

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 도로설계기준 도로토공에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로 설계기준	• 정부의 시방서와 설계기준의 체계를 선진화하는 추세에 부응하여 도로설계단계의 주도 기술수준을 집약하여 도로설계 및 시공 관련한 규정을 제정	제정 (2001)
도로 설계기준	• 각 부문별도 항목의 내용이 서로 균형 있도록 포괄적인 규정은 좀 더 구체적으로, 세부사항은 지침, 편람 등을 참조할 수 있도록 하여 개정	개정 (2005)
도로 설계기준	• 도로교통 서비스의 질적 향상, 도로분야 기술발전과 환경변화에 부응하는 설계기준 정립하고자 한국형 포장설계법 등 도로관련 건설공사기준 제·개정 내용을 반영함	개정 (2012)
KDS 44 30 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07.06)
KDS 44 30 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.08.03)
KDS 44 30 00 : 2023	• 최신 기준 반영 및 코드간 형식 통일화를 위한 개정	개정 (2023.01.06)

제 정 : 2016년 07월 06일

개 정 : 2023년 01월 06일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국도로협회, 한국도로학회

작성기관 : 한국도로협회, 한국도로학회

- 국토교통부장관*은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 참고 기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	2
2 조사 및 계획	2
2.1 조사 및 계획 일반	2
2.1.1 개요	2
2.1.2 토공부의 표준구성	2
2.2 조사	3
2.3 계획	4
2.3.1 개요	4
2.3.2 노선선정	4
2.3.3 토량 배분	4
2.3.4 공사용 도로계획	5
2.3.5 토취장 계획	6
2.3.6 사토장 계획	6
2.3.7 토공준비	7
3 재료	8
3.1 재료 일반	8
3.1.1 흙과 암반의 분류	8
3.2 재료특성	12
3.2.1 흙쌓기 재료	12
3.2.2 구조물 뒤채움 재료	13
4 설계	14
4.1 개요	14

목 차

4.2 땅깍기	14
4.2.1 비탈면 경사	14
4.2.2 소단	16
4.2.3 비탈면 모따기	17
4.2.4 표면수 및 용출수 처리	17
4.2.5 비탈면 안정분석	17
4.2.6 비탈면 안정대책	18
4.2.7 낙석대책	18
4.2.8 비탈 마무리 면 발파	19
4.2.9 암깍기	19
4.2.10 토공 유용	19
4.2.11 비탈면 계측	19
4.3 흙쌓기	19
4.3.1 개요	19
4.3.2 다짐	20
4.3.3 기타 검토사항	20
4.4 암발파 기준	23
4.4.1 개요	23
4.4.2 현장조사	26
4.4.3 암발파 설계	26
4.4.4 기타사항	27
4.5 비탈면 보호	27
4.5.1 비탈면 보호공의 선정	27
4.5.2 식생공	28
4.5.3 구조부재에 의한 보호공	28
4.6 연약지반 상의 흙쌓기	28
4.6.1 연약지반 기준	28

목 차

4.6.2 침하분석	29
4.6.3 활동에 대한 안정분석	29
4.6.4 연약지반 대책공법	30
4.6.5 계측관리	31
4.7 구조물 뒤택움	32
4.7.1 개요	32
4.7.2 다짐	32
4.7.3 뒤택움부의 배수	33
4.7.4 기타 검토사항	33
4.8 동상대책	34
4.8.1 동결심도 결정	34
4.8.2 동상대책	34

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 도로의 기능, 규모, 중요도 등에 따라 토공에 적용하는 기준을 일률적으로 적용하는 것보다는 도로의 특성에 적합한 기준을 따르는 것이 바람직하다.
- (2) 토공설계 및 시공에서는 지형·토질 및 지질·기상조건 등을 설계 및 시공 전에 충분히 파악하고, 필요에 따라서는 소규모 시험시공 등을 실시하여 불합리한 설계가 되지 않도록 한다.
- (3) 토공은 공사 진행 중 또는 공사 후 국부적으로 손상이 발생할 수 있으므로 유지보수 등을 고려하며, 조사단계에서 예측할 수 없는 상황이 발생할 수 있으므로 이에 대한 대책을 반드시 수립하여야 한다.

1.2 적용 범위

- (1) 이 기준은 도로 건설을 위한 일반적인 토공의 설계에 대하여 기술한다.

