 암석은 충분한 풍화 대책을 강구한다.
- ③ 원지반 재료가 상부노상의 품질을 만족하는 경우는 원지반을 세밀히 다짐하여 사용한다.
- ④ 원지반의 토질이 다르고, 필요로 하는 노상 두께가 다른 경우 및 편절편성에는 접속구간을 설치한다.



<그림 1.2.5> 원지반의 토질이 다른 경우의 접속구간 설치

- ⑤ 땅깎기 노상은 토질조사 결과 등을 참고로 계획하고, 시공시 시험시공 등을 실시하여 최종적인 노상구성을 결정한다.
- ⑥ 원지반이 경암으로 굴삭이 곤란하고, 굴삭 연장이 긴 경우는 현지의 상황에 따라 토공 마무리 면을 변경할 수 있다.
- ⑦ 이암과 같은 파쇄되기 쉬운 암석은 굴삭 후의 건습 반복에 의해 약화되기 쉬우므로 노상 마무리 후 신속히 포장한다.

(2) 땅깎기 비탈면 표준구성

- ① 땅깎기 비탈면 경사는 장기적인 안정성과 지속적인 유지관리를 감안하여 결정한다.
- ② 지반조사 및 시험성과, 코어회수율(TCR)과 암질지수(RQD), 불연속면의 발달방향과 특성, 풍화정도 등을 고려하여 구간별 안정성 분석을 실시하고 그 결과에 의해서 비탈면 경사를 결정한다.
- ③ 비탈면에 대한 정보가 부족한 경우는 표준경사 및 소단기준에 제시한 표준경사를 적용하고 시공단계에서 재검토하도록 시방서 등에 명시한다.

- ④ 붕괴성 요인을 가진 비탈면에서는 별도로 안정성 검토를 실시하여 비탈면 경사를 결정한다.
- ⑤ 암반비탈면의 경우는 지표지질조사 및 시추조사에 의해 파악된 절리의 방향성 및 발달상태에 따라 안정해석을 실시하여 비탈면 경사를 결정한다.

[표 1.2.2] 토사 깎기 비탈면 표준경사

토 질 조 건		비탈면 높이(m)	경 사	비 고
모 래			1:1.5 이상	SW, SP
사 질 토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
		5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암괴 섞인 사질토	밀실하고 입도분포가 좋음	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점 성 토		0~10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML,MH,CL,CH
암괴 또는 호박돌 섞인 점성토		5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
		5~10	1:1.2 ~ 1:1.5	
풍화암		—	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 암

주) 1) 실트는 점성토로 간주. 표에 표시한 토질 이 외에 대해서는 별도로 고려한다.

2) 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일 비탈면의 경사이다.

[표 1.2.3] 암반 깎기 비탈면 표준경사

암반 구분 (굴착난이도)	암반 파쇄 상태		굴 착 난이도	경 사	소단 설치	비 고
	NX시추시(BX)					
	TCR(%)	RQD(%)				
풍화암 또는 연경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하 (5% 이하)	10 %이하 (0%)	리핑암	1:1.0 ~1:1.2	H=5m 마다 1m폭	*최하단기준 매20m 마다 3m소단설치
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연경암	20~40% (10~30%)	10~25% (0~10%)	발파암 (연암)	1:0.8 ~1:1.0	H=10m 마다	*발파암과 리핑암 사 이에는 소단을 설치 하지 않음
	40~60% (30~50%)	25~50% (10~40%)	발파암 (보통암)	1:0.7	1~2m폭	*소단사이에 토사와 리핑구분선이 발생 시 많은쪽 비탈면 경사를 적용
	60% 이상 (50%이상)	50% 이상 (40%이상)	발파암 (경암)	1:0.5	H=20m 마다 3m폭	

- ⑥ 깎기 비탈면의 높이가 10m 이상인 경우, 비탈면 유지관리, 배수시설 설치를 위해 소단을 설치하고, 비탈면 5~20m 높이마다 폭은 1~3m의 소단을 설치한다.
 - ⑦ 소단은 비탈면 전체의 높이, 지반의 종류 및 침식작용에 대한 안정성, 소단에 설치되는 배수시설 등을 고려하여 소단 설치 높이와 폭을 조정할 수 있다.
 - ⑧ 비탈면 높이에 관계없이 투수층과 불투수층과의 경계에는 필요에 따라 중방향으로 일정한 높이에 소단을 설치하며 소단의 횡단기울기는 10.0%로 한다.
 - ⑨ 발파암반 하부에 두꺼운 층의 리핑암이 나타나면 상부 발파암도 하부 리핑암에 준하여 비탈면 경사를 적용한다.
 - ⑩ 소단과 소단사이에 토사와 리핑암 구분선이 발생할 경우, 많은 쪽의 비탈면 경사 적용하며 미관 및 현장 시공여건을 고려하여 조정 설치할 수 있다.
- (3) 붕괴성 요인을 갖는 지질의 비탈면 경사
- ① 붕괴 위험성이 높은 지역은 반드시 토질조사 또는 지질조사를 시행하여 비탈면 안정 검토 후, 비탈면 경사를 결정한다.
 - ② 붕적토(colluvium)는 중력에 의해 퇴적된 지층 특성을 감안하여 적정 비탈면 기울기를 결정한다.

[표 1.2.4] 붕적토의 적정 비탈면 기울기

지하수조건	경 사
강우시에도 지하수위가 설계고보다 낮은 경우	1:1.2
강우시만 지하수위가 설계고보다 높아질 경우	1:1.5
상시 지하수위가 설계고보다 높은 경우	1:1.8~1:2.0

(4) 땅깎기 비탈면 모따기

- ① 땅깎기 비탈면 상단이나 양단부는 원지반과 비탈면의 경계부위가 불안정하여 식생의 정착이 어렵고 침식을 받기 쉬우므로 모따기를 실시한다.
- ② 비탈면 모따기는 원지반과 비탈면의 경계를 중심으로 상하 방향으로 접선장 1.0m 범위에 실시하며, 필요시 지반상태, 미관 등을 고려하여 조정한다.

