

발 간 등 록 번 호

AN01145-000145-12

도 로 설 계 요 령

제2권 토공 및 배수

2020

 한국도로공사

제2권

...

토공 및 배수

제5편 토공
제6편 배수시설
제7편 암거

제5편 토 공





2. 토공계획

2.1 토공 계획의 흐름

토공 계획에서는 도로건설의 흐름을 충분히 고려하여 합리적인 설계가 되도록 한다.
특히, 토공 설계의 기본사항은 계획 및 조사단계에서 거의 결정되기 때문에 충분한 검토가 필요하다.

- (1) 토공의 설계를 효율적으로 하기 위해서는 건설 전체의 흐름을 파악함과 동시에 각 설계단계에서의 착안점과 상호 관련성을 충분히 이해하여 적절한 설계를 하는 것이 중요하다. 또한 토공 계획은 노선선정에 따라 좌우되므로 노선선정 단계에서 비교노선을 검토할 때 각 노선별 토공 계획상의 특징과 장·단점을 충분히 고려해야 한다. 토공 계획을 할 때에는 지형, 지질 및 기후 등의 자연조건과 도로, 철도, 하천 및 문화재 등의 사회적 조건을 고려해야 한다. 토공 계획에 중요한 영향을 미치는 지형, 지질 및 기후 지장물 등은 현지답사를 통하여 반드시 확인한 후에 토공계획을 수립해야 한다. 공사비, 공사기간 및 환경 훼손 등에 큰 영향을 미치는 연약지반 지역, 비탈면 붕괴 위험지역, 대규모 땅깍기 구간 및 경사지 흠쌓기 구간, 집단 촌락지역과 특수지역은 계획단계에서 충분히 검토한 후 노선을 결정해야 한다.
- (2) 토공 설계의 개요와 설계상 유의사항을 아래에 기술한다.

(가) 기본설계 단계

기본설계 단계는 미리 시행되는 경제성 조사 및 교통량 조사 등에 따라 가능한 노선을 몇 개 선정하고, 이들의 사회적·경제적 타당성, 교통운용상의 적합성 및 땅깍기·흠쌓기량의 균형과 그밖에 시공성 등을 비교 검토하여 최적의 노선을 선정하기 위한 설계 작업이다. 토공설계의 기본적 사항은 거의 이 시점에서 결정되므로 설계에서는 특히 세심한 검토가 필요하다. 또한 주요한 측면에서의 땅깍기, 흠쌓기 단면의 조사 및 토량의 배분, 용·배수 계통의 확인, 비탈면 경사 및 보호공의 선정, 교량 및 터널 등 구조물의 조화, 그리고 시공 상의 문제점 등에 대해서도 될 수 있으면 많이 검토하는 것이 중요하다.

(나) 실시설계 단계

도로 세부설계는 공사 시행에 필요한 설계도의 작성과 공사 물량을 산출하는 것이다. 이 단계에서의 성과에 따라 공사비와 시공성에 큰 영향을 미치기 때문에 상세한 자료의 수집과 필요한 조사를 하여 면밀히 검토되어야 한다. 특히, 평면선형 및 종단선형을 가능한 범위에서 검토하여 토공량을 줄이거나 땅깍기·흙쌓기 양이 가능한 한 평형이 되도록 노력하여 합리적인 설계가 되도록 한다. 또한 토질 및 지질조사 결과를 충분히 파악하고 흙쌓기 재료 및 땅깍기 비탈면 등에 대한 검토가 중요하다. 이 밖에 공사의 시공계획에 대해서도 상세히 검토하여 공사용 가도나 임시 시설물을 설계하고, 교량 및 터널 등의 공정 등과 연관될 수 있도록 최종적인 검토를 해야 한다.

〈표 2.1〉 각 단계에서 토공설계의 착안점

설계단계 설계항목	기 본 설 계	실 시 설 계
설계 내용	• 비교 노선을 검토한 후 최적 노선의 선정 • 지형도(1/5,000)	• 최적 노선에서 선형 확정 • 공사실시에 필요한 도로의 상세구조 설계 • 지형도(1/1,000)
흙쌓기	① 흙쌓기 기초지반으로서 지형 지반의 파악 • 연약지반의 규모, 분포 • 산사태 지형 • 절벽, 붕괴 지형, 부채꼴땅 (옹수, 돌 흐름) ② 대상이 되는 토질로 과거 흙쌓기 높이의 실태파악 ③ 주변 환경영향 검토 ④ 기상에 관한 정보의 정리 • 집중호우 상황 및 재해 사례, 복구사례 조사 • 기온에 관한 정보수집(한랭지) ⑤ 흙쌓기의 안정검토 • 높은 흙쌓기, 배나온 흙쌓기 장소의 개략 검토 • 토량의 파악과 흙쌓기 비탈면 경사의 검토	① 지형, 지질에 적합한 흙쌓기의 설계 • 흙쌓기 기초지반의 상세 검토 • 비탈면활동지, 절벽지의 기반 경사의 파악 • 지하수, 옹수대책 ② 흙쌓기 재료의 파악 • 흙 특성을 고려한 흙의 배치 계획 • 노상재의 적부와 노상 구성 (발생재 유용, 안정처리) ③ 기상에 관한 자료의 분석 • 강우에 대한 대책 • 동결·동상방지대책 ④ 흙쌓기부의 안정검토 • 재료, 장소별 안정 상세 검토 • 배수대책(필터)

설계단계 설계항목	기 본 설 계	실 시 설 계
땅깎기	① 주목해야 할 지형 지질의 파악 • 산사태 지형 • 절벽 붕락 발생, 낙석 이력 • 경사계곡(돌 흐름), 부채꼴 땅 • 지질도 (1/25만)위 검고 붉은 구조선 (단층파쇄대) • 제3기의 녹색계 암석(그린터프, 사문암) ② 기상에 관한 정보의 파악 • 눈사태 많은 지대, 적설 지역 • 안개의 발생지역 ③ 지하수 포함 물수지에 관한 정보의 파악 • 용수원과 물 이용 형태(용암대지, 강가언덕) ④ 법령 지정 구역 등의 파악 • 공원, 사방, 산사태지, 보안지, 국유림, 문화재 ⑤ 항공사진의 효율적 이용	① 지형, 지질에 적합한 비탈면 설계 • 대규모 비탈면 • 붕괴성 요인을 갖는 지질의 비탈면 • 적설한랭지의 비탈면 • 암석명, 암질(주향, 경사, 층리, 균열분포) 풍화, 변질의 정도 • 주의 장소의 조사 (탄성파 탐사 등에 의한 파악) • 급경사 산지의 등고선 추이 ② 기상에 관한 자료의 분석 • 지표수의 유출 형태 파악 • 눈사태, 적설지 대책 • 비탈면 보호공의 동상 피해 대책 ③ 안정 검토 • 지하수위의 파악 • 산사태 지역 • 절벽지역 • 낙석지역 ④ 법령 지정·해제의 사전 협의 • 공원, 사방, 산사태지, 보안림, 국유림, 문화재

2.2 토공계획의 일반사항

2.2.1 노선의 선정

노선계획에서는 경제성, 비용 편익, 주행 안정성, 환경보전, 시공성 및 유지관리 등을 포함한 종합적인 검토를 한 후에 최적의 노선을 선정해야 한다. 토공계획은 지형 및 지질, 흙쌓기 재료 조건과 토공 구조물의 안정성 및 환경, 문화재 등 지반조건 및 사회적 조건을 충분히 고려해야 한다. 특히 노선계획 상 산사태 위험지역, 눈사태 위험지역, 지질위험지역, 대규모 땅깎기 비탈면, 경사 지반, 문화재 매장 지역, 폐광지역 등에 대해서는 공사비 및 유지관리측면에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 주의해야 한다.

- (1) 2.1에서 기술된 바와 같이 토공 설계의 기본적인 사항은 타당성평가 및 기본설계 단계 즉, 노선선정 시 대부분이 결정된다. 따라서, 노선선정 시에는 특히, 충분한 조사와 도로·교량·터널 등의 전문 기술자에 의한 종합적인 검토가 필요하다.

이러한 노선선정의 단계에서는 비교노선의 검토에 필요한 상세 지도 및 지질도의 입수가 곤란한 경우가 많지만 주변의 도로와 철도의 공사 기록, 토지 이용도 등의 기존 자료는 설계상 참고로 되는 경우가 많기 때문에 이들을 효과적으로 이용할 필요가 있다.

또한, 항공사진은 지형도나 개략 답사 등에서는 판별하기 어려운 비탈면 활동이나 과거 비탈면 붕괴지, 연약지반 등을 쉽게 발견할 수 있는 경우가 있기 때문에 적극적인 활용이 바람직하다.

(2) 현지답사의 중요성

토공의 설계에서는 지형이나 지질의 파악이 매우 중요하기 때문에 상세한 현지답사가 필요하며, 특히 지형이나 지질이 복잡한 산악지에서의 현지답사는 매우 중요하다.

지역에 따라 토공계획에서 특히 검토해야 할 위치나 항목도 많기 때문에 주의가 필요하다. 예를 들면 대규모 연약지반에서는 노선을 피하는 것이 곤란한 경우가 많지만, '14. 6 제체의 안정검토'에 설명된 연약지반의 하부 지반이 경사진 경우는 대책 상 문제가 많기 때문에 주의가 필요하다. 또한, 산악지에서는 협곡에 퇴적한 연약지반과 만나는 경우가 있기 때문에 조사시 누락되지 않도록 한다. 또한, 폐갱, 공동이 존재하거나 예상되는 구간은 정확한 위치, 범위, 심도 등을 조사하여 처리대책을 수립하거나 부득이한 경우 우회 노선을 계획한다.

(3) 토공계획 상 주의를 요하는 장소의 특징과 유의사항

토공계획에서는 큰 비중을 차지하는 것은 지형·지질·기상 등의 자연조건이지만, 특히 다음에 기술되는 바와 같이 주의를 요하는 장소는 공사비나 유지관리측면에서 큰 영향을 미치기 때문에 계획단계에서 충분히 검토한 후 가능한 한 피하는 것이 바람직하다. 그러나 교량, 터널 등의 구조물과의 관계나 경제성 등의 측면에서 피하는 것이 곤란한 경우도 있기 때문에 신중하게 결정할 필요가 있다.

(가) 산사태 위험지역

산사태 위험지역의 지형·지질적 특징으로는 항공사진에서 경사면 상부에 인장균열이나 무너진 것이 보이며 끝 부분이 밀려나와 있다. 지형도에서 보면 등고선이 흩어진 사면활동 지형을 띄고 함몰지에 물이 고여 있을 때가 있으며, 신제 3기의 이암·응회암지대·지질구조선에 따라 중·고생층, 변성암지대, 온천지대에 많이 발생한다.

산사태 위험지역에서 유의해야 할 사항으로는 먼저 직접적인 사면활동이 확인되고 규모

도 클 때는 원칙적으로 노선이 이 지역을 지나지 않도록 하고, 직접적인 활동은 확인되지 않으나 지형으로부터 활동이 예상될 때는 활동 머리 부분에서의 흠뿔기나 말단부에서의 땅깍기는 피하도록 한다. 또한 과거 기록이나 지역주민의 의견을 청취하고 주변시설에의 영향과 대책 공사의 가능성에 대해서 검토하는 것이 중요하다.

(나) 눈사태 위험지역

눈사태는 적설깊이가 1m를 넘고 지형 경사가 $30 \sim 60^\circ$ 의 범위에서 발생하기 쉬우며, 지형적으로 경사면의 종단선형이 직선 또는 오목형일 때, 등고선이 평행 또는 아래로 파였을 때 발생하기 쉽다. 또한 관목이나 어린 나무가 많은 장소에 발생하기 쉽다. 따라서, 과거에 큰 규모의 눈사태 발생 사례가 있고 주변 시설에 피해를 끼친 장소는 피하도록 하고, 경사면에 나무가 울창할 때는 장래 벌채의 유무를 검토하여 적절히 처리한다.