1.3 참고 기준

(1) 관련 기준

- KCS 61 10 15 현장조사
- KDS 44 00 00 도로설계기준
- KDS 44 10 00 도로설계 일반사항
- KDS 11 10 10 지반조사
- KDS 11 70 05 쌓기, 깎기
- KDS 11 70 10 비탈면 보호공법
- KDS 11 70 25 비탈면 배수시설

1.4 용어의 정의

- 갓길(길어깨) : 도로를 보호하고, 비상시나 유지관리시에 이용하기 위하여 차로에 접속하여 설치하는 도로의 부분을 말한다.
- 흙쌓기부 : 원지반부터 노상면까지 흙을 쌓아올린 부분을 말한다.
- 땅깎기부 : 원지반부터 노상면까지 원지반의 흙을 굴착한 부분을 말한다.
- 노체 : 흙쌓기부에서 포장 및 노상 이외의 부분을 말하고, 노상 및 포장층을 지지하는 역할을 한다.
- 노상 : 포장층 아래 두께 약 1.0m의 거의 균일한 토층을 말하고, 포장층으로부터 전달되는 교통하중을 지지하거나 노체 또는 원지반에 전달하는 역할을 한다.
- 땅깎기부 노상 : 원지반이 설계 노상지지력비(CBR : California Bearing Ratio) 이상인 경

우에 원지반 흙을 그대로 이용하고, 원지반 흙의 CBR이 설계 CBR 보다 작은 경우 치환 또는 안정처리하거나 CBR치를 고려하여 포장두께를 결정하여야 한다.

- 포장층 : 노면으로부터 노상 윗면까지의 부분을 말하며, 교통하중을 지지하고 하중을 분산시키는 역할을 한다.
- 비탈면 : 흙쌓기 및 땅깍기에 의해서 형성되는 비탈면을 각각 흙쌓기 및 땅깍기 비탈면이라 하며, 이들의 비탈면에는 필요에 따라 소단을 설치하고, 비탈면의 상단을 비탈어깨, 하단을 비탈끝이라 한다.
- 소단 : 비탈면의 점검 및 유지관리를 위하여 비탈면 가운데 일정한 높이, 간격으로 설치하는 수평 단을 말한다.
- 층따기 : 1:4 경사보다 급한 경사를 가진 지반 위에 흙쌓기를 하는 경우 원지반을 직각으로 일정 높이와 폭으로 깎는 것을 말하며, 쌓기재료와 원지반을 밀착시키고, 소규모의 지반변형과 활동을 방지하는 역할을 한다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

2.1.1 개요

- (1) 토공설계에서는 설계 전에 기상·지형·토질·지질·환경·재료·하천·문화재·토지이용·관련 공공사업 등에 대한 조사를 실시하고, 조사결과를 종합적으로 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 기후, 지형 및 지질, 토질 등의 자연조건과 사회조건 등 현지조건을 충분히 고려하여 설계하여야 한다.
- (3) 경제성과 시공성을 고려하여 설계하고, 경제성을 검토할 때는 건설비 외에 유지관리비도 포함하여야 한다.
- (4) 교통하중이나 강우 등의 외적작용에 대하여 장기적인 안정성을 유지할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (5) 도로 공용 후 노면의 부등침하·비탈면 세굴 및 붕괴가 발생하지 않도록 하고, 대규모 땅깍기 비탈면에는 소단·점검시설 등의 유지관리 시설을 설계하여야 한다.
- (6) 산악지 도로의 경우 수해 예방을 위한 산악지 도로 설계 매뉴얼을 참조한다.

2.1.2 토공부의 표준구성

- (1) 도로의 땅깍기 및 흙쌓기 부위의 명칭과 표준구성은 다음과 같다.

2.3 계획

2.3.1 개요

- (1) 토공계획은 노선선정에 따라 크게 좌우되므로 노선선정 단계에서 비교노선을 검토할 때 각 노선별 토공계획상의 특징과 장·단점을 충분히 고려하여야 한다.
- (2) 토공계획을 할 때에는 지형, 지질 및 기후 등의 자연조건과 도로, 철도, 하천 및 문화재 등의 사회적 조건을 고려하여야 한다.
- (3) 토공계획에 중요한 영향을 미치는 지형, 지질 및 지장물 등은 현지답사를 통하여 반드시 확인한 후에 토공계획을 수립하여야 한다.
- (4) 공사비, 공사기간 및 환경 훼손 등에 큰 영향을 미치는 연약지반 지역, 비탈면 붕괴 위험지역, 대규모 땅깎기 구간 및 경사지 흠쌓기 구간, 집단 촌락지역과 특수지역은 계획단계에서 충분히 검토하여 노선을 결정하여야 한다.

2.3.2 노선선정

- (1) 노선계획은 경제성, 비용·편익, 주행안전성, 환경보전, 시공 및 유지관리 등을 종합적으로 검토한 후 최적의 노선을 선정한다.
- (2) 토공계획은 지형 및 지질, 흠쌓기 재료 조건과 토공 구조물의 안정성 및 환경, 문화재 등 지반조건 및 사회적 조건을 충분히 고려하여야 한다.
- (3) 특히 노선계획 상 산사태 위험지역, 눈사태 위험지역, 지질 위험지역, 대규모 땅깎기 비탈면, 경사 지반, 문화재 매장지역, 폐광지역 등에 대해서는 공사비 및 유지관리 측면에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 주의하여야 한다.