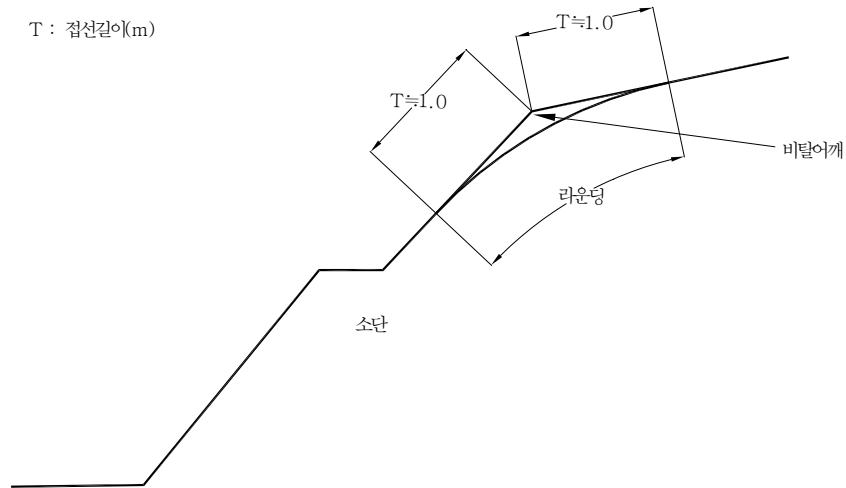
(5) 비탈면 라운딩

- ① 땅깎기 비탈면의 어깨 및 양단부는 원칙적으로 라운딩을 하도록 하고, 그 형상은 매끄러운 원형으로 한다.
- ② 땅깎기 비탈면의 어깨나 양단부는 침식을 받기 쉬우므로 침식방지, 식생의 정착 및 경관의 측면에서 라운딩하는 것이 바람직하다.
- ③ 비탈 어깨의 라운딩은 상하 방향으로 접선장 1.0m 정도로 한다.
- ④ 휴게소나 인터체인지 내 등 경관을 중시하는 비탈면은 별도로 고려할 필요가 있으며, 다음 식을 기준으로 한다.

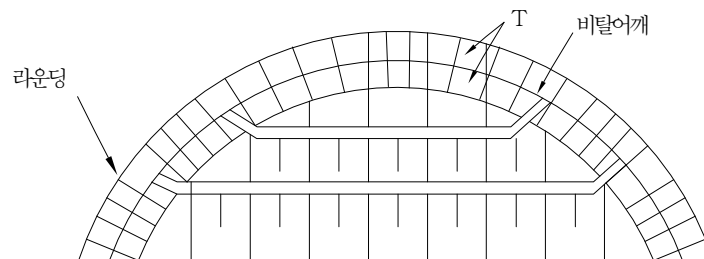
$$T = \frac{a}{3}$$

[식 1.2.1]

여기서, T : 접선 길이(m),
a : 비탈면 최대 경사길이(m)



<그림 1.2.6> 라운딩의 범위



<그림 1.2.7> 종단방향의 라운딩

(6) 표면수 및 용출수 처리

- ① 표면수 및 용출수는 비탈면의 세굴 및 붕괴를 초래할 수 있으므로 이에 대한 용출수 처리대책을 설계에 반영한다.
- ② 비탈면 상부의 자연 경사면으로부터 표면수 유입이 예상되는 구간은 비탈면 상단에 산마루 측구 등을 설치하여 비탈면의 세굴을 방지한다.
- ③ 지하수 침투 등에 의해 용출수가 예상되는 경우에는 맨암거, 유공관 등에 의한 비탈면 배수 처리 계획을 수립한다.
- ④ 소단배수로의 경우 월류 및 침투가 발생하지 않도록 배수로의 경사와 규모를 결정한다.
- ⑤ 용출수처리 방법은 지반의 종류, 예상 수량 등을 고려하여 결정하며, 총적층과 봉적층은 표면처리공법, 풍화토 및 암반에는 수평 배수공을 실시한다.
- ⑥ 수평 배수공은 지하수의 배수를 용이하도록 수평하향으로 약 5°의 경사를 유지하고, 용출량이 많은 배수공 단부는 돌망태나 콘크리트벽을 설치한다.
- ⑦ 한랭지에서는 지표면 부근에서 동결하여 용수의 배출을 저해할 수 있으므로 유공관 단부의 매설 심도나 종말처리 위치, 방법 등에 대해서 검토한다.

1.2.6 암쌓기

- (1) 암쌓기 재료의 최대치수는 600mm 이하로 하며, 시험시공을 통하여 최대 입경을 조정할 수 있다.
- (2) 풍화암이나 이암, 셰일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성상 쉽게 부서지거나 반복 수침시 연약해지는 암버력의 최대치수는 300mm 이하로 한다.
- (3) 암버력은 노체 완성면 600mm 하부까지만 사용하며, 노체의 상부 600mm는 Filter층 역할을 할 수 있는 입상 재료 또는 소일시멘트 중간층 등을 설치한다.
- (4) 노체의 상부 600mm가 Filter층으로 시공되어도 노상토와의 입도분포를 상호 비교하여 적정량의 공극채움재를 사용한다.
- (5) 암버력은 입경 600mm 이하에서 양호한 입도분포(well graded) 상태를 가져야 한다.
- (6) 암버력 다짐시 1층 마무리 두께가 600mm인 경우는 반드시 진동다짐 장비를 이용한다.
- (7) 암쌓기 다짐은 암성토 시공지침을 따른다.
- (8) 기시공된 성토층 위에 암성토를 실시하는 경우, 기시공된 표면의 중심에서 외측으로 1:12 정도의 경사로 다짐을 하고 배수가 원활히 되도록 한다.
- (9) 암거, 중·횡배수관 및 구조물 상부 600mm 이내에서는 암성토를 금지한다.
- (10) 흙쌓기 비탈면에 암버력이 노출되지 않도록 양질의 토사로 1m 이상 덮어 식생이 가능하도록 조치한다.
- (11) 말뚝박기를 할 지점, 편절편성부, 절성경계부, 향후 건축물 설치부는 암성토를 지양한다.