(다) 대규모 땅깍기 비탈면 및 경사지반 상의 흠뿔기 구간

산악지의 급경사면이나 기복이 심한 구릉지를 통과할 때는 대규모 땅깍기 비탈면과 경사지반 위에 높은 흠뿔기가 발생하며, 터널 갱구 주변부는 대규모 땅깍기 비탈면이 발생하기 쉽다. 또한 경사가 30° 이상의 넓은 비탈면에서 땅깍기할 때에는 대규모 땅깍기 비탈면이나 높은 흠뿔기가 되기 쉽다.

교량, 터널 등으로 이러한 대규모 땅깍기 및 흠뿔기 높이가 높은 비탈면을 피하기가 곤란할 때에는 비탈면 수를 적극 줄이는 방향으로 검토하고, 특히 붕괴성 요인을 갖는 지질에서는 통과방법을 포함한 충분한 조사가 필요하다.

또한, 지반이 연약하다고 생각되는 장소나 아래에 중요한 시설(도로, 철도)이 있는 높은 흠뿔기 지역은 충분한 조사와 안정검토가 필요하며, 터널갱구 부근에서 대규모 땅깍기 비탈면이 생길 때는 장래의 방재대책도 포함하여 갱구 위치의 상세한 검토가 필요하다.

(라) 문화재 매장 지역

문화재는 이미 그 존재가 인정된 것 중 중요하다고 인정되는 것은 특별사적·사적·시도군 지정기념물로 지정되고 있으며, 역사상 유명한 지명이나 인물에 관한 사적 주변에는 매장된 문화재가 많다. 집터나 무덤 등은 언덕 모양을 하고 있어 지형도나 기존자료 등으로 판별될 수 있다.

토공계획 단계에서 사적·명승 등의 지정기념물을 피하는 것이 바람직하며, 매장문화재는 존재의 유무·가치의 정도 등은 발굴해 보지 않으면 알 수 없는 점이 많고 작업도 크

므로 기존 자료에 의한 충분한 조사가 필요하다. 영구 보존의 필요성이 생길 가능성이 있는 장소의 땅깍기 및 흙쌓기는 피하는 것이 좋으며, 문화유적 및 지표조사를 철저히 하여 설계단계에서 관계기관과 협의하는 것이 바람직하다.

2.2.2 토량의 배분

토량의 배분은 땅깍기나 흙쌓기 계획의 기본이 되기 때문에 지형·지질·현지의 상황·경제성·시공성 등을 충분히 고려하고, 특히 다음 사항에 유의해야 한다.

- (1) 평면 및 종단선형의 계획은 가능한 한 토공량을 최소화하고, 땅깍기와 흙쌓기 양이 균형을 이루도록 하며, 교량·터널 등 구조물과의 관련성을 종합적으로 고려한 경제적인 설계가 되도록 해야 한다.
- (2) 이때 땅깍기 및 흙쌓기 비탈면의 경사는 비탈면의 활동 파괴에 대한 안정성을 고려하여 경사를 적용해야 한다.
- (3) 토량 배분은 노선 전체에 대한 토공 균형뿐만 아니라 시공성을 고려하여 구간별 균형이 되도록 계획하며, 구간별 균형이 곤란한 경우는 공정을 검토하여 인접 구간과 조정하거나 공구 분할을 검토하여 가능한 한 균형을 이루도록 해야 한다.
- (4) 공사 중에는 토량 균형을 고려하여 적절히 토량을 배분하는 것이 중요하므로 이를 위해서는 토공 계획을 할 때 토량변화율이 타당한지 여부를 항상 점검하여 잔토 처리 또는 순수한 흙쌓기량이 최소화되도록 해야 한다.
- (5) 땅깍기에서 발생하는 토공 재료는 품질시험을 시행하여 공학적 특성을 충분히 파악한 후 흙쌓기 각 부위에 가장 적합하게 흙이 배분되도록 해야 한다

(1) 토공사는 원지반을 굴착하고, 흙쌓기 하는 작업이 대부분을 차지한다. 따라서, 평면선형, 종단선형 및 비탈면 경사 등의 설계에서는 가능한 한 토공량을 줄이면서 땅깍기·흙쌓기량이 평형이 되도록 계획하는 것이 중요하며, 이것은 토공의 경제성과 직결된다. 그러나 토량의 평형에만 너무 집착하면 교량 등의 구조물이 대규모로 되어 전체적으로는 비경제적으로 되는 경우도 있기 때문에 종합적인 검토가 필요하다.

(2) 토공의 평형을 고려하는 경우 노선 전체에 대해 평형을 유지하고, 공사의 시공성을 감안하여 구간마다 평형이 되도록 계획하는 것이 중요하다. 이것은 땅깍기·흙쌓기량의 평형이 너무 장거리에서 이루어지면 비경제적으로 되기 때문이다.

또한, 인접 공사 구간과 연계가 가능한 경우 공정·공구 분할 등을 검토하여 토량 균형과 사토, 순성토가 최소가 되도록 해야 한다.

(3) 토적도(mass curve)의 작성에서는 다음 사항에 유의한다.

(가) 토량 계산에 필요한 땅깍기의 단면적은 토사·리핑암·발파암으로 구분하여 산출하고, 각각의 경계는 '3.5 토사, 리핑암, 발파암의 구분'에 따라 신중히 결정해야 한다. 여기서 검토가 불충분하면 공사 중의 토량 배분 계획이 대폭적으로 변경되는 등의 문제가 발생하기 때문에 주의가 필요하다.

(나) 토량변화율은 토질에 따라 설계 시와 시공 시에 크게 다른 경우가 있기 때문에 이를 결정할 때는 땅깍기 지반의 특성과 흙쌓기 부위별로 충분히 검토해야 한다. 특히, 동일한 흙이 다량 사용되는 경우는, 토량 변화율이 땅깍기·흙쌓기공의 비용에 크게 영향을 주는 경우는 확일적으로 표준 변화율을 적용하지 말고, 주변의 시공 실적 등을 참고하여 결정하도록 한다.

또한, 암석의 변화율은 측정 그 자체가 어렵고 다짐정도에 따라 변동이 크기 때문에 주변의 시공 실적 등을 참고로 하고, 시험시공 등에 따라 확인하는 것이 바람직하다.

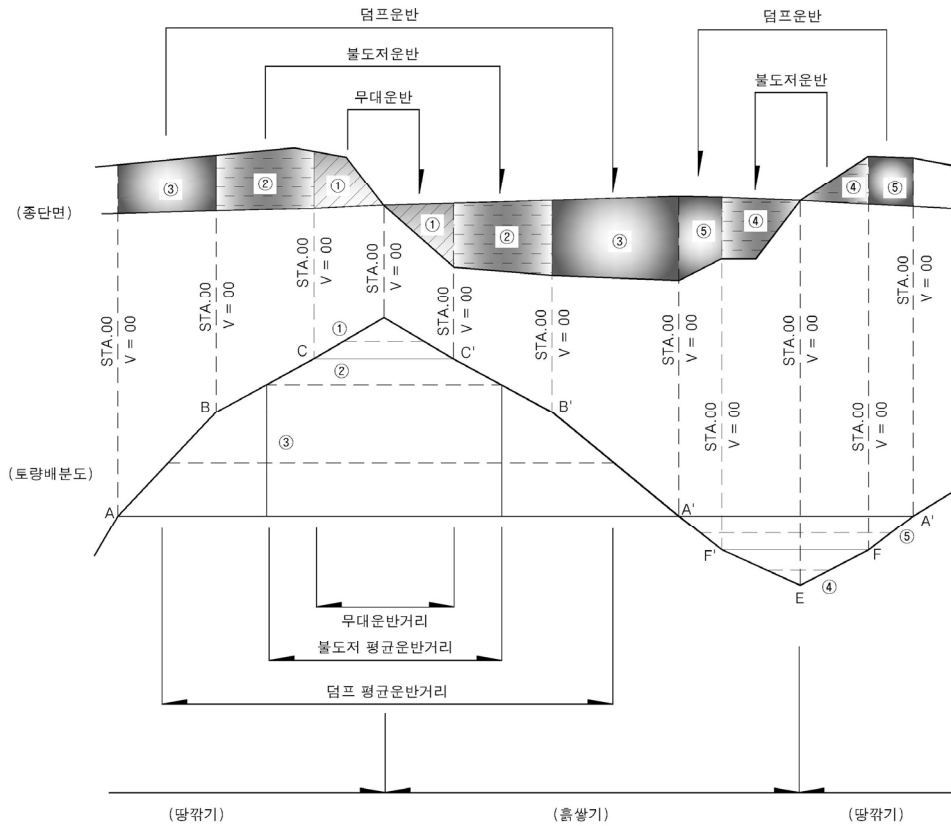
〈표 2.2〉 토량환산계수(f)

구하는 Q 기준이 되는 Q	자연 상태의 토량	흐트러진 상태의 토량	다져진 후의 토량
자연 상태의 토량	1	L	C
흐트러진 상태의 토량	1 / L	1	C / L

〈표 2.3〉 토량환산계수에 적용되는 기준치

구 분	C	L	비고
토 사	0.90	1.30	1 / L = 0.77
리핑암	1.10	1.35	1 / L = 0.74
발파암	1.28	1.625	1 / L = 0.615
콘크리트	1.00	1.00	
아스콘	1.00	1.00	
깨 돌	1.00	1.00	

(다) 토량 배분은 흙의 운반거리가 가능한 한 짧게 하고(그림 2.1), 적용 장비는 공정·공사규모·운반거리 뿐만 아니라 지형·지질·도로 등 현지 조건을 종합적으로 고려하여 결정해야 한다.



〈그림 2.1〉 토량 배분의 예

이 경우의 적용 기준은 기준별로 구한 경제적인 흙 운반거리에 따라서 선정하지만, 이의 선정에서는 공사의 규모(대상 토량) · 지형 · 지질 · 현지의 조건(하천, 철도, 국도와의 교차), 공정 등을 포함하여 종합적으로 검토한다.

(라) 토적도는 종방향 토량 이동만을 표시하고 횡방향의 이동은 반영되지 않으므로 횡방향의 토량이 누락되지 않도록 주의한다. 또한 토량의 배분을 원지반 보정으로 하는 경우는 배분된 토량도 반드시 원지반의 토량으로 바꾸어 놓는 것을 잊지 말아야 한다.

(4) 공사 중에는 항상 토량의 균형에 주의하여 적절히 토량을 배분하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 계획 시의 토량변화율이 타당한지 여부를 항상 점검하여 여분의 사토나 순성토가 생기지 않도록 유념해야 한다.

(5) 땅깍기에서 발생하는 재료는 그 성질을 충분히 파악하고 흙쌓기 각부에 가장 적합한 흙을 적절히 배분되도록 유념할 필요가 있다. 구체적으로는 노상 및 노체의 상부에는 가능한 한 다짐이 용이하고 압축성이 작은 재료를 배분하고, 입경이 큰 전석과 암괴, 소성지수가 높은 점성토 등은 될 수 있으면 흙쌓기의 하부에 넣도록 계획한다.

(6) 토적계산은 평균단면법으로 전산 계산을 하며, 그 방법은 다음과 같다.

(가) 횡단면도에 의거 토적표를 작성한다. 이때, 땅깍기량은 다짐상태로 보정한다.

(나) 흙쌓기 횡단면도 수량을 그대로 기입한다(다짐상태 수량).

(다) 횡방향 토량란에는 땅깍기 및 흙쌓기 수량 중 작은 수량을 기입하고, 이 수량은 유용무대 처리한다.

(라) 차인 성토량 난에는 땅깍기 량과 흙쌓기 량의 차이 수량을 기입한다. 흙쌓기 수량이 땅깍기 수량보다 많은 경우에는 (-), 반대일 경우 (+) 기호를 붙인다.