2.3.3 토량 배분

- (1) 토량 배분은 땅깎기와 흠쌓기 계획의 기본이 되기 때문에 지형, 지질, 현지의 상황, 경제성, 시공성 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.
- (2) 평면 및 종단선형의 계획은 가능한 한 토공량을 최소화하고, 땅깎기와 흠쌓기량이 균형을 이루도록 하며, 교량·터널 등 구조물과의 관련성을 종합적으로 고려한 경제적인 설계가 되도록 하여야 한다.
- (3) 이때 땅깎기 및 흠쌓기 비탈면의 경사는 비탈면의 활동과괴에 대한 안정성을 고려하여 경사를 적용하여야 한다.
- (4) 토량 배분은 노선 전체에 대한 토공 균형 뿐만 아니라 시공성을 고려하여 구간별 균형이 되도록 계획하며, 구간별 균형이 곤란한 경우는 공정을 검토하여 인접 구간과 조정하거나 공구 분할을 검토하여 가능한 한 균형을 이루도록 하여야 한다.
- (5) 공사 중에는 토량 균형을 고려하여 적절히 토량을 배분하는 것이 중요하므로 이를 위해서는 토공계획을 할 때 토량 변화율이 타당한지 여부를 항상 점검하여 잔토 처리 또는 순수한 흠쌓기량이 최소화되도록 하여야 한다.
- (6) 땅깎기에서 발생하는 토공 재료는 품질시험을 시행하여 공학적 특성을 충분히 파악한 후 흠쌓기 각 부위에 가장 적합하게 흙이 배분되도록 하여야 한다.

(7) 토적도(mass curve)를 작성할 때에는 다음 사항을 유의하여야 한다.

- ① 토량 계산에 필요한 땅깍기부의 단면적은 토사·리핑암·발파암으로 구분하여 산출하고, 토사·리핑암·발파암의 경계는 지반조사결과에 따른 판정기준을 적용하여 신중히 결정하여야 한다.
- ② 토량 변화율은 땅깍기 지반의 특성과 흙쌓기 부위 별로 충분히 검토하여야 하며, 동일한 흙이 다량 사용되는 경우는 확실적인 토량 변화율을 적용하기보다 주변의 시공실적 및 시험시공 성과 등을 고려하여 적용하여야 한다.
- ③ 암석의 변화율은 측정 그 자체가 어렵고, 다짐정도에 따라 변동이 크기 때문에 주변의 시공실적 등을 참고로 하고, 시험시공 등에 의하여 확인하는 것이 바람직하다.
- ④ 토량 배분은 운반거리를 가능한 짧게 하고, 적용 장비는 공정·공사규모·운반거리 뿐만 아니라 지형·지질·도로 등 현지조건을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑤ 토적도는 종방향 토량 이동만을 표시하고, 횡방향 이동은 반영되어 있지 않으므로 횡방향의 토량이 누락되지 않도록 하여야 한다.

2.3.4 공사용 도로계획

- (1) 공사용 도로는 공사 전체의 공정, 시공성, 경제성 등에 영향을 주기 때문에 사용목적, 지형, 주변도로 상황, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 계획하여야 한다.
- (2) 공사용 도로는 주변 지형 또는 토지이용계획 현황에 영향을 받기 때문에 토공, 교량공, 터널공, 포장공 등의 시공에 필요한 각종 재료, 장비의 반·출입에 적합하도록 계획하여야 한다.
- (3) 공사용 도로의 선정은 현장 내 공사용 도로, 기존 도로, 신설 공사용 도로의 순으로 관련 공사의 공정 등을 고려하여 검토하여야 한다.
- (4) 현장 내 공사용 도로
 - ① 현장 내 공사용 도로는 본선 또는 부체도로로 계획된 부분이 우선적으로 사용될 수 있도록 계획하여야 한다.
 - ② 공사용 도로의 위치 및 계획고는 땅깍기 및 흙쌓기의 공정을 고려하여 계획하고, 공사 진행 단계별로 순서를 바꾸면서 사용하도록 계획하여야 한다.
 - ③ 공사용 도로를 하천 및 해상에 계획하는 경우 관계기관과 가도·가교 등에 대하여 충분히 협의하여야 하며, 경제성·시공성 및 환경훼손방지 등을 고려하여야 한다.
- (5) 기존도로의 이용
 - ① 기존도로를 그대로 이용하는 경우는 이용하기 전에 충분한 조사 및 도로관리자와 협의를 하여야 한다.
 - ② 기존도로에 대한 조사는 교통량·차로수·기하구조·폭·노면 및 연도 상황·교통안전시설·지하매설물 등을 조사하고, 필요할 때에는 기존 구조물의 안전진단을 실시하여야 한다.
 - ③ 기존 도로를 개량하는 경우는 계획의 유무, 공사방법, 용지의 취득 등에 대하여 도로관리자와 충분히 협의를 하여야 한다.
- (6) 신설 공사용 도로