1.3 암발파

1.3.1 발파설계 개요

- (1) 노천발파는 자유면을 형성이 용이하여 다양한 발파설계가 가능하나 발파에 의한 환경피해가 발생할 수 있으므로 유의한다.
- (2) 발파에 의한 소음, 진동, 비석 등 환경공해가 발생함에 따라 각종 민원의 발생을 사전에 예방하기 위한 발파공법을 선정한다.
- (3) 현장조사를 기초로 하여 설계지역의 보안물건에 대한 발파영향권 분석을 실시하여 영향여부를 평가하고, 저감대책 방안을 수립한다.
- (4) 선정된 발파공법은 평면도와 횡단면도로 구분하여 제시하고, 해당 발파공법별로 표준 발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시한다.
- (5) 암파쇄 굴착공법은 암반강도와 특성을 감안하여 시공성과 경제성을 감안하여, 대형브레이커 기계굴착, 유압파쇄, 전력파암공법 등을 비교 검토하여 선정한다.

1.3.2 암발파 현장조사¹⁵⁾

- (1) 암발파 영향이 미칠 것으로 예상되는 보안물건에 대하여 조사한다.

15) 절성토 비탈면 소단층구 개선 검토 (건설관리처-1665, 2007.06.19)

16) 육상부 암발파 설계 및 계측적용기준 검토 (설계처 527, 2007.02.23)

(2) 현장조사시 다음과 같은 사항을 기입하여야 한다.

- ① 건물과 구조물의 용도, 거주 및 문화재 지정 여부
- ② 건물과 구조물의 구조형태, 노후정도, 균열발생 상태 등
- ③ 건물과 구조물의 기초 및 지반상태
- ④ 건물내의 특수 시설물에 대한 용도 및 기종
- ⑤ 가축의 종류 및 사육 두수 등
- ⑥ 기타 발파직업으로 인한 피해 영향이 예상되는 시설물

1.3.3 발파 소음진동 규제기준

(1) 발파에 대한 규제기준이 없으므로 환경부 소음·진동 규제법의 발파 소음·진동 규제기준(제29조의 2제3항 관련)을 적용한다.

[표 1.3.1] 생활소음·진동의 규제기준 (소음·진동 규제법 시행규칙 제20조의 3 관련)

<개정 2007. 12. 31>

[표 1.3.1] 생활소음 규제기준 (단위 : dB(A))

대 상 지 역		시 간 별 소 음 원		아침(05:00~08:00) 저녁(18:00~22:00)	주간 (08:00~18:00)	심야 (22:00~05:00)
2008년 12월 31일까지	주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	확성기 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
			옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
		공장·사업장		50 이하	55 이하	45 이하
		공 사 장		65 이하	70 이하	55 이하
	기타지역	확성기 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
			옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
		공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하
		공 사 장		70 이하	75 이하	55 이하
2009년 1월 1일부터	주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	확성기 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
			옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
		공장·사업장		50 이하	55 이하	45 이하
		공 사 장		60 이하	65 이하	50 이하
	기타지역	확성기 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
			옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
		공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하
		공 사 장		65 이하	70 이하	50 이하

- 비고 : 1. 소음의 측정방법과 평가단위는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조 1항 제2호에 따른 환경 오염공정시험기준에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상지역의 구분은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의한다.
3. 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 실외에 설치한 확성기의 사용은 1회 3분 이내로 하여야 하고, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.
5. 공사장의 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
6. 발파소음의 경우 주간에만 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.
7. 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에 한하여 -5dB를 규제기준치에 보정한다.

가. 주거지역

나. 「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 및 「도서관법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m이내 지역

[표 1.3.2] 생활진동 규제기준 (단위 : dB(V))

대 상 지 역	주간 (06:00~22:00)	심야 (22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	65 이하	60 이하
기타지역	70 이하	65 이하

- 비고 : 1. 진동의 측정방법과 평가단위는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조 1항 제2호에 따른 환경 오염공정시험기준에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상지역의 구분은 국토의계획및이용에관한법률에 의한다.
3. 규제기준치는 생활진동의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
5. 발파진동의 경우 주간에만 규제기준치에 +10dB을 보정한다.

(2) 육상부 암발에 대한 발파진동 규제기준은 국토해양부 규제기준치를 적용할 수 있다.

구 분	가축류 등	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	재래 주택 (조적식,목재)	주택, 아파트 (R.C조)	상업용 건축물	콘크리트 건물 및 공장
진동기준치 (cm/sec)	0.1	0.2~0.3	0.3	0.5	1.0	1.0~4.0

단, 발파 소음에 민감한 가축사육시설, 요양원 또는 종교시설 등 현장조사결과 상기의 기준을 적용하는 것이 곤란한 경우 별도의 설계기준을 적용한다.

1.3.4 발파설계

- (1) 발파설계는 시험발파를 통해 측정된 결과를 이용하여 환경피해가 발생하지 않도록 규제기준에 준하여 발파설계를 실시한다.
- (2) 시험발파가 수행되지 못한 경우 적절한 변화식을 이용하여 환산한 진동수준을 이용한 발파설계를 한다.
- (3) 발파에 사용된 장약량과 폭원으로부터 이격된 보안건물의 거리를 통한 발파소음 및 진동은 다음 식을 통하여 예측할 수 있다.