(마) 누가 토량란에는 첫 측점부터의 누계치를 기입한다. 여기서 (+), (-) 부호에 조심해야 한다.

(바) 휴게소나 본선 영업소 등 대규모 땅깍기 및 흙쌓기 토공작업이 시행되는 구간은 횡방향 운반거리를 감안하여 산출한다.

(7) 토공유동표 산정기준

(가) 운반거리 산정 시 모든 수량은 다짐상태로 환산하여 계산하되, 내역서 적용 수량은 자연상태로 한다.

(나) 토적도(mass curve) 분석 시 반영하는 공종은 깎기(토사, 리핑암, 발파암), 측구 터파기, 흙쌓기(노상, 노체, 녹지대 흙쌓기)로 한다.

(다) 표토제거는 무대에 삽입하고, 다짐 환산계수 만큼의 차이는 덤프운반에 포함한다.

(라) 공제토는 덤프운반에서 제외한다.

(마) 토공 유동표에는 다음사항을 포함한다.

- 표토 제거, 공제토, 유용토, 교량앞성토, 철거 수량, 되메우기, 가도공, 본선 암 유용, 슛크리트 버력, 연약지반 침하토, 치환토

(바) 양측 확장 구간에는 좌·우측 별도 유동표를 작성하여 운반거리를 산출한다.

(8) 기타 제반사항

(가) 횡방향 및 종방향 무대처리토사는 토사→리핑암→발파암 순으로 한다.

(나) 녹지대 흙쌓기 구간은 토사만 사용하는 것을 원칙으로 하되, 사토현장으로서 현지 여건상 토사부족으로 흙쌓기와 높이 3 m 이상일 때에는 암성토를 적용한다.

(다) 암버력을 흙쌓기 재료로 이용하는 경우 최대치수는 600 mm 이하로 하며, 시험시공에 따라 최대 입경을 조절할 수 있다. 암버력 쌓기는 노체 완성면 600 mm 하부에만 허용될 수 있으며, 암 덩어리의 최대치수는 600 mm를 초과 할 수 없다. 다만, 풍화암이나 이암, 세일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부서지거나 수침이 반복될 때 연약해지는 암버력의 최대치수는 300 mm 이하로 한다.

노체의 상부 600 mm는 필터층 역할을 할 수 있는 적절한 크기의 입상재료 또는 소일시멘트 중간층 등을 설치해야 하며, 노상토와의 입도 분포를 상호 비교하여 적정량의 공극 채움재를 사용하여 노상의 세립분이 암버력 사이 공극으로 이동하여 침하가 발생하는 것을 방지하도록 한다.

암버력을 이용한 흙쌓기는 대소입경이 고르게 섞이도록 하여 큰 입경의 암편이 고르게 분산되도록 간극을 충분히 메워야 하며, 1층 마무리 두께가 600 mm인 경우는 반드시 진동다짐 장비를 이용해야 한다.

(라) 흙쌓기용 재료 할증에 대하여 순흙쌓기 구간은 노체 · 노상 · 녹지대 흙쌓기량 중 토사 수량의 일정량을 토사운반수량(무대, 도저, 덤프)에 가산하여 토취장 깎기 및 운반에도 가산한다.

사토구간은 노체, 노상, 녹지대 흙쌓기량 중 토사 수량의 일정량을 토사운반수량(무대, 도저, 덤프)에 가산하고 사토량에서 감한다.

(마) 토량유동표는 다짐 상태로 통일시켜야 하며, 아래의 원칙을 만족해야 한다.

- 사토의 경우

$$\text{사토량} = \text{땅깎기량} - [(\text{유대 운반량} + \text{무대 운반량}) - (\text{흙쌓기량})]$$

- 순흙쌓기의 경우

$$\text{순흙쌓기량} = [\text{흙쌓기량} - (\text{유대 운반량} + \text{무대 운반량})] - \text{땅깎기량}$$

(바) 토공유동표 작성은 다음을 참조하여 작성한다.

〈표 2.4〉 토공유동표 작성기준(일반)

공 종	내 용	순쌓기 공구 (땅깎기 = 흙운반 / 순쌓기 = 쌓기 - 깎기)	사토 공구 (흙쌓기 = 흙운반 / 직접전토 = 깎기 - 쌓기)	비고	
1. 터널 암버력	• 터널 내 발생암 처리 ※ 암반분류상 발파암 이상인 TYPE 1~3 구간은 소할 반영 (15%)	• 기타 깎기(발파) 증, 무대운반(발파) 증, 순쌓기 감 ※ 버력처리에 운반비 미 포함 된 경우 덤프운반(발파)	• 기타 깎기(발파) 증, 사토(기타) 증	타 공종	
2. 숏크리트 버력	• 터널 내 발생하는 숏크리트 버력 (C=1.0 적용)	• 기타 깎기(발파) 증, 무대운반(발파) 증, 순쌓기 감 ※ 버력처리에 운반비 미 포함 된 경우 덤프운반(발파)	• 기타 깎기(발파) 증, 사토(기타) 증	타 공종	
3. 토사 다이크	• 토사측구 후면 다이크 축조 • 흙쌓기(비다짐)로 적용	• 순쌓기 증, 흙쌓기(비다짐) 증	• 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 흙쌓기(비다짐) 증 ※ 축조공에 운반비 포함된 경우 무대운반	토적	
4. 표토 제거	• 깎기 및 쌓기 구간 표토제거 • 표토제거량의 90 % 유용	깎 기 부	• 깎기(토사) 100% 감, 기타 깎기(토사) 90% 증, 덤프운반(토사, 차감분) 감, 순쌓기(차감분) 증 ※ 표토제거에 운반비 포함된 경우 무대운반	깎 기 부	토적
		쌓 기 부	• 기타 깎기(토사) 90% 증, 무대운반(토사) 90% 증, 순쌓기(차감분, 19%) 증, 쌓기(노체, 노상) 증 ※ 바로 유용하므로 무대 운반 처리	쌓 기 부	토적
5. 유용토 (흙쌓기 유용 가능)	• 구조물 터파기 후 되 메우기 등에 유용되는 물량	• 기타 깎기 증, 무대운반(불가시 덤프운반) 증, 순쌓기 감	• 기타 깎기 증, 무대운반(불가 시 사토) 증, 덤프운반 감, 사토 증	타 공종	
6. 공제토 (흙쌓기)	• 배수관, 박스 등 설치 에 의한 토공 공제 • 수량 : 덤프 운반에서 공제 (사토 공구)	• 순쌓기 감, 쌓기(노체, 노상) 감 ※ 보강토 옹벽 쌓기 부분 공제 시 기타 쌓기 증	• 덤프운반(토사,리 핑, 발파) 감, 사토(토사,리 핑, 발파) 증, 쌓기(노체, 노상) 감 ※ 보강토 옹벽 쌓기부분 공제 시 기타쌓기 증	타 공종	
7. 양성토	• 교대 전면부 성토, 흙쌓기(비다짐)	• 순쌓기 증, 쌓기(비다짐) 증	• 덤프운반 증, 사토 감, 쌓기(비다짐) 증	타 공종	

공 종	내 용	순쌓기 공구 (땅깎기 = 흙운반 / 순쌓기 = 쌓기 - 깎기)	사토 공구 (흙쌓기 = 흙운반 / 직접잔토 = 깎기 - 쌓기)	비고
8. 층따기	• 땅깎기 흙쌓기 경계부 등 층따기	• 깎기(토사), 전량 무대유용 후 환산계수만큼 순쌓기 증, 흙쌓기(노체, 노상) 증	• 깎기(토사), 전량 무대유용 후 환산계수만큼 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 흙쌓기(노상, 노체) 증	토적
9. 되메우기 (부족토)	• 방음벽, L형 측구 등 되메우기량	• 순쌓기 증, 기타쌓기 증 ※ 쌓기 비용은 되메우기 포함, 미 포함 시 쌓기(비다짐)	• 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 기타쌓기 증 ※ 쌓기 비용은 되메우기 포함, 미포함 시 쌓기(비다짐)	타 공종
10.공사용 진입도로 및 가도 (마대쌓기 포함)	• 80%(육상), 70%(하상) 유용 처리 • 흙깎기, 운반, 다짐, 철거 비용 포함 (버력물량을 적용했을 경우 운반 중복)	육 상 • 80% 유용 기타 깎기(토사) 증, 무대운반(토사) 80% 증, 순쌓기 감	육 상 • 80% 기타 깎기(토사) 증, 무대운반(토사) 100% 증, 사토(토사) 20% 감, 기타쌓기(토사) 증	타 공종
		하 상 • 70% 유용 기타 깎기(토사)증, 무대운반(토사) 70% 증, 순쌓기 감	하 상 • 70% 기타 깎기(토사) 증, 무대운반(토사) 100% 증, 사토(토사) 30% 감, 기타쌓기(토사) 증	타 공종
11.추가 땅깎기	• 토공유동표의 별도의 깎기 물량 (터널 갱구부, 원지반 상부의 깎기 등)	• 깎기 증, 덤프운반 증, 순쌓기 감	• 깎기 증, 사토 증	타 공종
12.추가 흙쌓기	• 토공유동표의 별도의 쌓기 물량 (보강토 옹벽의 보강토, ILM 제작장 등)	• 순쌓기 증, 쌓기(노체, 노상) 증	• 덤프운반 증, 사토 감, 쌓기(노체, 노상) 증	타 공종
13.기존 구조물 철거	• 순성은 노체 유용, 사토는 직접 잔토(C=1.0) • 단가 : 운반은 별도 계상	• 기타 깎기(발파) 증, 무대운반(발파) 증, 순쌓기 감	• 기타 깎기(발파) 증, 무대운반(발파) 증, 덤프운반(발파) 감, 사토(발파) 증	철거
14.연약지반 침하토	• 연약지반 침하에 따른 추가 토공	• 순쌓기 증, 기타쌓기 증	• 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 기타쌓기 증	침하 토
15.연약지반 치환토	• 연약지반 치환에 사용되는 토공 [발생토는 녹지대 유용(순성공구)]	• 발생토 : 기타 깎기(토사) 증, 덤프운반(토사) 증, 순쌓기 감, 흙쌓기(비다짐) 증 • 치환토 : 순쌓기 증, 쌓기(노체) 증	• 발생토 : 기타 깎기(토사) 증, 사토(토사) 증 • 치환토 : 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 쌓기(노체) 증	타 공종

공 종	내 용	순쌓기 공구 (땅깍기 = 흙운반 / 순쌓기 = 쌓기 - 깎기)	사토 공구 (흙쌓기 = 흙운반 / 직접잔토 = 깎기 - 쌓기)	비고
16.현장암 유용	• 현장 발생암을 콘크리트 골재 등으로 유용	• 기타 깎기(발파) 감, 덤프운반(발파) 감, 순쌓기 증 ※ 터널버력부터 적용 시 무대운반(발파) 감	• 기타 깎기(발파암) 감, 사토(발파) 감	암 유용
17.스크리 닝스 유용	• 쇠석골재 생산 시 발생되는 스크리닝스 유용	• 기타 깎기(토사) 증, 덤프운반(토사) 증, 순쌓기 감	• 기타 깎기(토사) 증, 사토(토사) 증	암 유용
18.뒤채움 (양질토사)	• 구조물 및 압거 뒤채움용 양질 토사	• 순쌓기 증, 기타 쌓기 증	• 덤프운반(토사) 증, 사토(토사) 감, 기타쌓기 증	타 공종
19.쌓기 할증	• 성토재 운반에 따른 손실량에 대한 할증	• 운반 할증 (순성포함 토사량의 6%), 순쌓기 증	• 운반할증(토사량의 6%), 사토 감(토사)	

2.2.3 공사용 도로 계획

(1) 공사용 도로의 목적과 종류

공사용 도로는 공사 전체의 공정, 시공성, 경제성 등에 영향을 주기 때문에 사용 목적, 지형, 주변 도로 상황, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 계획해야 한다.