- ① 주변에 공사용 도로로 사용하기 적합한 기존도로가 없거나 현지 여건상 기존 도로를 사용할 수 없는 경우는 경제적인 노선을 선택하여 신설 공사용 도로를 계획하여야 한다.
- ② 사용 후 철거하는 경우에 원지형의 완전한 원형복구는 불가능하므로 관계자와 협의하여 존치 시킬 수 있는 형상을 고려하여 설계하여야 한다.
- ③ 대규모 공사용 도로는 땅깁기, 흙쌓기 이외에 경제적으로 타당한 경우 가교 등 임시구조물 설치를 검토하여야 한다.
- (7) 현장 외 공사용 도로를 설계할 때 유의사항
 - ① 차로수는 공사용 차량 일교통량(기존 도로의 경우는 기존 교통량을 포함)이 400대(중교통, 왕복) 이상이면 2차로, 400대 미만이면 1차로를 기준으로 결정하고, 1차로 도로의 경우는 필요에 따라 300.0m 간격마다 길이 20.0m, 폭 5.0m의 대피소를 설치하여야 한다.

2.3.5 토취장 계획

- (1) 토취장은 먼저 충분한 사전조사를 통하여 토질, 채취 가능 토량, 방재대책, 법적규제, 운반로, 현지조건 등을 종합적으로 조사한 후 선정하여야 한다.
- (2) 토취장을 선정할 때에는 복수의 후보지를 대상으로 지형, 토질특성, 채취 가능량, 운반로, 방재, 문화재, 보상, 환경, 토지 이용현황 및 법적 규제 등을 충분히 검토하여야 한다.
- (3) 토취장을 선정할 때 특히 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 본선 부근에 후보지를 선정하여 운반거리를 짧게 한다.
 - ② 다른 사업과 연계하여 토석정보공유시스템 등을 이용하여 효과적인 토취장 계획을 수립한다.
 - ③ 토량 배분 계획과 관련해서 토량뿐만 아니라 노상재, 뒤채움재, 운반로 가설재, 교통성 확보 등 공사에 필요한 재료를 얻을 수 있는 장소를 선정한다.
 - ④ 문화재 보호법 등의 법적 규제를 받는 곳에서는 관련기관과 협의를 한다.
 - ⑤ 토지 이용 계획에 대하여 소유자와 충분한 협의를 거치고 사용 동의서를 작성한다.
 - ⑥ 땅깁기에 의한 비탈면이 발생될 때에는 비탈면 경사와 보호공 등을 검토하여 반영한다.
 - ⑦ 토취장은 시공할 때 토량변화율 등의 변경에 따라 채취 가능 토량이 변경되는 경우가 있으므로 토량이 여유가 있도록 설계한다.
 - ⑧ 배수에 대해서는 현재의 배수계통 및 주변 배수의 상황 등을 조사하여 추후에 분쟁이 발생치 않도록 설계한다.
 - ⑨ 운반로는 단순히 운반거리 뿐만 아니라 연도 상황, 교통량 및 보도 등을 고려하고 포장 폭과 노면 상황 등을 고려하여 종합적으로 판단하도록 한다.
 - ⑩ 토취장 지역에 땅깁기 비탈면이 발생할 경우 필요에 따라 비탈면 보호공 및 조경계획을 수립하여야 한다.

2.3.6 사토장 계획

- (1) 사토장은 사토 가능량, 방재 대책, 법적 규제, 운반로, 현지조건 등을 종합적으로 조사한 후 계획하여야 한다.
- (2) 잔토 및 불량토를 사토하는 경우는 사토 가능량, 토사유출 및 붕괴를 방지하기 위한

방재대책, 법적 규제, 흙 운반로, 토지 이용계획, 용지보상, 문화재, 환경 등을 고려하여 후보지를 여러 곳 선정, 비교한 후 가장 유리한 사토장을 선정하여야 한다.