[표 1.3.3] 국내에서 보편적으로 적용되는 발파소음 추정식

일반적인 경우	$dB(A) = 20 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0}$	$P = \text{음압실효치}$ $(= 82 \cdot (\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.2})$ $P_0 = \text{기준 음압실효치}$ $(= 2 \times 10^{-5} Pa)$
방폭매트 설치시	$dB(A) = -16.02 \log(D/W^{1/3}) + 95.195$	“소음으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 산정방법에 관한 연구, 1997, 중앙환경분쟁 조정위원회”

[표 1.3.4] 국내에서 보편적으로 적용되는 발파 추정식

[단위] V : cm/sec, D : m, A : μ , W : kg

제 안 자	추 정 식	발 파 진 동 상 수
Langefors	$V = KW^{0.5}D^{-0.75}$	$K = 300 \sim 700$
USBM	$V = K(D/W^{0.5})n$	$n : \text{감쇠지수 } 1.083 \sim 2.346$ $K = 12 \sim 550$
日本油脂	$V = KW^{0.75}D^{-1.5}$	$K = 80 \pm 40 : \text{Dynamite 사용시}$ $K = 60 \pm 20 : \text{제어발파 폭약}$ $K = 20 \pm 10 : \text{Con'c 파쇄기}$

- (4) 2003년부터 전국 공사현장에서 수집된 발파자료를 분석하여 국내 실정에 적합한 발파진동 추정식은 다음과 같다.¹⁷⁾

$$V = 200 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \quad [\text{식 1.3.1}]$$

여기서, V : 진동속도 (cm/sec), W : 지발당 장약량 (kg)

D : 폭원으로부터 보안물건까지 이격거리(m)

- (5) 공사의 효율성과 민원발생 방지하기 위한 발파공법 적용범위를 고려하여 선정한다.

17) 육상부 암발파 설계 및 계측적용기준 (설계처 527, 2007.02.23)

[표 1.3.6] 발파공법 적용기준

적용공법	진동속도 이격거리(m)	0.1 cm/s	0.2 cm/s	0.3 cm/s	0.5 cm/s	1.0 cm/s	5.0 cm/s	적용공법
TYPE I 미진동 굴착공법	5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.25	TYPE II
	10	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.99	TYPE III
	15	0.02	0.04	0.07	0.13	0.30	2.24	TYPE IV
	20	0.03	0.07	0.12	0.22	0.53	3.98	
	25	0.05	0.11	0.18	0.35	0.83	6.21	TYPE V 일반발파
	30	0.07	0.16	0.27	0.50	1.20	8.95	
	40	0.12	0.28	0.47	0.89	2.13	15.9	TYPE VI 대규모 발파
TYPE II 정밀진동 제어발파	50	0.19	0.44	0.74	1.40	3.32	24.9	
	60	0.27	0.64	1.06	2.01	4.79	35.8	
	70	0.37	0.87	1.45	2.74	6.51	48.7	
	80	0.48	1.14	1.89	3.58	8.51	63.6	
TYPE III 소 규모 진동제어	90	0.61	1.44	2.39	4.53	10.8	80.5	
	100	0.75	1.78	2.95	5.59	13.3	99.4	
	110	0.90	2.15	3.57	6.76	16.1	120	
	120	1.08	2.56	4.25	8.05	19.1	143	
	130	1.26	3.01	4.99	9.45	22.5	168	
	140	1.47	3.49	5.79	11.0	26.1	195	
TYPE IV 중 규모 진동제어	150	1.68	4.00	6.64	12.6	29.9	224	
	160	1.91	4.55	7.56	14.3	34.0	254	
	170	2.16	5.14	8.53	16.2	38.4	287	
	180	2.42	5.76	9.56	18.1	43.1	322	
	190	2.70	6.42	10.7	20.2	48.0	359	
	200	2.99	7.11	11.8	22.4	53.2	398	
	210	3.30	7.84	13.0	24.7	58.6	438	
	220	3.62	8.61	14.3	27.1	64.4	481	
	230	3.96	9.41	15.6	29.6	70.3	526	
	240	4.31	10.2	17.0	32.2	76.6	573	
TYPE V 일반발파	250	4.67	11.1	18.4	34.9	83.1	621	
	260	5.05	12.0	20.0	37.8	89.9	672	
	270	5.45	13.0	21.5	40.8	96.9	725	
	280	5.86	13.9	23.1	43.8	104	779	
	290	6.29	15.0	24.8	47.0	112	836	
TYPE VI	300	6.73	16.0	26.6	50.3	120	895	
	450	15.1	36.0	59.8	113	269	2013	

0.06

미진동 굴착공법

0.25

정밀진동제어발파

1.00

소규모진동제어발파

3.00

중규모진동제어발파

7.50

일반발파

20.0

대규모발파

- [주] 1. 위 발파공법별 적용거리 기준 및 지발당 장약량은 설계 발파진동 추정식 $v = 200(D/\sqrt{W})^{-1.6}$ 에 의하여 설정한 것으로, 발파 대상 현장의 음반특성 및 관리 대상 보안물건의 특성에 따라 증감될 수 있다.
2. 발파소음의 제어는 지반진동보다 훨씬 어려우므로 만약, 발파소음에 민감한 기숙사·숙박시설 또는 요양원, 종교시설 등이 근접한 경우에는 별도 공법을 적용할 수 있다.
3. TYPE별 공법 설계는 상기기준에 맞게 하되 현장여건에 따라 조정할 수 있다.
4. 발파진동은 보안물건의 노후도나 상태, 음반상태, 진동주파수 등에 따라 달라지므로, 설계자 및 발파자는 보안물건상태, 현장조건과 관련법규 등을 검토하여 발파진동 허용기준치를 설정하고 이에 대한 이격거리별 지발당장약량을 산정하여야 한다.

1.3.5 발파물량 산출

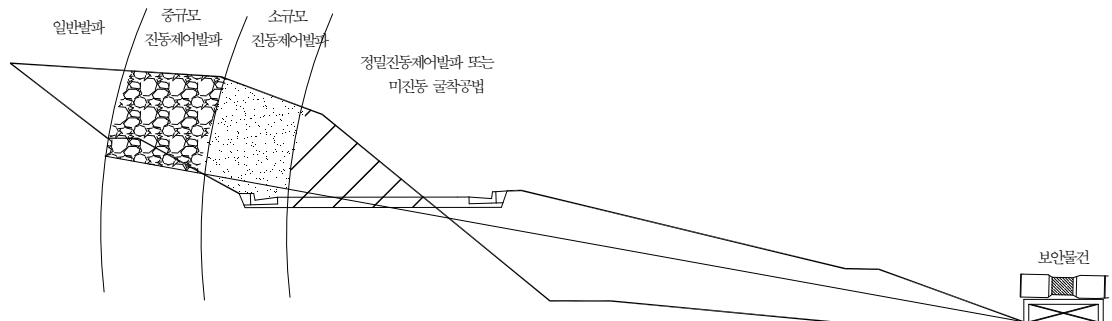
(1) 발파원과 보안물건과의 이격거리는 사거리를 기준으로 산출한다.