(가) 공사용 도로는 토공 공사에서 토사 운반 및 기자재의 반입·반출, 교량 상부공 공사를 위한 빔(beam)의 운반 및 가설기계(트럭, 크레인 등)의 반입·반출, 포장 공사의 기자재 반입·반출 등을 주목적으로 설치한다. 공사용 도로는 주변 지형 또는 토지이용계획 현황에 영향을 받기 때문에 토공, 교량공, 터널공, 포장공 등의 시공에 필요한 각종 재료, 장비의 반·출입에 적합하도록 계획해야 한다.

(나) 공사용 도로의 종류는 다음과 같이 구분할 수 있다.

(a) 현장 내 공사용 도로 ——— 본선 및 부체도로로 사용

(b) 현장 외 공사용 도로 ——— ① 기존 도로의 사용 ——— 그대로 사용
————— ② 신설하여 사용 ——— 개량하여 이용

(2) 공사용 도로의 계획

공사용 도로 계획의 여부에 따라 공사 전체의 공정, 시공성, 경제성이 크게 좌우되기 때문에 노선, 차로 수 등을 여러 가지 산정하여 비교 검토한 후 결정하는 것이 중요하다.

특히, 산악부나 도시부의 도로는 그 영향이 크기 때문에 충분히 검토되어야 한다.

공사용 도로의 선정순서로는 ① 현장 내 공사용 도로 ② 기존 도로 ③ 신설 도로의 순으로 관련 공사의 공정 등을 고려하여 검토하는 것을 원칙으로 한다.

공사용 도로의 마감 처리는 모든 운반 작업의 출입에 지장이 없으며 기후변화에 대비할 수 있고 시공 작업이 용이하도록 해야 하며, 현장 내 및 주위에도 공사용 도로를 설치하고 마감면 처리를 해야 한다. 공사용 도로는 특별한 사유가 없는 한 공사 완료 이전에 원상 복구해야 하며, 추후 민원 발생 및 관계 법령에 저촉되지 않도록 조치해야 한다.

(가) 현장 내 공사용 도로

- (a) 현장 내 공사용 도로는 본선 또는 부체도로로 계획된 부분이 우선적으로 사용될 수 있도록 계획해야 한다.

공사용 도로 계획에서는 본선 공사 계획에서 그 폭이 좁은 장소, 예를 들면 교량 등을 먼저 착수하여 완성시키는 등의 대책을 세우고 될 수 있으면 본선 및 부체도로를 우선적으로 사용하는 것이 원칙이다.

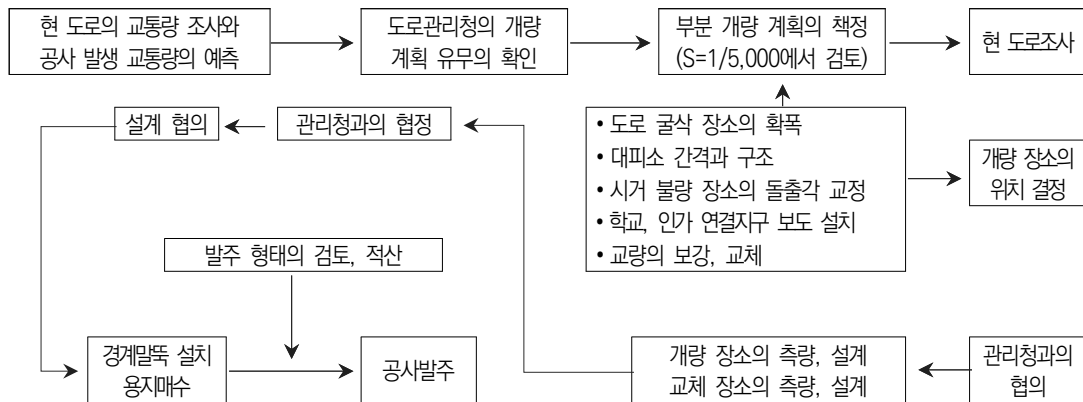
- (b) 도로의 위치 및 계획고는 땅깍기 및 흙쌓기의 공정을 고려하여 계획하고, 공사의 진행에 단계별로 순서를 바꾸면서 사용하도록 계획해야 한다.
- (c) 공사용 도로를 하천 및 해상에 계획하는 경우 관할 기관과 가도·가교 등에 대해 충분히 협의해야 하며, 경제성·시공성 및 환경훼손방지 등을 고려해야 한다.

(나) 기존 도로를 이용하는 경우(그림 2.2)

- (a) 기존 도로를 그대로 이용하는 경우는 충분한 사전조사와 도로관리청과의 협의를 필요하다. 사전조사 항목으로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 도로 구성, 폭, 노면 상황
- ② 교통량
- ③ 연도의 이용 상황
- ④ 교통안전 시설의 설치 상황
- ⑤ 지하 매설물

- (b) 기존 도로를 개량하는 경우는 계획의 유무, 공사방법, 용지의 취득 등에 따라 여러 가지 경우가 있기 때문에 도로관리청과 충분히 협의해야 한다.
- (c) 기존 도로에 대한 조사는 교통량·차로수·기하구조·폭·노면·연도 상황·교통안전 시설·지하매설물 등을 조사하고, 필요 시 기존 구조물의 안전진단을 실시해야 한다.
- (d) 기존 도로를 개량하는 경우는 계획의 유무, 공사 방법, 용지의 취득 등에 대해 도로관리청과 충분히 협의해야 한다.



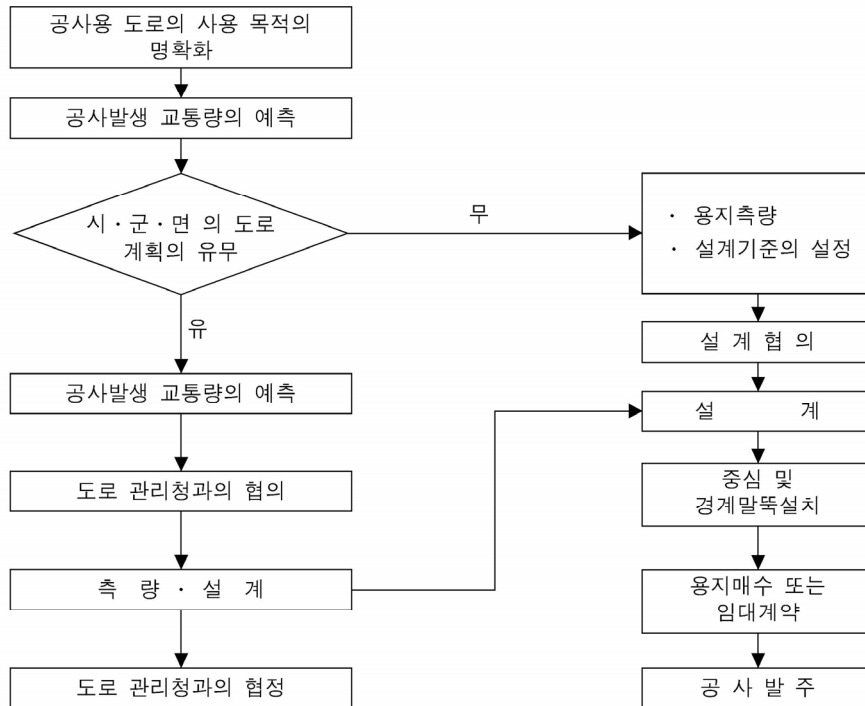
〈그림 2.2〉 기존도로 개량 계획의 흐름

(다) 신설 공사용 도로(그림 2.3)

- (a) 신설 공사용 도로는 주변에 공사용 도로로 사용하기 적합한 기존 도로가 없든지 혹은 현지 상황에 따라 기존 도로를 사용할 수 없는 경우에 계획되지만 이용 목적에 맞는 경제적인 노선을 선택하는 것이 중요하다. 또한, 본선 공사의 종료 후, 읍·면 등에 이관하는 경우는 설계조건 등을 충분히 협의하는 것이 중요하다.
- (b) 사용 후 철거하는 경우는 지형 상 원형복구를 할 수 없기 때문에 준치시키려는 형상을 고려하여 설계하고 관계자와 협의하여 둘 필요가 있다.
- (c) 대규모 공사용 도로에서는 땅깎기, 흙쌓기 뿐만 아니라 가교 등 임시 구조물 설치를 고려하면 경제적으로 되는 경우도 있기 때문에 이의 검토가 필요하다.

(3) 현장 외 공사용 도로 설계상의 유의사항

현장 외 공사용 도로는 사용 목적, 이설의 유무 등 현지 조건에 따라 도로의 성격이 다르기 때문에 획일적으로 기준을 결정하기 어렵지만, 일반적으로 다음 사항에 유의하여 설계해야 한다.



〈그림 2.3〉 신설 도로용 도로 계획의 흐름

(가) 차로수는 공사용 차량의 일교통량(기존 도로를 사용하는 경우는 그 교통량을 포함)에 따라 결정하지만 다음 표준값을 적용할 수 있다.

일교통량 400대 미만(중교통, 왕복) : 1차로

400대 이상(중교통, 왕복) : 2차로

또한, 1차로 도로의 경우는 대피소를 설치하고, 그 간격은 다음 값을 표준으로 하는 것이 좋다.

〈표 2.5〉 대피소 설치 기준

대피소 간격	대피소 길이	대피소 폭
약 300 m	약 20 m	5 m(차로분)

- (나) 평면선형, 종단경사 및 차로폭 등의 제원은 도로의 사용 목적, 예상 교통 차종, 적재차와 공차의 방향 등을 고려한 후 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에 따라 설계기준을 설정한다. 그 밖에, 공사용 도로를 신설 또는 개량 후 읍면 등에 이설하는 경우는 설계기준에 대해 충분히 협의해 두어야 한다.
- (다) 포장의 종류는 공사용 차량의 교통량과 주행속도, 종단경사 및 주변의 상황 등을 고려한 후 결정하지만 읍·면 등으로 이설하는 경우는 충분히 협의해 두어야 한다.

2.2.4 토취장 계획

토취장 계획에서는 먼저 충분한 조사를 하여 토질, 채취 가능 토량, 방재 대책, 법적 규제, 흙 운반로, 현지 조건 등을 파악하여 최적의 토취장을 선정하도록 한다.

- (1) 표 2.6은 각 설계단계에서의 토취장 계획의 흐름을 보여주고 있다.

토취장을 선정할 때는 필요 토량에 맞도록 복수의 토취장을 후보지로 선정하고, 각각에 대하여 지형, 채취 가능 토량, 방재 대책, 매립 문화재, 법적 규제, 흙 운반로, 보상 관계, 주변 환경, 토지 이용 등의 여러 조건에 대하여 조사하고 충분히 검토한 후 최적의 토취장을 선정하는 것이 중요하다.

또한, 토취장 인허가와 관련하여 사업계획서, 허가 받으려는 산지의 소유권 또는 사용·수익권 증명서류, 토석채취구역 실측도, 산림조사서, 복구계획서, 표고 및 평균경사 조사서 등을 구비해야 하며, 인허가 작성비, 토취장 진입도로, 세륜세차시설 및 가설방음벽 등 인허가 부대비용을 설계 시 검토·반영해야 한다.

- (2) 토취장 선정 시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- (가) 도로의 땅깍기부와는 달리 토취장은 어느 정도 선택의 자유가 있지만, 먼저 본선 부근에 후보지를 선정하여 운반 거리를 짧게 한다.
- (나) 다른 사업과 연계된 「토석정보공유시스템」 등을 이용하여 효과적인 토취장 계획을 수립한다.
- (다) 토량배분 계획은 토량뿐만 아니라 노상재, 뒤채움재, 비탈면 보호, 운반로의 가설재, 통행성 확보 등 필요한 재료를 얻을 수 있는 장소를 선정한다.
- (라) 토취장 조사에서는 주변 지역 및 운반로 등을 포함하여 광범위하게 실시하고 설계상의

문제점 등을 파악하도록 노력한다. 이 경우 지형도, 지질도, 항공사진 등의 기존자료를 효과적으로 이용하는 것이 중요하다.