(3) 사토장을 선정할 때에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 사토장은 운반작업 및 잔토처리 등을 고려하여 가능한 한 과업구간 인근으로 선정하되 우선적으로 토석정보공유시스템을 이용하여 토공의 효율성을 증대시킨다.
- ② 사토장은 장소에 따라 법적 규제를 받기 때문에 관련 공공기관과 충분히 협의하고, 해제 절차를 수립한다.
- ③ 사토장은 강우에 의하여 토사 유출 또는 붕괴 위험이 있기 때문에 사토장 사용 전에 배수 및 기존 수로의 교체, 옹벽에 의한 토류공 및 비탈면 보호 계획, 계획적인 매립과 배수 경사 등의 확보, 필요할 때 이토의 침전지 등의 계획을 수립한다.
- ④ 흙 운반로는 운반거리 · 연도상황 · 교통량 및 보도 등을 고려하고, 폭 · 포장의 상황 · 개량상황 등을 고려하여 종합적으로 판단한다.
- ⑤ 사토장은 토량변화율, 토질 및 암질의 변화에 의한 땅꺼짐 및 흩날림량, 사토량의 변화, 차량 소통을 위하여 반입되는 모래, 자갈 등의 토량을 고려하여 여유 있게 설계한다.

2.3.7 토공준비

(1) 준비공

- ① 모든 땅꺼짐 및 흩날림 비탈면의 정확한 마무리를 위하여 먼저 기준틀을 정확한 위치에 설치하도록 한다.

(2) 준비 배수

- ① 시공에 앞서 땅꺼짐 및 흩날림부의 물을 배제하며, 시공 중 배수시설을 설치하여 배수가 양호한 상태를 유지하여야 하고, 배수가 요구되는 장소는 그 규격과 설치범위를 명확히 설계한다.

(3) 수목제거

- ① 수목제거 깊이는 수목의 종류, 분포정도 및 뿌리깊이 등의 현장 상황을 고려하여 결정하되, 표토를 유용토로 사용할 경우 유해한 물질(나무뿌리, 돌 등)을 함유하지 않아야 하며, 수목제거할 때 발생하는 나무뿌리 등의 폐기물은 적절한 방법으로 수량을 산정하고, 처리방법을 제시하여야 한다.

(4) 구조물 및 지장물 제거

- ① 수목제거 작업이 수행되는 구간 내에 있는 구조물 및 지장물은 일부 또는 전부를 제거하여야 하며, 제거 여부의 판정은 시공성 및 관계법령 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

3. 재료

3.1 재료 일반

3.1.1 흙과 암반의 분류

(1) 흙과 암반의 분류는 현지에서의 관찰이나 조사 또는 시험을 통하여 설계에 필요한 자료를 얻을 목적으로 시행하며, 다음과 같은 경우에 이용된다.

- ① 지질 및 토질조사 결과의 표시(토질주상도, 토성도 등 작성)
- ② 노상 및 뒤펀재의 적부 판단(안정처리 여부, 사토의 판정)
- ③ 흙쌓기나 각종 구조물의 기초지반으로서의 적부 판정
- ④ 시공방법과 건설기계 선정(굴착방식의 선정 및 계획)
- ⑤ 땅깍기와 흙쌓기의 토량 변화율 산정(토량 환산계수 산정)
- ⑥ 땅깍기 및 흙쌓기 비탈면 경사에 대한 계획
- ⑦ 비탈면 보호공, 옹벽, 기초공, 터널 등의 계획

(2) 흙의 분류

① 흙의 분류는 흙의 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일 분류법에 따르며, 보조적으로 AASHTO 분류법을 사용할 수 있다.

(3) 통일분류법

① 개요

가. 통일 분류법은 흙의 입도시험방법(KS F 2302), 흙의 액성한계·소성한계 시험방법(KS F 2303)에 따른 시험결과를 근거로 분류하는 것으로서, 흙의 종류를 2개의 영문 대문자 조합으로 나타낸다.

② 통일분류법에 사용되는 기호

가. 통일 분류법에 사용되는 기호는 표 3.1-1과 같이 흙의 종류와 속성에 따라 제1문자와 제2문자로 표시하며, 흙의 분류는 표 3.1-2와 같다.

표 3.1-1 통일분류법에서 사용되는 기호

토질의 종류		제1문자	제2문자	토질의 속성
조립토	자갈(Gravel)	G	W	입도분포 양호, 세립분 거의 없음. (75 μm 이하 5% 미만 함유)
			P	입도분포 불량, 세립분 거의 없음
	모래(Sand)	S	M	세립분 12% 이상 함유, A선 아래, 소성지수 4% 이하
			C	세립분 12% 이상 함유, A선 위, 소성지수 7% 이상
세립토	실트(Silt)	M	L	압축성 낮음, $LL < 50$
	점토(Clay)	C		
	유기질의 실트 및 점토 (Organic Clay)	O	H	압축성 높음, $LL \geq 50$
유기질토	이탄(Peat)	P		