① 평면도상(○○~○○간 고속도로건설공사 STA.6+700지점 우측)

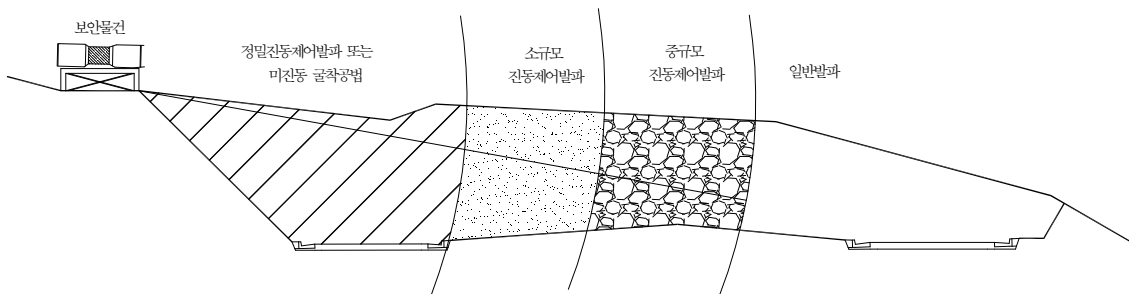


<그림 1.3.2> 평면도상 발파영향 범위

② 횡단면도상



[보안물건이 발파지역보다 낮은 경우]



[보안물건이 발파지역보다 높은 경우]

<그림 1.3.3> 횡단도상 발파영향 범위

(2) 평면도상 발파공법별 기준에 따른 이격거리를 산출하여 횡단면에 원호를 그린다.

(3) 원호로 그은 선에 의하여 발파공법별 암 발파량을 구분하여 수량을 산출한다.

(4) 수량 산출을 용이하게 하기 위해 필요한 경우 원호와 계획선 및 지표선의 교차점을 잇는 현으로 직선화하여 수량을 산출할 수 있다.

1.3.6 시험 발파

(1) 시공전 사전조사

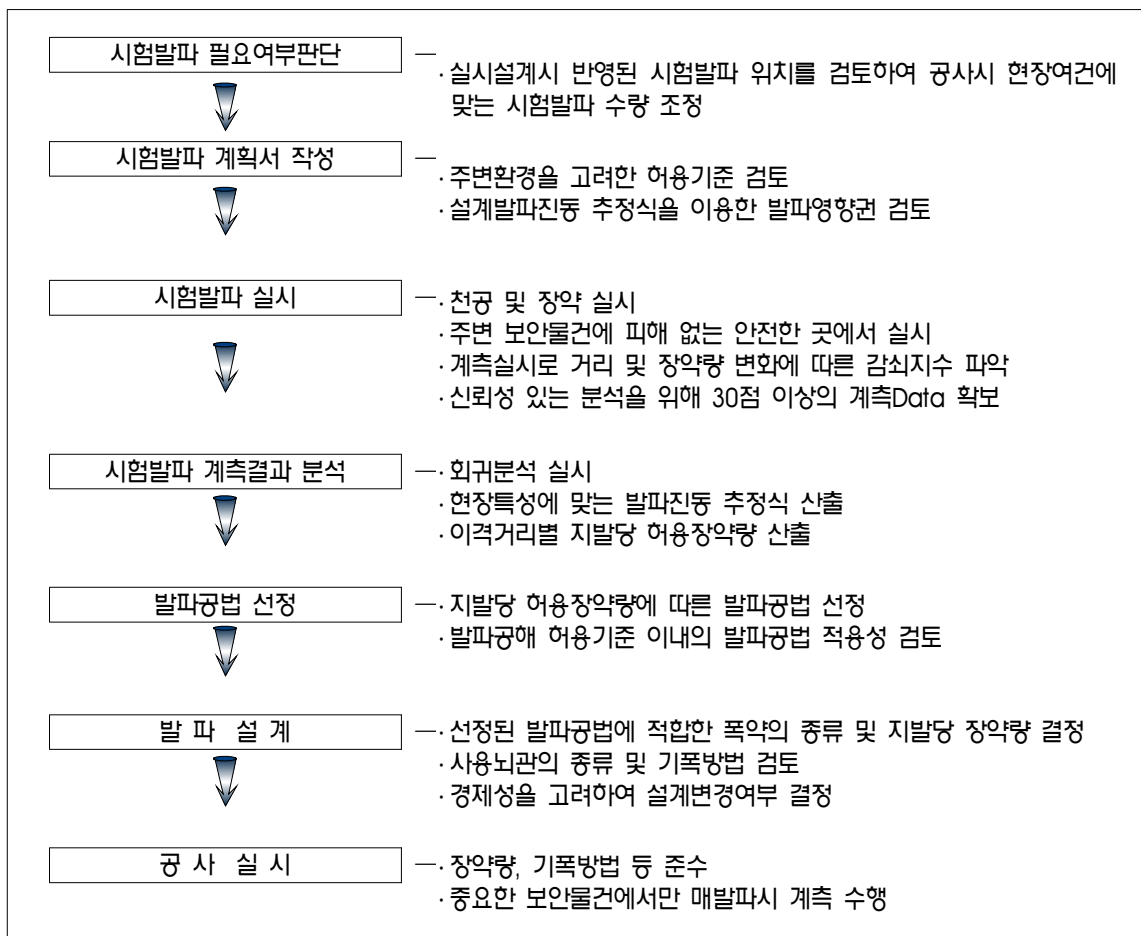
- ① 발파 소음진동에 의한 공사지연 또는 신속한 민원 해결을 위해 사전조사를 실시한다.
- ② 사전조사는 설명회 개최 등 주민들에 대한 홍보를 실시하고, 주민대표, 건물주 입회하에 실시한다.
- ③ 발파 착수전 주변 보안물건에 대해 건물현황과 균열상황을 파악하여 발파진동이 미칠 수 있는 현황을 조사한다.
- ④ 발파영향권 내에 있는 모든 시설물에 발생한 균열을 사진과 비디오로 촬영하여 추후 민원 발생시 피해여부를 판단할 수 있는 근거자료로 확보한다.