(마) 문화재 보호법 등의 법적 규제를 받는 곳에서는 관련 기관과 협의를 한다.

(바) 흙 운반로의 선정은 단순히 운반 거리뿐만 아니라 연도 상황, 교통량 및 보도 등을 고려하고, 폭·포장의 상황·개량 상황 등을 고려하여 종합적으로 판단하도록 한다.

이 밖에 차로의 폭, 대피소, 신호기, 횡단보도, 방호책, 각종 표지의 설치 등이 있다.

〈표 2.6〉 토취장 계획의 흐름

설계단계	목 적	조사내용	착 안 점
타당성평가 및 기본설계 단계	최적 노선에 맞추어 개략적인 토취장을 검토한다.	지형도, 지질도 등에 의한 도상 조사와 간단한 현지답사	- 법령(광업권, 보안령, 농진법 토사 채취 조례, 문화재)에 의한 개발 규제 유무의 파악 - 토량, 토성, 흙 운반로 등의 개략 검토 - 관련 공공사업의 파악
설계협의 단계	현지 조건에 적합한 토취장 후보지 몇 곳을 선정하고 비교·검토하여 최적의 토취장을 선정한다.	- 가능 토량, 토성, 운반경로, 용지 등의 현지조사 - 유리한 후보지의 토질 조사 및 토질시험 - 관할 행정관청과 허가 유무를 사전 협의	- 채취 가능 토량, 토성의 파악 - 관련 공공사업과의 연계 도모 - 흙 운반로의 사용 협의 - 토지 이용계획과의 조정 - 배수계획과 방재계획 검토
실시설계 단계	세밀한 조사·검토 및 설계협의를 따라 토취장을 최종 선정한다.	- 상세한 측량조사 - 용지보상을 위한 조사 - 토질 등의 보충조사 - 흙 운반로의 상세조사	- 보상 관계의 확인 - 흙 운반로의 개량 및 대책 - 배수, 방재대책 - 시공 시의 토량 변경에 유연하게 대처할 수 있도록 설계

(사) 토취장 선정 시 주의사항은 다음과 같다.

(a) 토취장은 시공 시 토량변화율 등의 변경에 따라 채취 가능 토량이 변경되는 경우가 있기 때문에 여유를 갖도록 설계에 유념한다.

(b) 토지이용계획에 대해 용지 소유자와 충분히 협의를 거치고 사용 동의서를 작성한다.

(c) 땅깍기에 의하여 비탈면이 발생하는 경우는 비탈면 경사와 비탈면 보호공 등을 검토하여 붕괴 등이 발생하지 않도록 배려하고, 필요에 따라 조경계획을 수립해야 한다(‘7. 땅깍기 비탈면’ 참조).

(d) 배수에 대해서는 현재의 배수 계통 및 종말 배수의 상황 등을 조사하고, 후에 분쟁이 발생지 않도록 설계한다(「제6편 배수시설」 참조).

(e) 토취량과 운반거리 변경 등으로 공사비 변동이 최소화되도록 지반조사 실시, 채취 가능한 위치에 대한 관련 법규 및 관할 행정기관에 협의를 실시한다.

- (f) 도심지 인근 노선에서 토취장 확보가 곤란하거나 운반거리가 비교적 먼 경우에는 인근 공사현장, 장래 공사계획, 토석정보시스템 등을 참고하여 토공량과 공사기간, 유용 가능성 등을 고려하여 설계한다.

2.2.5 사토장 계획

사토장의 계획에서는 사전에 충분한 조사를 하고, 가능 사토량·방재 대책·법적 규제·흙 운반로·현지 조건 등을 종합적으로 검토하여 최적의 사토장을 선정하도록 한다.

- (1) 땅깍기 등에서 발생하는 잔토 및 불량토를 사토하는 경우는 가능 사토량, 토사 유출 및 붕괴를 방지하기 위한 방재 대책, 법적 규제, 흙 운반로, 토지이용계획, 용지 보상 등을 고려하여 후보지를 여러 곳을 선정, 비교 검토한 후 가장 유리한 사토장을 선정하도록 한다. 또한, 계획단계에서는 토취장 계획의 흐름(표 2.6)에 따라서 단계마다 검토하는 것이 중요하다.
- (2) 자원의 효율적 활용 및 예산 절감을 위하여 사토 설계 전 통과 노선 주변의 모암 수급 여건, 석산개발 인허가 조건, 토석 처리의 경제성, 시공 여건 등을 종합적으로 고려하여 현장 발생 암 판매 방안 우선 검토 및 설계에 반영해야 한다.
- (3) 사토장 선정 시 고려사항은 다음과 같다.

(가) 사토장의 위치

사토장은 가능한 한 도로의 부근에 선정한다. 이것은 운반 작업을 공사 현장 내에서 끝낼 수 있고, 잔토의 경우 미리 흙쌓기를 병행하여 작업을 진행시킬 수도 있기 때문이다. 도심지 인근 노선에서 사토장 확보가 곤란하거나 운반거리가 비교적 먼 경우에는 인근 공사현장, 장래공사계획, 토석정보시스템 등을 참조하여 토공량과 공사기간, 사토가능성을 검토한다.

(나) 법적 규제의 해제

사토장을 계획하는 경우 장소에 따라서는 법적 규제를 받기 때문에 관계 공공기관과 충분한 협의를 하고 해제 절차를 수립한다.

(다) 방재계획

사토장은 절벽, 경사지, 연못, 저습지 등 일반적으로 지형·지질적으로 불량한 장소에 설치되는 경우가 많고, 시공 중 및 시공 후 우수 등에 의하여 토사의 유출이나 붕괴가 일어날 위험이 있기 때문에 사전에 배수 및 기존 수로의 교체, 옹벽에 의한 토류공 및 비탈면 보호공의 계획, 계획적인 매립과 배수 경사 등의 확보, 필요하다면 방재 조절지, 이토의 침전지 등의 대책을 세운다.

특히, 배수대책은 방재 상 중요한 요소이기 때문에 세심한 설계와 시공이 필요하다.

(라) 흙 운반로

흙 운반 경로의 선정에 있어서는 단순히 운반 거리뿐만 아니라 연도 상황, 교통량 및 보도 등을 고려하고, 폭·포장의 상황·개량 상황 등을 고려하여 종합적으로 판단한다.

(마) 사토장 용량

사토장 용량은 토량 변화율, 토질 및 암질의 변화에 의한 땅깍기·흙쌓기 양 및 사토량의 변화, 차량 소통을 위하여 반입되는 모래, 자갈 등의 토량 등도 고려하여 여유를 갖도록 한다.

2.2.6 지반조사 계획

지반조사는 합리적이고 경제적인 설계를 위한 자료수집 단계이며, 지층분포와 지반 공학적 성질을 파악하는데 목적이 있으며, 지반조사는 계획에서부터 유지관리까지 각 단계별로 실시해야 한다.

(1) 단계별 조사절차

(가) 계획단계 조사

- (a) 타당성평가 및 기본계획단계의 조사단계이다.
- (b) 기존 자료조사 및 현장답사를 통해 활성단층, 불안정 비탈면, 연약지반 등의 분포상태를 조사한다.
- (c) 중요지역은 사운딩이나 시추조사를 시행한다.
- (d) 설계단계에서 필요한 지반조사 계획을 수립한다.

(나) 설계단계 조사

- (a) 기본설계에서 필요한 구조물의 위치, 규모, 하중조건을 결정할 수 있는 물리탐사, 사운딩 및 시추조사와 시험 등을 실시한다.
- (b) 계획단계의 조사보다 조사 빈도를 높여 구체적인 지반 특성치를 결정한다.
- (c) 실시설계에서 결정되는 구조물의 위치나 규모, 설계조건을 확정하기 위해 시추, 사운딩, 시굴, 현장 및 실내시험 등을 실시한다.
- (d) 계획단계에서 미 실시 되거나 부족한 부분에 대하여 추가조사를 실시한다.

(다) 시공단계 조사

- (a) 시공중의 계측결과가 설계치와 상이한 경우 추가조사 및 시험을 실시한다.
- (b) 설계단계시 민원이나 조사가 수행되지 못한 경우 확인조사를 실시한다.

(라) 유지관리단계 조사

- (a) 구조물에 하자가 발생하거나 주변 지반의 변화가 예상되는 경우 원인 규명을 위한 조사를 실시한다.
- (b) 시설물의 주변지반이 변형되거나 붕괴가 예상되는 경우 보수보강을 위한 조사를 실시한다.

(2) 조사항목

- (가) 흙쌓기, 땅깍기가 이루어지는 지역의 지형특성
- (나) 암반 비탈면의 지질특성(층리, 절리, 단층 등 방향성)
- (다) 원지반의 공학적 성질(흙, 연암, 풍화도, 균열)
- (라) 원지반의 물성(물리적, 역학적 특성과 시간에 따른 변화)
- (마) 지하수 상황

(3) 조사내용

(가) 예비조사

예비조사는 부지선정 시 문제가 예상되는 지반인지의 여부를 확인해야 하며, 문제가 예상되는 경우에는 단순히 지형도, 도면, 지질도를 이용한 표면적인 판단에 그치지 말고, 실제 현지답사 및 개략 지반조사를 통하여 종합적으로 판단한다. 비탈면에서 문제를 받

생시킬 수 있는 지반조건은 아래와 같다.

- (a) 단층파쇄대 및 점토가 충전된 불연속면이 발달한 지역
- (b) 기존의 대규모 비탈면 파괴지역
- (c) 토석류가 발생한 지역
- (d) 낙석 및 애추 지역
- (e) 대규모 연약지반 분포지역
- (f) 층리가 발달된 퇴적암 분포지역
- (e) 석회암 분포지역

(나) 본 조사

(a) 지형판독 및 지표지질조사

- ① 지형판독은 지형도, 지질도, 항공사진 등을 이용하여 문제 지형[파괴지형, 애추(talus)지형, 단층지형 등], 노두상황, 식생상황, 토지이용상황 및 기타 광역적인 지질구조선 등을 확인하기 위해 실시한다.
- ② 지표지질조사는 현장답사를 통해 지형, 지표면 토질상태, 노두의 발달상태, 용수 현황, 불안정한 지형 및 지질구조의 특성등을 개괄적으로 파악하여 응용지질도를 작성하여 설계 기초자료로 활용한다.

(b) 물리탐사

- ① 비탈면 조사를 위해 실시하는 물리탐사 방법은 탄성파탐사, 전기탐사, 음파탐사, 탄성파토모그래피 또는 이와 동등이상의 결과를 얻을 수 있는 물리탐사 및 검증 방법들을 적용할 수 있다.