표 3.1-2 통일분류법에 의한 흙의 분류

구분		분류기호	대표명	분류방법			
조립토 (75 μm체 통과율 50% 미만)	자갈 (4.75 mm체 통과율 50% 이하)	깨끗한 자갈	GW	입도분포가 양호한 자갈, 자갈모래 혼합토	입도곡선으로 모래와 자갈의 비율을 결정	Cu=D60/D10 ≥ 4 Cc=(D30)²/(D10×D60)=1~3	
			GP	입도분포가 불량한 자갈, 자갈 모래 혼합토			
		세립분을 함유한 자갈	GM	실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토			세립분(75 μm이하)의 백분율에 따라 다음과 같이 분류
	GC		점토질의 자갈, 자갈·모래·점토의 혼합토	소성도에서 A선 위 또는 PI>7			
	모래 (4.75 mm체 통과율 50% 이상)	깨끗한 모래	SW	입도분포가 양호한 모래, 자갈섞인 모래	5% 미만 : GW,GP,SW, SP 5~12% : 경계선에서 이종기호 사용 12% 이상 : GM,GC,SM,S C	Cu=D60/D10 ≥ 6 Cc=(D30)²/(D10×D60)=1~3	
			SP	입도분포가 불량한 모래, 자갈섞인 모래			
		세립분을 함유한 모래	SM	실트질 모래, 실트섞인 모래		소성도에서 A선 아래 또는 PI<4	소성도에서 사선 부분은 이종기호로 분류
			SC	점토질 모래, 점토섞인 모래		소성도에서 A선 위 또는 PI>7	
	세립토 (75 μm체 통과율 50% 이상)	실트 및 점토 (액성한계 <50%)	ML	무기질 점토, 극세사, 암분, 실트 및 점토질 세사	<p>Plasticity index</p> <p>Liquid limit</p> <p>U-line PI=0.9(LL-8) A-line PI=0.73(LL-20)</p> <p>CL or OL ML or OL CH or OH MH or OH</p>		
			CL	저-중소성의 무기질 점토, 자갈섞인 점토, 모래섞인 점토, 실트섞인 점토			
OL			저소성 유기질점토, 유기질 실트 점토, 무기질 실트, 운모질				
실트 및 점토 (액성한계 ≥50%)		MH	또는 규조질 세사 또는 실트, 탄성이 있는 실트				
		CH	소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토				
		OH	중 또는 고소성 유기질 점토				
유기질토	Pt	이탄토 등 기타 고유기질토					

그림 3.1-1 통일분류법에 의한 흙의 분류

(4) AASHTO 분류법

① 개요

가. AASHTO 분류는 입도, 액성한계, 소성지수 및 군지수(Group Index)에 따라 흙을 A-1에서 A-7군으로 대별하고, 7군 중 몇 가지는 다시 세분화하여 전체를 12군으로 분류한다. 특히, 점성토의 분류는 군지수를 이용한다.

② 군지수(GI)

$$GI = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd \quad (3.1-1)$$

여기서, a : 75 μm(No.200)체 통과율에서 35를 빼 값. 통과율이 75 %를 넘을 때에는 75%로 하여 0~40의 정수를 나타낸다.

b : 75 μm(No.200)체 통과율에서 15를 빼 값. 통과율이 55 %를 넘을 때에는 55%로 하여 0~40의 정수를 나타낸다.

c : 액성한계에서 40을 빼 값. 액성한계가 60 %를 넘을 때에는 60 %로 하여 0~20의 정수로 나타낸다.

d : 소성지수에서 10을 빼 값. 소성지수가 30 %를 넘을 때에는 30 %로 하여 0~20의 정수로 나타낸다.

(5) 흙쌓기 재료 사용성

① 흙쌓기 재료는 아터버그한계, 입도시험, 다짐시험, CBR 시험 등을 시행하여 사용성을 평가하여야 한다. 또한 통일분류법 및 AASHTO 분류법으로 토질별 CBR 및 노상반력 계수(K치)를 추정할 수 있다.