(2) 사전조사 내용

- ① 건물의 구조형태, 노후정도, 균열발달 상태
- ② 대표적 균열상태의 정량적 측정
- ③ 건물의 지반상태
- ④ 건물의 시설물 현황 등
- ⑤ 가축의 현황 및 축종 파악

(3) 시험 발파

- ① 시험발파 수행시 임발파 설계 흐름도



② 시험발파 방법

- 가. 시험발파는 발파공사에 대한 중요도 및 위험요인을 감안하여 발파전문기관에 의뢰하여 실시한다.
- 나. 발파진동과 소음에 대한 계측결과는 전문기술자에 의해 검토와 검증절차를 거쳐 객관적인 자료를 유지한다.
- 다. 시험발파 위치선정은 각종 시설물에 피해가 미치지 않는 원거리에서 실시한다.
- 라. 시험발파시 신뢰성을 확보하기 위해 공사관계자, 관할 경찰관과 발파영향권내 시설물 소유자 또는 주민이 입회하여 합동으로 실시한다.

(4) 시험발파 결과분석

- ① 시험발파 결과는 회귀분석을 통하여 신뢰구간 약 95%범위에서 분석한다.
- ② 발파진동 추정식은 30점 이상의 측정자료를 회귀분석하여 신뢰도를 높인다.
- ③ 결과분석에 의한 추정식의 상관계수가 0.70에 미치지 못하는 경우에는 시험발파를 다시 실시하여야 한다.
- ④ 시험발파 결과분석에 의한 발파진동 추정식을 구하고, 주변 건축물이나 시설물에 영향이 없도록 설계 지발당 장약량을 결정한다.

1.3.8 발파구간 면고르기^{18) 19)}

- (1) 일반발파는 발파암 깎기구간을 소형 브레카와 인력에 의해 요철면 고르기를 실시한다.
- (2) 확장발파는 암절취시 브레카를 이용하므로 면고르기시 소형 브레카와 중복되므로 인력에 의한 부석정리만 실시한다.
- (3) 진동발파 적용구간은 일반발파와 달리 발파가 정교하게 이루어지므로 면고르기 물량산정시 일반발파의 30%를 적용한다.

[표 1.3.6] 발파암 면고르기

구 분	일반발파	확장발파	진동제어발파
발파암 깎기	· 발파 : 100%	· 발파 : 10% · 브레카 : 90%	—
면고르기	· 요철면고르기 : 소형 브레카 · 부석정리 : 보통인부	· 요철면고르기 : 미 실시 · 부석정리 : 보통 인부	· 요철면고르기 : 소형 브레카(30%) · 부석정리 : 보통 인부

- 주) 1. 일반발파 : 일반발파(TYPE-V), 대규모발파(TYPE-VI)
 2. 확장발파 : 기존 비탈면 확장구간에 적용하는 발파
 3. 진동제어발파 : 소규모진동제어발파(TYPE-III), 중규모진동제어발파(TYPE-IV),

18) 미진동 발파구간 면고르기 적용기준 검토 (설계일 15212-1299, 1998.9)

19) 육상부 암발파 설계 및 계측적용기준 (설계처-527, 2007.02.23)

1.4 공사용 도로

1.4.1 공사용 도로계획

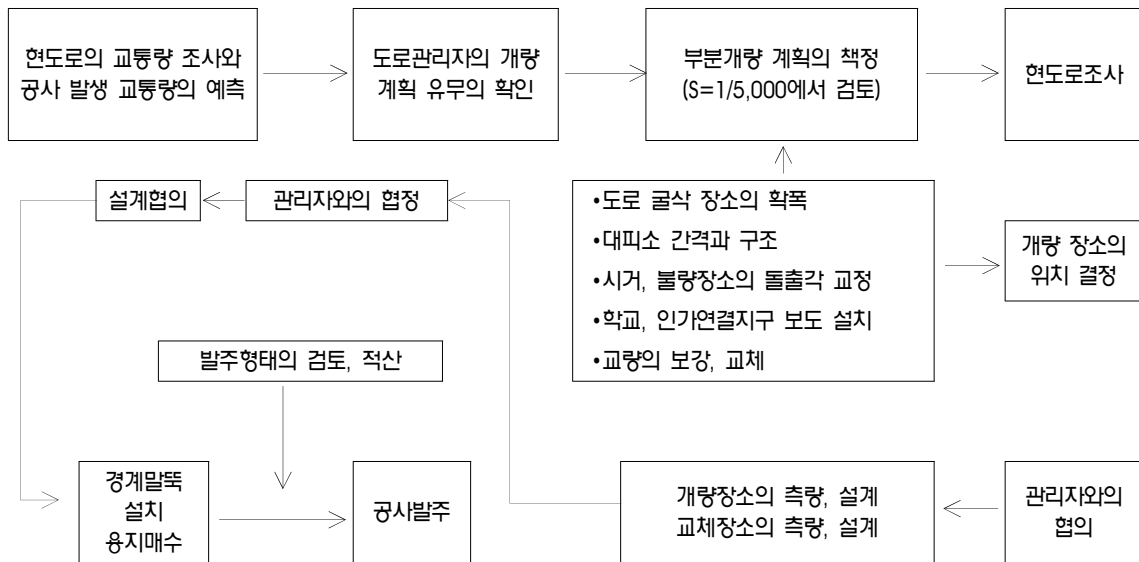
- (1) 공사용 도로는 공정, 시공성, 경제성 등에 영향을 주므로 사용목적, 지형, 주변도로 상황, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 계획한다.
- (2) 공사용 도로는 재료 및 장비의 반출입에 적합하도록 계획한다.
- (3) 현장내 공사용 도로, 기존 도로, 신설 공사용 도로의 순으로 관련 공사의 공정 등을 고려하여 계획한다.
- (4) 공사용 도로의 차로수는 공사용 차량의 교통량을 고려하여 결정한다.
- (5) 1차로 도로의 경우는 필요에 따라 300.0m 간격마다 길이 20.0m, 폭 5.0m의 대피소를 설치한다.
- (6) 차로폭은 공사용 차량 일교통량(기존 도로의 경우는 기존 교통량을 포함)이 4,000대(중교통, 왕복) 이상이면 2차로, 4,000대 미만이면 1차로를 적용한다.