〈표 2.7〉 물리탐사 적용기준

구분	적용기준
깎기비탈면	• 깎기 높이 20 m 이상, 연장 200 m 이상 구간에 실시하는 것을 기본으로 하고 그 이하 규모일지라도 불안정 요인을 내포할 가능성이 예상될 때에는 추가 시행할 수 있음.
쌓기비탈면	• 일반적으로 시행하지 않음 • 원지반의 지하공동, 연약지반분포, 지질구조의 분포 등을 파악하기 위하여 필요한 경우 설치
내진설계 필요 시	• 지진응답특성 평가를 위하여 지반의 동적 특성 등을 파악

〈표 2.8〉 물리탐사 기법

구분		탐사방법	측정항목	결과활용
지표 탐사	탄성파탐사	굴절법 반사법	탄성파속도	지층 확인 및 연약지반 파악, 굴착난이도 평가 지반분류
	전기탐사	수평탐사 연직탐사	겉보기 비저항탐사	지반의 연약대 및 파쇄대 파악, 단층대 및 지층분포 파악, 지반분류
	GPR (Ground Penetration Radar)탐사	반사법	유전율	천부 지층구조 및 파쇄대 파악, 지장물 조사 및 천부 공동 파악
	MASW (Multi-channel Analysis of Surface Wave)탐사		전단파속도	동탄성계수 산출
	SASW(Spectral Analysis of Surface Wave)탐사		전단파속도	동탄성계수 산출
공내 탐사 · 물리 탐사	단일시추공 탐사	다운홀레이다 반사법	전단파속도 유전율	동탄성계수 산출
	시추공간탄성파탐사	크로스홀	탄성파속도	동탄성계수 산출
	시추공간 토모그래피탐사	탄성파 전기비저항 레이다	탄성파속도 전기비저항 유전율	시추공간 지층경계 정밀평가
	전기검층	전기비저항 자연전위	전기전도도	지층경계면 및 파쇄대 폭 파악 지하수 포화도 및 간극율 파악
	밀도검층	자연감마 감마-감마	방사능원소함량	원지반 밀도 분포 특성 평가 지층경계면 파악
	음파검층		탄성파속도	동탄성계수 산출
	시추공영상 촬영	텔레뷰어 시추공카메라	시추공벽 영상	불연속면 발달상태 파악 절리면 충전물 유무 파악

(c) 시추조사

- ① 시추조사는 심도별 지층구성과 지하수위를 파악하고 교란시료 및 암석시료를 채취
하며, 시추공을 이용한 현장시험 등을 수행하기 위하여 실시한다.
- ② 시추는 원칙적으로 NX규격의 이중 코어배럴을 사용하고, 풍화대와 파쇄대 등에서

는 코어회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중 코어 배럴이나 D-3 샘플러를 사용할 수 있다.

〈표 2.9〉 시추조사 최소 적용 기준

구분		적용 기준	
		개소별	공통
썩기 비탈면	일반 비탈면	- 썩기 높이 20 m 미만 비탈면에 대해 1개소 시추 - 대표 비탈면 단면에 대하여 비탈면 경계부 위치에서 부지 계획면 아래 2 m 이상 시추	- 연장이 긴 경우는 200 m 마다 시추조사 추가 - 불안정요인을 갖는 지형, 지질에 해당하는 경우 추가 시행 - NX규격 시추실시, 전 구간 교란시료 및 코어 회수 - 필요 시 물리탐사를 실시하여 시추 위치 결정
	대규모 비탈면	- 썩기 높이 20 m 이상 비탈면에 대해 최소 2개소 시추 - 비탈면의 대표단면에 대해 비탈면 경계부와 비탈면 중간부에서 부지 계획면 아래 2 m 이상 시추, 비탈면 중간부 시추는 경암 노출 시 경암 2 m 아래 이상 시추	
썩기 비탈면	- 쌓기 구간 내 대표단면 또는 구조물 위치에서 최소 1회 실시(필요 시 물리탐사를 실시하여 위치 결정) - 일반구간은 기본설계와 실시설계 모두 쌓기 연장 500 m 간격으로 시추조사를 추가하고, 연약지반구간은 기본설계 시 100 ~ 200 m, 실시설계 시 50 ~ 100 m 간격으로 시추조사 추가 - 지지층의 종류를 판단할 수 있는 깊이까지 실시 (일반구간은 풍화도 N 30 이상 3회 확인 또는 풍화암 확인, 연약지반 구간은 연약지반 통과 후 견고한 지층 3 ~ 5 m 확인) - 시추규격 및 시료채취 시 NX 규격 적용 - 연약지반 예상지역에서는 현지여건을 고려하여 핸드오거보링을 200 m 마다 시행하고, 일반구간은 300 m 마다 시행(단면 변화 시점 및 지질 상태가 급변하는 지점에서는 추가 실시)		

(*) 이 기준은 일반적인 최소 권장사항이며 대상 비탈면 또는 사업규모에 따라 책임기술자의 판단에 따라 시추조사계획을 수립하여 실시한다.

(4) 시험계획

계획노선에 따라 시추조사, 핸드오거, 시험굴조사, 원위치 시험 등을 실시하고 절리, 단층 및 풍화발달 정도를 조사하기 위해서는 절리면 전단시험, 일축압축강도시험, 시추공 화상정보시험 등을 실시한다. 연약지반에 대한 토성시험 및 역학시험을 시행하여 지반의 안정검토 및 처리공법을 결정해야 하며, 현장배인 시험은 심도 5 m 및 층이 바뀔 때마다 연속적으로 수행한다. 시추종료 지점에 단층파쇄대 출현 시 단층파쇄대를 통과지점까지 조사한다.

(5) 지반조사 및 시험빈도

〈표 2.10〉 위치별 현장조사 빈도

조사위치		조사항목	조사빈도	심도	비고
흙 쌓 기	일반구간	핸드오거	300 m	3 ~ 5 m	
	연약지반	핸드오거	200 m	3 ~ 5 m	
		피에조콘관입시험	100 m	필요 깊이까지	
		시추조사	50 m ~ 200 m	지지층확인	• 〈표 2.9〉 시추조사 최소 적용기준 참조
		베인시험	400 m	불교란시료 채취심도	• 시추조사 위치 • Borehole, Field Vane
		간극수압 소산시험	200 m (1회/CPT _u 2회)	불교란시료 채취심도	• 콘관입시험과 평행시추 조사 위치
땅깎기	시험굴	200 m	1 ~ 2 m		
	시추조사	• 개소당 1개소 1 이상 (조사등급에 따라 조정)	계획고 아래 2 m 이상	• SPT : 1 m 마다 • 시추공 화상정보시험 (Borehole Image Processing System) : 암반의 불연속면 상태, 절리간격, 방향, 암질상태 등 정보가 필요한 경우 시행	
	탄성파탐사 또는 전기비저항				
	시추공 화상정보시험(BIPS)				

주) 조사 빈도 및 심도는 현장 여건을 고려하여 적용, Boring은 NX 규격으로 시행

2.3 토공 준비

2.3.1 준비공

- (1) 모든 땅깎기 및 흙쌓기 비탈면의 정확한 마무리를 위하여 먼저 기준들을 정확한 위치에 설치하도록 한다.
- (2) 각 층의 높이와 시공 위치를 파악할 수 있도록 수평기준들을 설치하도록 한다.

- (1) 수직기준들은 비탈면의 경사·노체·노상의 마무리 높이 등을 나타내는 것이며, 토공의 기준이 되는 것이므로 정확히 그리고 견고하게 설치하도록 한다.

수직규준틀의 설치 간격은 표 2.11을 표준으로 하며, 토공의 횡단도는 20 m 간격으로 표시되어 있는 것이 많으므로, 직선부에서 지형이 복잡하지 않은 경우 공사 초기에는 수직규준틀의 간격도 20 m로 설치하지만, 마무리 단계에서는 필요한 장소에 추가로 더 설치한다.

〈표 2.11〉 수직규준틀의 표준 설치 간격

설치 장소의 조건	설 치 간 격
직 선 부	20 m
평면곡선반지름 300 m 이상	20 m
평면곡선반지름 300 m 미만	10 m
지형이 복잡한 장소	10 m 이하

(2) 노체, 노상 및 포장층의 높이와 위치를 파악할 수 있도록 수평규준틀을 흙쌓기 구간마다 설치하고, 땅깍기 구간에도 시공 위치를 파악할 수 있도록 설치한다.

(3) 땅깍기 및 흙쌓기 구간 경계 지점에도 수평규준틀을 설치하여 지형이 교차하는 부분의 도로 계획을 명확히 확인할 수 있도록 한다.

2.3.2 준비 배수

- (1) 시공에 앞서 땅깍기 장소 또는 흙쌓기 기초에 고인 물을 배제하고, 시공 중에도 필요에 따라 도랑 등의 배수시설을 설치하여 땅깍기 할 장소를 배수가 양호한 상태로 유지해야 한다. 이 준비 배수에 있어서 계획 용지를 넘어서 함부로 근처의 토지에 배수해서는 안 된다.
- (2) 준비 배수 작업 중 초기 흙쌓기 면을 깊게 파서 도랑을 내고, 자갈·잡석 등의 투수성 재료를 채워 배수를 시킬 필요가 있는 장소는 그 규격과 설치 범위를 도면화하여 시공 도면에 그 위치 및 규격을 명시하도록 한다.

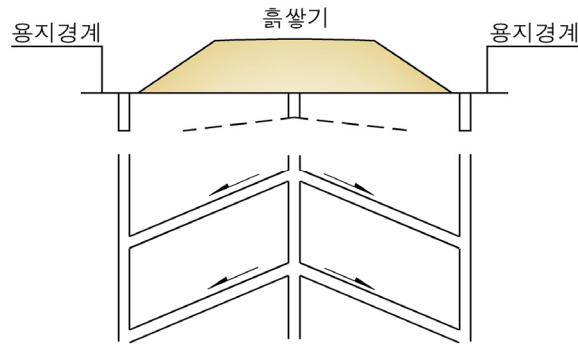
땅깍기 및 흙쌓기의 준비 배수는 다음 세 가지 목적으로 실시한다.

- ① 흙쌓기 재료의 함수비를 저하시키는 것
- ② 땅깍기 면과 초기 흙쌓기 면의 시공 기계 운행성(trafficability)을 확보할 것
- ③ 시공 중인 땅깍기 비탈면의 분리·붕락 등을 방지하는 것

흙쌓기 재료의 함수비가 높을 때에는 규정한 다짐도를 얻기 위해서는 흙쌓기 면에서 공사용 차량이 재료의 함수비를 저하시킬 필요가 있다.

땅깎기 현장에서 흙쌓기 재료의 함수비를 저하시키는 방법으로는 토취장에 깊은 도랑을 파서 지하수위의 저하를 도모하면서 땅깎기 작업을 진행하는 방법이 유효하다. 많은 도랑을 파두면 지하수위의 저하뿐만 아니라 강우 시의 배수에도 효과적이다. 또, 작업 중의 땅깎기 비탈면의 비탈어깨에서 빗물 등이 유입하여 비탈면이 침식될 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 비탈어깨 등에 배수구를 설치할 필요가 있다. 흙쌓기의 준비 배수는 흙쌓기 기초지반의 배수와 시공 중의 배수로 나누어진다.

기초지반의 표면이 연약한 경우에는 그림 2.4와 같이 깊이 0.5~1.0 m의 도랑을 파서 자갈 등의 투수성 재료로 채워 배수시켜서 기초지반을 건조시킨 다음 흙쌓기를 하면 흙쌓기 제1층에서 공사용 차량이 운행될 수 있다.



〈그림 2.4〉 논, 습지 등의 흙쌓기 기초지반의 배수

낮은 흙쌓기의 경우, 기초지반이 연약할 경우 교통하중에 의하여 노면에 처짐(deflection)이 일어날 우려가 있으므로 준비 배수는 대단히 중요하다.

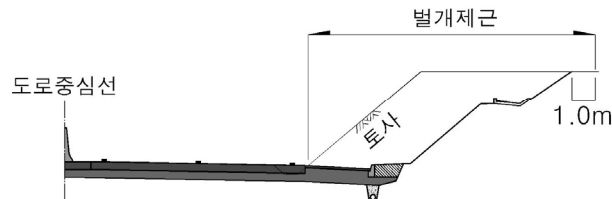
높은 흙쌓기의 경우는 이와 같은 우려는 없고 흙쌓기 제1층에서의 차량 진입이 문제가 되므로 도랑을 파서 배수까지 할 필요는 없으며, 막자갈·모래 등의 양질의 재료로 된 두께 0.5~1.0 m의 모래 부설층을 설치한 후 흙쌓기를 하는 것이 바람직하다.