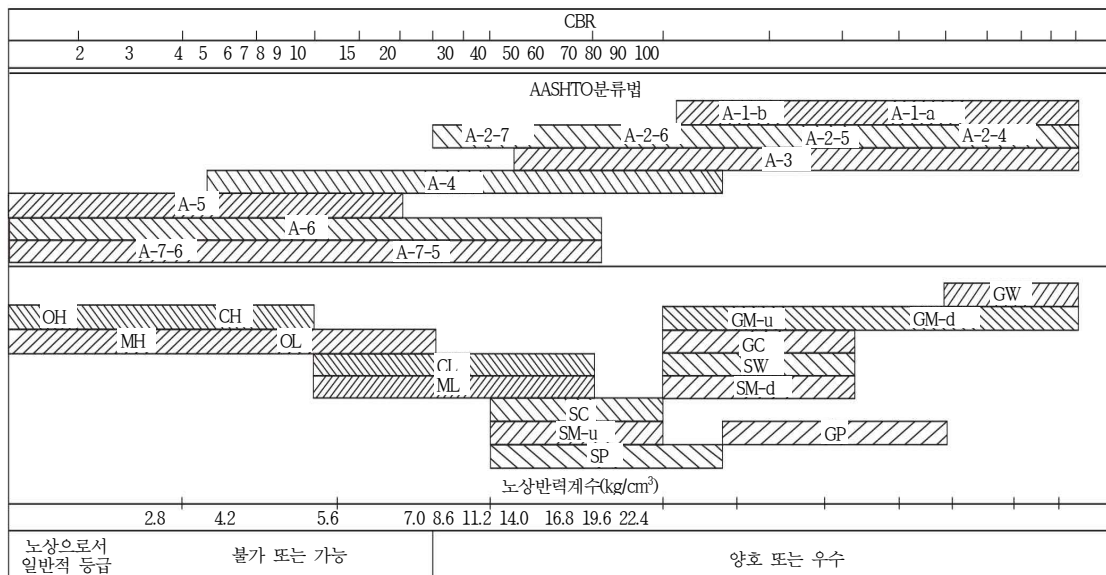


그림 3.1-2 흙의 종류별 노상토 지지력 특성

(6) 암반의 분류

① 토공작업을 기준으로 흙 및 암석을 토사·리핑암·발파암으로 구분하며, 표토 및 풍화 잔류토는 토사, 풍화암은 리핑암, 연·경암은 발파암으로 규정한다.

② 토사, 리핑암, 발파암의 분류는 표준관입시험, 암석의 풍화정도, 코어회수율, 암질지수,

탄성과 속도, 압 시편의 강도 등을 종합적으로 검토하여 구분한다.

- ③ 풍화 잔류토와 풍화암 층의 구분은 표준관입시험치(N치)와 탄성파속도(P파) 등을 기준으로 하여 구분한다.
- ④ 풍화암과 연암의 구분은 코어회수율, 암질지수, 탄성파속도, 일축압축강도 등을 기준으로 하여 리핑암과 발파암으로 구분한다.
- ⑤ 별도의 시험, 검토 등을 수행하지 않는 경우는 문헌 등에 제시된 굴착 난이도를 기준으로 토사, 리핑암, 발파암으로 분류한다.
- ⑥ 표준관입시험치, 불연속면의 발달빈도, 탄성파속도 등은 별개의 고려 조건이 아니므로 분류할 때 이 요소들을 종합적으로 검토한다.

3.2 재료특성

3.2.1 흙쌓기 재료

(1) 일반사항

- ① 흙쌓기에 사용되는 재료는 일반적으로 도로공사에 사용되는 재료 중 가장 많은 양이 취급되므로 경제적인 설계가 이루어지도록 하여야 한다.
- ② 흙쌓기에 사용될 재료에는 초목, 그루터기, 덩불, 뿌리 등 유기물질과 쓰레기와 같은 환경오염 물질이 함유되지 않아야 한다.
- ③ 사용하는 흙쌓기 재료의 특성은 지역에 따라 상이하며, 이는 토공 구조물의 안정성과 지지력에 영향을 미치므로 재료의 성질을 정확하게 판단하여야 한다.
- ④ 흙쌓기 구조물의 안정성은 지반조사 결과로부터 정량적으로 판단하여야 하며, 보다 합리적인 판단을 위해서는 과거 실적 및 경험을 상호 비교하여야 한다.

(2) 노 체

- ① 토사를 이용하여 노체를 시공하고자 하는 경우 다음과 같은 재료 규정에 적합한 재료를 사용하여야 한다.

가. 최대치수: 300.0 mm 이하

나. 다짐도: 90 % 이상

다. 다짐 후 건조밀도: 14.71 kN/m³

라. 시공 함수비: 다짐곡선 90 % 밀도의 습윤축 함수비

마. 수정 CBR: 2.5 % 이상

- ② 토사 또는 암버력 이외의 재료라 할지라도 포장을 지지하면서 환경과 외력에 대하여 안정적인 노체를 형성할 수 있다면, 노체 재료로 적용할 수 있다.

- ③ 이러한 경우 재료의 품질은 노체의 구조적인 안정성, 환경에 대한 안전성, 노체로서 기능수행에 대한 적합성, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 노상

- ① 노상은 흙쌓기 최상부 1 m 부분으로서, 포장과 함께 교통하중을 지지하는 역할을 하므로 다음과 같은 재료 규정에 적합한 재료를 우선적으로 사용하여야 한다.