1.4.2 현장내 공사용 도로

- (1) 현장내 공사용 도로는 본선 또는 부체도로로 계획된 부분이 우선적으로 사용될 수 있도록 계획한다.
- (2) 공사용 도로의 위치 및 계획고는 땅깍기 및 흙쌓기의 공정을 고려하여 설정하고 공사 진행에 따라 순서를 바꾸면서 사용하도록 계획한다.
- (3) 공사용 도로를 하천 및 해상에 계획하는 경우 관할 기관과 가도, 가교 등에 대해 충분히 협의하고, 경제성, 시공성 및 환경훼손 등을 고려한다.

1.4.3 기존도로를 이용한 공사용 도로

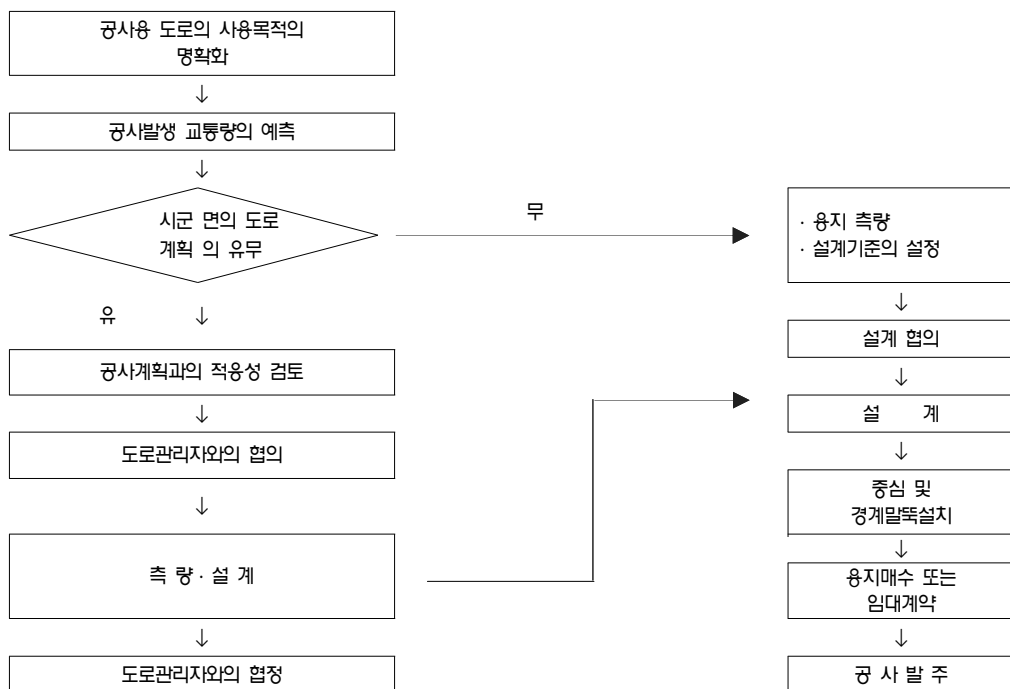
- (1) 기존도로를 그대로 이용하는 경우는 사전에 충분한 조사 및 도로관리자와 협의한다.
- (2) 기존도로에 대한 조사는 교통량, 도로의 구성, 폭, 노면 및 연도 상황, 교통안전시설, 지하매설물 등을 조사하고, 필요시 기존 구조물의 안전진단을 실시한다.
- (3) 기존 도로를 개량하는 경우는 계획의 유무, 공사방법, 용지의 취득 등에 대하여 도로관리자와 협의한다.



<그림 1.4.1> 기존도로 개량 계획의 흐름

1.4.4 신설 공사용 도로

- (1) 주변에 적당한 기존 도로가 없거나 현지 상황에 의해 기존 도로를 사용할 수 없는 경우는 경제적인 노선을 선택하여 신설 공사용 도로를 계획한다.
- (2) 사용 후 철거하는 경우에 원지형의 완전한 원형복구는 불가능하므로 관계자와 협의하여 존치시킬 수 있는 형상을 고려하여 설계한다.
- (3) 대규모 공사용 도로는 땅깍기, 흙쌓기 뿐만 아니라 가교, 가설터널을 고려하면 경제적으로 되는 경우가 있기 때문에 이에 대해 검토한다.



<그림 1.4.2> 신설 도로용 도로 계획의 흐름

1.4.6 공사용 토공 가도²⁰⁾

(1) 육상구간 설치기준

① 성토구간

- 가. 가도 소요 토공량의 80%는 본선 성토량으로 유용하고, 20%는 잔토처리한다.
- 나. 토공 유동에서 유용 성토량을 순성토량에서 감한다.
- 다. 다짐은 본선 노체 다짐의 50%를 적용한다.

② 사토구간

- 가. 가도 소요 토공량의 80%는 사토처리하고, 20%는 잔토처리한다.
- 나. 토공 유동에서 잔토처리량을 사토량에서 감한다.
- 다. 다짐은 본선 노체 다짐의 50%를 적용한다.

(2) 하상구간 설치기준

① 하상구간은 홍수위를 기준으로 물이 흐르는 곳에 적용한다.