여기에서, 처짐(deflection)이란 차량의 타이어가 어느 지점에 접근함에 따라 윤하중에 의하여 지표면이 점차로 침하하고, 타이어가 그 지점에 도달할 때 최대의 침하가 생기지만 타이어가 그 지점을 벗어나면서 지표는 점차로 복원되어 가며, 그 후에 다소의 잔류침하를 남기는 현상을 윤하중에 의한 처짐이라 한다.

2.3.3 벌개제근

- (1) 벌개제근이라 함은 산림지역 공사 구간의 초목, 나무뿌리의 제거, 표토 깎기를 말한다. 벌개제근 깊이는 수목의 종류, 분포 정도 및 뿌리 깊이 등의 현장 상황을 고려하여 결정하되, 표토를 유용토로 사용할 경우 유해한 물질(나무뿌리, 돌 등)을 함유하지 않아야 하며, 벌개제근할 때 발생하는 나무뿌리 등의 폐기물은 적절한 방법으로 수량을 산정하고, 처리 방법을 제시해야 한다.
- (2) 비탈면 등에 사용할 수 있는 표토는 지시하는 깊이까지 조심스럽게 깎아서 직접 사용할 곳에 사용하든가 일정한 장소에 보관해야 한다. 유용 표토는 나무뿌리·돌·기타의 유해물을 함유해서는 안 되며, 땅깍기 시에는 이들 부적당한 재료와 혼합되지 않도록 한다.

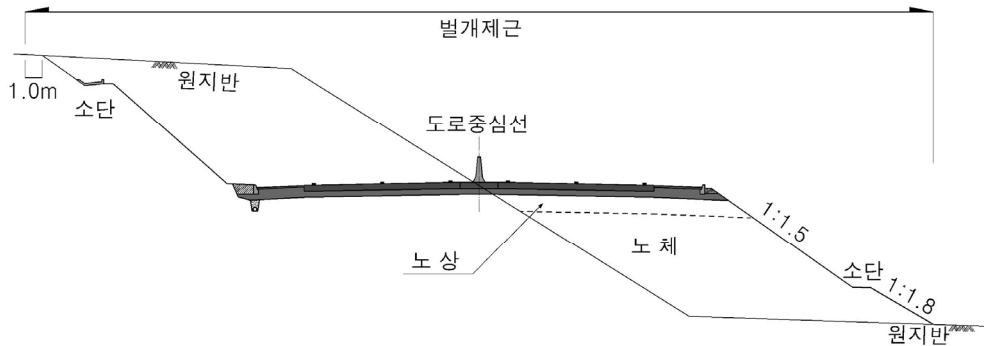
토취장과 흙쌓기에 사용되는 땅깍기부의 초목은 절취 작업에 앞서서 벌채하여 나무뿌리 및 표토 부근의 유기질토와 함께 제거한다. 이 작업을 벌개제근이라 하는데 이의 목적은 흙쌓기 중에 혼입된 초목, 나무뿌리의 부패(腐敗)로 부등침하, 처짐 등의 원인을 제공하는 것을 방지하기 위한 것이다. 벌개제근의 범위는 그림 2.5와 같이 땅깍기부 외측 1m 까지로 한다.



(a) 기존도로의 확장 구조



(b) 신설도로-땅깍기부



(c) 신설도로-한쪽깎기한쪽쌓기

〈그림 2.5〉 벌개제근의 범위

벌개제근에는 보통 불도저가 사용된다. 작은 초목은 불도저를 주행시켜서 유해한 표토와 같이 제거시키면 간단히 시공할 수 있다. 불도저로 작업할 수 있는 최소 두께(0.20 m 정도) 이하의 두께로 표토를 깎는 것은 불가능하므로 제거해야 할 표토가 얇은 경우에도 설계에서는 최소 0.20 m를 제거하는 것으로 한다.

벌개제근이 광범위할 때에는 그 양도 방대하므로 미리 버릴 장소를 준비해 둘 필요가 있다. 또, 벌개제근으로 제거된 토사를 공제하여 토량 배분계획을 세우지 않으면 흙쌓기량에 부족이 생길 우려가 있으므로 주의하도록 한다.

2.3.4 구조물 및 지장물 제거

벌개제근 작업이 수행되는 구간 내에 있는 구조물 및 지장물은 일부 또는 전부를 제거해야 하며, 제거여부의 판정은 시공성 및 관계 법령 등을 종합적으로 고려하여 결정해야 한다. 또한 작업으로 인하여 생기는 웅덩이, 도랑 등이 되메우기도 이에 따른다.

- (1) 사용 중인 교량, 압거 및 기타 배수시설은 적당한 대체시설을 설치하기 전에 제거해서는 안 된다.
- (2) 구조물의 하부 구조는 유수부에서는 하상면까지 제거해야 하며, 지표면에서는 최소 0.30 m 깊이까지 제거해야 한다.
- (3) 제거 작업에 발파가 필요할 때는 영향권 내에 새로운 구조물을 설치하기 전에 발파작업을 완료해야 한다.
- (4) 제거 작업으로 발생하는 웅덩이, 도랑, 구멍 등은 주변 지반 높이까지 되메운 후 다져야 한다.

2.4 설계 유의사항

2.4.1 땅깍기

땅깍기부는 통행에 필요한 공간을 안전하게 보호 유지하기 위하여 낙석과 붕괴가 일어나지 않도록 적합한 설계를 실시한다.

자연지반은 복잡하고 불균일하므로 비탈면 설계에 있어서는 우선 원지반을 구성하는 암반과 토층을 굴착과 비탈면 등으로 구분한다. 구분된 지반에 대해서 무처리·식생공 또는 네트 등의 보호공을 전제로 하여 경험적으로 구한 비탈면 경사도의 표준을 적용하며, 토질·암반 및 땅깍기 높이에 따른 비탈면 경사도와 형상을 결정한다.

땅깍기를 실시한 비탈면은 시공 후 시간의 경과와 함께 풍화와 침식이 진행되고, 호우에 의한 침투수가 증가하여 붕괴가 생기게 되거나 지진 시에 붕괴를 일으키는 것이다. 특히, 다음에 나타나는 것과 같은 지반에 대규모 땅깍기 비탈면이 형성될 때는 시공 중 또는 시공 후에 사고와 재해의 발생을 일으킬 수 있으므로 특별한 주의가 필요하다.

(1) 파쇄, 풍화암 지반

단층, 절리군이 많고 현저한 파쇄가 있는 암반은 지하수의 영향을 받기 쉽고 매우 불안정하다. 균열을 형성하는 퇴적암 지반은 깎기를 할 때 대규모 붕괴가 발생할 수 있다.

또한, 물리적·화학적인 작용과 물에 의한 팽윤 및 연약화를 일으킬 수 있다. 사문암, 유문암, 응회암, 셰일 등의 지반도 문제가 있다.

(2) 경사진 불안정한 지반

다음과 같은 지반은 땅깍기 공사와 관계없이 자연상태인 경우도 매우 불안정하다.

- 붕괴지 : 호우 등에 의해 연약해진 표층부에 얇은 붕괴가 자주 발생된 비탈면 지반
- 애추지 : 단층대와 급경사 산지 산기슭에 퇴적한 암반지반
- 비탈면 : 애추퇴적물, 풍화암류 등의 압괴, 옥석, 조약돌과 역간충전물로 이루어지는 비탈면과 균열이 많은 단단한 암반의 비탈면 또는 단단한 암반과 풍화 및 침식에 약한 지층으로 이루어지는 비탈면에서는 낙석이 발생할 위험성이 크다.
- 지반붕괴지역 : 미소한 활동밖에 보여 지지 않는 지반붕괴 지반과 이미 활동이 멈춰 있는 과거의 지반붕괴 지반이어도 공사에 있어서 대규모 지반 붕괴를 일으킬 수 있다.

- 토석류 : 경사도가 약 15° 이상이며 불안정한 토사가 퇴적하고 있는 계곡 및 비교적 큰 산악지에서 발생하는 것이 예상되는 계곡은 토석류가 발생할 위험성이 있다.

(3) 특수지반

강도가 약하고 침식을 받기 쉬운 화강토, 실트질 점토 등으로 이루어지는 지반 및 연약화가 심한 이암 등으로 이루어지는 지반은 매우 불안정하다.

2.4.2 흙쌓기

흙쌓기부는 강도가 작고, 물의 영향을 받기 쉬운 토사, 암반 등의 재료로 구축되므로 침하와 붕괴를 일으키기 쉽다. 그러나 흙쌓기는 흙깎기와 같이 자연 지반을 그대로 이용하여 구성되는 것과는 달리 흙쌓기 재료를 적절하게 선택하여 합리적인 구조로 하고, 정밀한 시공을 실시하여 구조물을 만들어 내는 것이 가능하다.

흙쌓기에 요구되는 조건의 주된 것은 다음과 같다.

- (1) 반복하여 재하되는 교통하중을 지지하고 동시에 교통하중과 흙쌓기 하중에 의해 큰 변형과 침하가 생기지 않을 것.

- (2) 강우, 침투수 혹은 지진 등의 붕괴원인에 대해서 충분한 안정성을 가질 것.

(3) 노상

노상은 포장을 직접 지지하는 거의 균일한 두께 약 1 m 두께의 흙의 층이며, 그 강도는 포장 두께를 결정하는 기초가 된다.

노상의 주된 역할은 그 상부 포장과 일체가 되어 교통하중을 지지하는 것이다. 따라서 노상은 충분한 강도와 지지력을 갖고 변형량이 적으며, 또 침투수에 의한 팽윤현상과 동상 등에 대해서도 충분한 내구성을 가져야 한다.

땅깎기부의 노상은 충분한 지지력이 있으면 흙깎기 지반을 그대로 노상으로 사용하는 것도 가능하지만 강도가 작고 변형과 내구성에 불안이 초래될 때는 양질토로 치환하거나 적절한 개량을 한다. 또한 흙깎기 노상부가 암반과 전석으로 인하여 노상면이 현저하게 불룩하게 될 때 양질토를 깔아서 평평하게 마무리해야 한다.

흙쌓기부의 노상은 현지에서 입수할 수 있는 재료 중 되도록 양질인 것을 사용하고, 현장에

서 양질의 재료를 입수할 없는 경우에는 다른 재료를 이용하든가 물리적 또는 화학적 방법에 의한 안정처리로 개량하여 설계 CBR값(또는 K값) 이상의 값이 얻어지도록 재료를 선택하여 다지는 것이 필요하다.

(4) 노체

흙쌓기부에서 포장 및 노상 이외의 부분을 말하며, 노상 및 포장층을 지지하는 역할을 한다. 토사를 이용하여 노체를 시공하고자 하는 경우는 최대치수 300.0 mm 이하 다짐도 90 % 이상, 다짐 후 건조밀도 14.71 kN/m^3 , 시공함수비는 다짐곡선 90 % 밀도의 습윤축 함수비, 수정 CBR 2.5 % 이상의 재료를 사용해야 한다. 토사 또는 암버력 이외의 재료라 할지라도 포장을 지지하면서 환경과 외력에 대해 안정적인 노체를 형성할 수 있다면 노체 재료로 적용할 수 있다. 이러한 경우 재료의 품질은 노체의 구조적인 안정성, 환경에 대한 안정성, 노체로서 기능 수행에 대한 적합성, 시공성 등을 고려하여 결정해야 한다.

2.4.3 옹벽

옹벽은 토사의 붕괴를 막기 위한 구조물이며, 땅깍기와 흙쌓기 등의 구조물을 축조하기 위하여 중요한 역할을 수행하고 있다. 옹벽은 용지·지형 등의 관계에서 비탈면에 적절한 경사도를 취할 수 없는 곳에 많이 이용되는 것 외에 하천에 접하여 구조물을 축조하는 경우에 비탈면의 보호 또는 밑다짐을 목적으로 만들어지는 것도 있다.