② 공사기간이 1년 이상 소요되는 하천구간에 가도나 축도가 설치될 경우에는 유실을 감안하여 소요 토공량의 30%를 별도 계상한다.

③ 성토구간

- 가. 가도 소요 토공량의 70%는 본선 성토량으로 유용하고, 30%는 잔토처리한다.
- 나. 토공 유동에서 유용 성토량을 순성토량에서 감한다.
- 다. 다짐은 본선 노체 다짐의 50%를 적용한다.

④ 사토구간

- 가. 가도 소요 토공량의 70%는 사토처리하고, 30%는 잔토처리한다.
- 나. 토공 유동에서 잔토처리량을 사토량에서 감한다.
- 다. 다짐은 본선 노체 다짐의 50%를 적용한다.

(3) 공사용 토공 다짐기준²¹⁾

① 차량통행이 없는 현장 토석의 유용을 위한 여성토구간은 비다짐을 적용한다.

② 차량통행이 필요한 본선부 이 외 구간의 공사용 흙쌓기 구간은 가도성토 다짐기준인 본선 노체다짐의 50%를 적용한다.

1.5 토취장 및 사토장

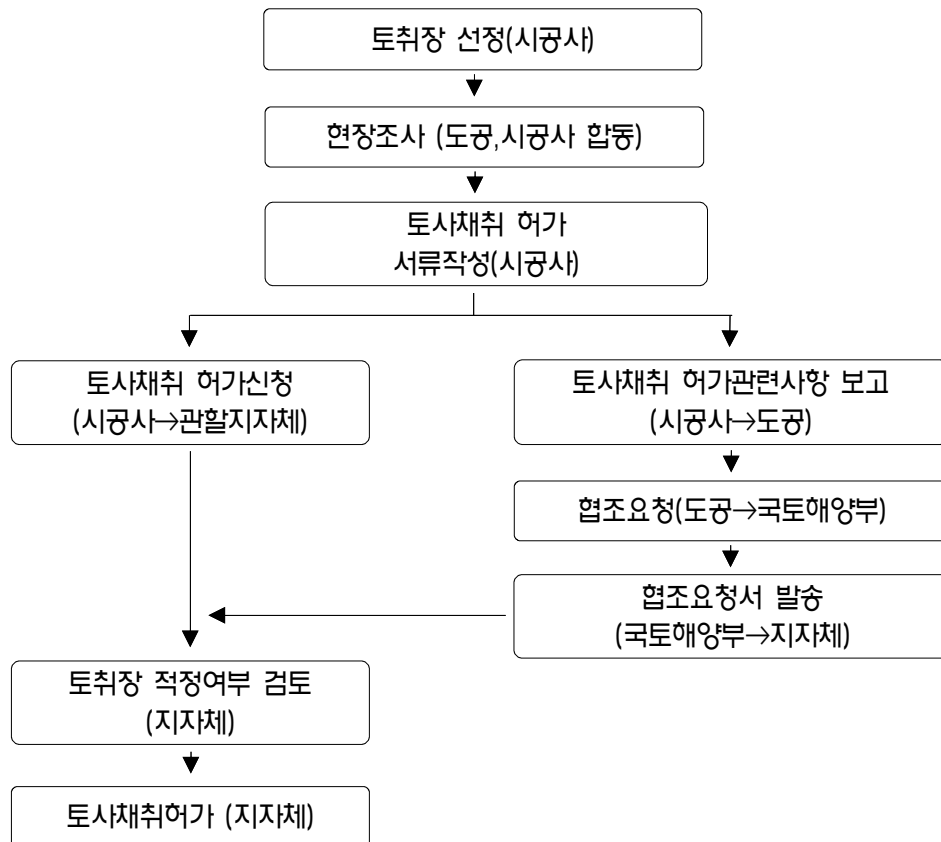
1.5.1 토취장 계획

- (1) 토취장은 사전조사를 통해 토질, 채취 가능한 토량, 방재대책, 법적규제, 운반로, 현지조건 등을 파악하여 선정한다.
- (2) 토취장 선정시 복수의 후보지를 대상으로 지형, 토질특성, 채취 가능량, 운반로, 방재, 문화재, 보상, 환경, 토지 이용현황 및 법적 규제 등을 검토한다.

20) 가도 토공 설계기준 검토 (설계이 15201-1380, 1998.09.30)

21) 여성토 및 공사용 흙쌓기 다짐기준 검토 (설계처-2939, 2007.10.17)

- (3) 토석정보공유시스템(TOCYCLE)을 이용한 인근현장 토석발생시기 및 토석량을 검토하여 환경훼손을 방지한다.²²⁾
- (4) 토취장 계획에 따른 인허가는 다음 업무흐름을 따른다.



<그림 1.5.1> 토취장 허가업무 흐름도²³⁾

1.5.2 사토장 계획

- (1) 사토장은 사토 가능량, 방재 대책, 법적 규제, 운반로, 현지조건 등을 종합적으로 조사한 후 계획한다.
- (2) 사토처리는 사토 가능량, 방재대책, 법적 규제, 운반로, 토지 이용계획, 용지보상, 문화재, 환경 등을 고려하여 가장 유리한 곳을 선정한다.
- (3) 토석정보공유시스템(TOCYCLE)을 이용한 인근현장 토석발생시기 및 토석량을 검토하여 환경훼손을 방지한다.
- (4) 고속도로 확장공사중 발생하는 폐콘크리트를 최대입경 100㎜이하로 파쇄하여 L형측구 뒷채움재, 기초 잡석 등으로 활용하여 사토량을 최소화한다.²⁴⁾

22) 고속도로 건설공사 기간중 토석정보 실용화 방안 (건설관리처-2913, 2005.12.13)

23) 고속도로 건설공사 기간중 토취장 업무처리 매뉴얼 (건설관리처-596, 2005.03.24)

24) 고속도로 확장공사구간 폐 콘크리트 활용방안 검토 (건설기 10105-102, 2002.07.25)