옹벽 설계에 있어서는 설치장소의 지형·지질·토질·시공조건·근접 구조물 등의 영향 및 하중조건을 정하여 활동·전도 및 기초지반의 지지력에 대한 안정을 검토하며, 현지 상태와 옹벽 규모에 따라 기초지반을 포함하는 전체의 안정 및 침하·지진 시의 안정에 대해서도 검토해야 한다.

2.4.4 압거

압거의 단면 형상과 설치 개소는 수로용 압거, 통로형 압거 등의 용도에 따라 다르며, 구조 형식도 박스형·문형·아치형 압거 등 다양하다.

압거 설계에 있어서는 설치 목적, 구조 형식, 설치 장소의 지반과 흙쌓기 조건 등을 충분히 검토한다. 또한 도로 토공의 시공조건과 공정 등과의 적합성을 도모하여 토공 전체의 입장에서 경제적인 설계를 실시해야 한다.

2.4.5 가설구조물

가설구조물은 공사 중에만 이용되고 본체 구조물의 완료 후 철거되는 것이므로 경시하는 경향이 있을 수 있다. 그러나 주거밀집지역에서의 근접 시공 및 연약지반과 고저차가 심한 산악지대에 있어서는 가설구조물이 중요한 역할을 한다. 사고 방지, 노동 재해방지 등의 안전관리 혹은 환경보전대책 상 소홀히 할 수 없다는 것을 인식해야 한다.

2.4.6 토량의 배분

땅깍기 또는 구조물의 기초 굴착 등으로 얻어지는 흙은 일반적으로 흙쌓기 재료로 전용한다. 그러나 여분의 토량이 생기는 경우 땅깍기 지점에서 흙쌓기 지점까지 운반거리가 길기 때문에 전용하는 경우 오히려 공사비가 많아지거나 땅깍기의 토질이 흙쌓기 재료로서 적당하지 않은 경우 등은 굴착한 흙을 별도로 활용하든지 또는 사토하여 부족한 재료를 다른 토취장에서 보충하는 방법도 있다. 이와 같은 토량의 배분계획이 정해지면 운반거리별 토량이 명확하게 된다. 또한, 토량 배분계획은 공사여건, 운반거리, 토공량, 경제성 등을 검토하여 반영한다.

도로 토공부에서 대규모의 토량 배분이 필요한 경우는 지반조사의 결과에 근거하여 땅깍기에서 얻어지는 재료의 토질을 고려하여 흙쌓기의 각 부에 적합한 재료를 배분하도록 계획할 필요가 있다. 예를 들면 노상 및 흙쌓기 상부에는 가능한 한 지지력이 큰 양질토를 배분하고, 입경이 큰 암벼력과 시공상 주의가 필요한 흙은 노체의 하부에 활용하며, 흙쌓기 재료에 적합치 않은 불량토는 사토로 계획한다.

친환경적 건설과 자재 수급, 경제성 등을 감안하여 모래는 자연모래 구입, 부순모래 구입, 부순모래 생산에 대한 경제성을 검토 후 가장 경제성이 있는 방안을 적용한다.

2.5 환경친화적 도로설계기법

친환경적인 도로계획은 노선선정 단계에서부터 검토되어야 하며, 환경훼손을 저감하기 위한 다양한 도로 설계기법은 계획 노선 및 지역특성에 따라 다양하게 적용될 수 있다.

도로건설은 선형적으로 연속되는 사업으로 영향 범위가 긴 구간에 걸쳐서 나타나게 되고 지형, 지질은 한번 훼손되면 복구되기 어려우므로 사업계획의 초기부터 세심한 주의가 요구된다. 환경훼손을 저감할 수 있는 설계기법은 보전가치가 있는 지형, 지질유산일 경우 노선을 우회하는 방안, 터널설치, 땅깍기, 흙쌓기 규모 축소, 비육토 처리, 토취장 복구 등으로 그 영향을 완화하는 방안을 설계 시 고려해야 한다.

2.5.1 회피

보전 가치가 있는 지형·지질유산은 법적으로 경계나 대상이 구체적으로 정해져 있으므로 이러한 지역은 가능한 한 우회하는 방안을 검토하고, 근접할 경우 경계부의 어느 정도까지 접근할 수 있는가를 관련법에 따라 검토한다.

관련법이나 특정의 관리규정이 없어 법적으로 경계가 설정되지 아니한 경우에는 관련분야 전문가의 의견을 참조하여 면밀한 조사·평가 후에 우회의 정도를 정한다.

2.5.2 완화

도로 노선의 계획에 따라 기존 지형·지질에 영향이 불가피 할 경우 그 영향을 완화할 수 있는 방안을 검토한다.

(1) 보전 가치가 있는 지형·지질유산 훼손의 최소화 방안

계획 노선 및 주변에 위치한 보전 가치가 있는 지형·지질유산의 영향을 최소화하기 위해서는 대상 시설의 위치에 따라 노선의 일부 조정, 종단경사 등의 조정을 통한 터널이나 교량의 적용, 옹벽 등 구조물 설치를 검토하여 영향이 최소화되도록 한다.

도로건설 사업으로 보전 가치가 있는 지형·지질유산에 대한 직접적인 훼손을 피할 수 없는 경우는 대상지역에 중요한 지형, 암석·광물의 노두, 지질구조, 화석산지 및 자연현상을 기록으로 보전하거나 관리하는 방안을 강구한다.

(2) 지형 훼손 저감 방안

(가) 터널화를 고려해야 하는 지역

다음의 경우에는 터널화를 고려해야 하며, 불가피하게 지형 훼손의 사유가 명백한 경우에는 비탈면 발생을 줄일 수 있는 비탈면 처리 공법과 구조물 설치, 편측 터널 설치 등을 검토한다.

- (a) 땅깍기 높이가 40 m 이상, 연장 200 m 이상 발생하는 지역
- (b) 편측 비탈면 높이가 50 m 이상, 연장 200 m 이상 발생하는 지역
- (c) 땅깍기 높이가 40 m, 연장이 200 m 이하인 경우라도 노선 및 주변 지형 특성 등에 따라 필요한 지역
- (d) 녹지자연도가 8등급 이상인 지역
- (e) 자연경관이 아주 수려한 곳(국립공원, 도립공원 등)

(나) 장대 비탈면 발생 저감 방안

- (a) 터널화 가능성을 검토한다.
- (b) 노선의 평면선형을 적절히 조정하거나 분리하는 방안을 검토한다. 다만, 도로의 평면선형은 도로의 기하구조 기준에 부합하는 범위 내에서 검토한다.
- (c) 지반 안정성이 허용하는 범위 내에서 도로 노선을 분리하여 한쪽 방향만 터널을 설치하는 방안을 검토한다.
- (d) 종단경사를 적절히 조정한다. 종단경사도 설계속도별 기하구조 기준 내에서 검토한다.
- (e) 급경사로 되어 있는 계곡의 경우 현장 여건과 조화되고 지형 훼손을 줄일 수 있는 방안(구조물 설치 여부 등)을 검토한다.
- (f) 터널 입·출구부의 대규모 땅깍기 발생에 의한 지형 변화 최소화를 위하여 터널 연장을 증가시켜 땅깍기 비탈면을 줄이는 방안을 검토한다.
- (g) 땅깍기 비탈면 높이를 줄일 수 있는 비탈면 보강공법을 적절히 검토한다. 비탈면 보강은 장기적인 비탈면 안정이라는 측면이 고려되어야 하므로 비탈면 안정을 우선적으로 검토한다.
- (h) 장대비탈면 발생이 불가피할 경우에는 재해 측면에서 안정성 검토를 수행하고, 적절한 대책(피암터널, 방호벽 등)을 강구한다.

(다) 지형 훼손의 적정성 판단 기준

- (a) 땅깍기 높이와 땅깍기 지역의 연장을 고려한 일반적인 지형 훼손의 적정성 여부는 다음의 기준에 따라 판단한다. 그러나 이것은 절대적인 기준은 아니고 주변 지형 및 여건에 따라 지형 훼손 면적, 훼손 지역의 복구 가능성, 장기적인 비탈면 안정성 등을 고려하여 결정한다.
- 땅깍기 높이가 40 m 이상 발생하는 구간 중 땅깍기 지역의 연장이 200 m 이상 될 경우 터널화를 검토한다.
 - 편측 비탈면 높이가 50 m 이상 발생하는 구간의 연장이 200 m 이상이 될 경우 터널화를 검토한다.
 - 땅깍기 높이가 40 m, 연장이 200 m 이하인 경우라도 노선 특성, 주변 지형여건 등을 고려하여 터널화를 검토할 수 있다.
- (b) 노선이 계곡부를 통과하거나 주거지역을 통과하는 흙쌓기 구간의 경우 노선 선정의 적정성, 지역 주민의 조망권, 생활권 단절 등을 고려하여 주거지역 최소 주거 단위, 통과 노선과 마을과의 이격거리, 조망권 가시각도 등을 고려하여 통과 방법 및 구조물 설치 연장을 검토한다.

(라) 지형 훼손이 불가피한 사유

불가피하게 땅깍기 및 흙쌓기 규모가 위 (다) - (a) 이상 발생하면 그 사유를 명확히 제시한다. 특히, 지형 훼손이 심하게 발생하는 대규모 땅깍기 지역과 교차로 지역은 그 사유를 합리적으로 제시한다.

- (a) 지형 상 터널이 곤란한 경우 지형 특성을 정확히 제시한다.
- (b) 대규모 땅깍기 발생 지역이 토질 상 터널이 곤란한 경우나 토피가 부족한 경우 등은 토질조사 결과를 근거로 터널이 곤란한 사유를 제시한다.
- (c) 입지 건 상 순흙쌓기 지역으로서 토취장 개발이 불가피한 경우에는 땅깍기 비탈면을 완화하거나 땅깍기 높이를 높게 유도할 수 있다.
- (d) 시설물(출입시설, 영업소, 휴게소 등)이 설치되어 안전거리 확보 때문에 터널의 설치가 곤란한 경우에는 그 시설물의 필요성에 대한 타당성과 위치조정 방안을 검토하여 제시한다.

(3) 비탈면 안정대책

비탈면 안정대책공법은 땅깍기·흙쌓기 비탈면의 붕괴에 의한 사태, 강우에 따른 토사 유출을 방지하기 위한 목적의 안정화 대책이다. 비탈면 안정공법은 비탈면 보호공과 비탈면 안정대책공법으로 분류되며, 경제성·시공성과 경관적 측면을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

(4) 연약지반의 처리

연약지반인 경우 토질조사를 시행하여 대책을 수립하고, 흙쌓기에 따른 침하의 영향을 고려하여 설계하도록 한다. 연약지반 처리공법선정은 적용지반의 토성, 설계상의 기대효과 뿐만 아니라 유발될 수 있는 환경문제 등을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.

(5) 비옥토의 처리

도로 계획 노선이 비옥토가 분포하는 구간을 관통하게 되거나 토취장에서 비옥토가 발생할 경우 도로공사의 조경식재에 최대한 활용한다.

(6) 자연친화적 토취장 계획 및 복구

토취장은 다양한 조사를 통하여 토질, 채취가능 토량, 방재 대책, 법적 규제, 흙 운반로, 현지 조건, 보전 가치가 있는 지형·지질유산 존재 여부, 생태적 중요성, 환경영향 등을 파악하여 토취장을 선정한다. 또한 주변의 토지이용현황, 주민의견을 수렴하여 토취장 복구 계획을 수립해야 하며, 토석정보공유시스템을 활용하여 토취장 개발을 최소화하고 환경피해를 예방하도록 한다.

(7) 사구, 사빈 존재지역 훼손 최소화 방안

해안[사구(砂丘), 사빈(砂濱), 갯벌, 암반해안 지역 등] 중 보전 가치가 높은 지역은 보전하고, 불가피하게 일부 통과하는 구간은 바다와 육지 간의 상호 기능에 영향을 줄일 수 있도록 교량이나 저성토로 하여 차후 복원이 용이하도록 검토한다.