가. 최대치수: 100.0 mm 이하

- 나. 4.75 mm 체 통과량: 25 % 이상
- 라. 75 μ m 체 통과량: 25 % 이하
- 마. 소성지수: 10 % 이하
- 바. 다짐도: 95 % 이상
- 사. 시공함수비: 최적함수비의 ± 2 %
- 아. 수정CBR: 10 % 이상

② 원지반을 땅깁기하여 노상을 형성하는 경우 원지반의 재료가 노상재료 기준에 적합할 경우 직접 노상으로 활용할 수 있으나, 적합하지 않을 경우 소요 CBR을 기준으로 하여 일정두께를 치환하여야 한다.

(4) 압성토

- ① 암버력을 흙쌓기 재료로 이용하는 경우 최대치수는 600 mm 이하로 하며, 시험시공을 통하여 최대 입경을 조절할 수 있다.
- ② 암버력쌓기는 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 mm이하로 한다.
- ③ 노체의 상부 600 mm는 필터층 역할을 할 수 있는 적절한 크기의 입상 재료 또는 소일시멘트 중간층 등을 설치하여야하며, 노상토와의 입도분포를 상호 비교하여 적정량의 공극채움재를 사용하여 노상의 세립분이 암버력 사이 공극으로 이동하여 침하가 발생하는 것을 방지하도록 한다.
- ④ 암버력을 이용한 흙쌓기는 대소 입경이 고르게 섞이도록 하여 큰 입경의 암편이 고르게 분산 되도록 간극을 충분히 메워야 하며, 1층 마무리 두께가 600 mm인 경우는 반드시 진동다짐 장비를 이용하여야 한다.

3.2.2 구조물 뒤채움 재료

(1) 구조물 뒤채움에 사용하는 재료는 보조기층 재료 SB-1의 품질기준에 적합한 것을 기준으로 하며, 현지 재료의 활용, 경제성 등을 고려하여 다음의 품질기준에 적합한 재료를 사용할 수 있다.

- ① 최대치수: 100.0 mm
- ② 4.75 mm 체 통과량: 25~100 %
- ③ 75 μ m 체 통과량: 15 % 이하
- ④ 소성지수: 10 이하
- ⑤ 시방다짐을 실시한 흙의 수정 CBR (%): 10 이상

4. 설계

4.1 개요

- (1) 도로의 토공부분은 차량 통행을 위하여 필요한 공간을 안전하게 보호·유지하고, 포장층을 매개로 전달되는 교통하중을 충분히 지지하도록 설계한다.
- (2) 토공설계는 지반을 굴착하여 땅깍기 구조물을 조성하고 굴착한 흙을 운반 다짐하여 흠쌓기 구조물을 축조하는 공사로서, 암발파·비탈면 보호·연약지반상 흠쌓기·구조물 뒤채움·동상방지대책 등을 포함하여 설계한다.
- (3) 토공은 자연의 기상조건 하에서 실시되므로 해빙기 지반의 약화 등의 계절적 특성과 강우·침투 등에 영향을 받기 때문에 땅깍기 및 흠쌓기 등 토공 구조물이 장기간 그 기능을 발휘하도록 기초지반 및 노상 지지력, 비탈면 안정 및 침하 등에 대한 대책을 수립하여야 한다.
- (4) 땅깍기 및 흠쌓기 비탈면의 경사는 지표지질조사, 지반조사 및 실내·현장시험 결과를 이용하여 안정해석을 실시하고, 그 결과에 의하여 비탈면 경사를 설계한다.
- (5) 비탈면 경사의 안정성 검토는 안정계산에 의한 안전율만으로 판단할 것이 아니라 인접 시설의 비탈면 설계 등을 종합적으로 고려하여 설계한다.
- (6) 토공설계에 사용하는 각종 지반정수는 실내 및 현장시험 결과에 근거하여 결정하는 해야 하며, 현지상황 등에 의하여 실험을 할 수 없거나 개략적인 검토를 하는 경우에는 문헌에서 제시한 토질정수 또는 인근 현장설계 및 시공자료를 참고로 추정한다.
- (7) 토공설계는 개략설계·예비설계·상세설계 단계로 구분되며, 다음과 같이 설계한다.
 - ① 개략설계는 계획노선 토공과 관련하여 흠쌓기·땅깍기·비탈면 보호공·옹벽·암거 등에 적합한 각종 대책공법을 선정하고, 유사 사업의 설계자료와 현지답사 결과를 반영하여 공사비를 산정한다.
 - ② 예비설계는 선정된 노선에 항공사진 등에 의하여 작성된 도면과 지표지질조사, 사운드 등의 결과를 이용하여 개략설계와 거의 같은 항목으로 세부적인 설계를 한다.
 - ③ 상세설계는 예비설계에서 결정된 기본조건에 근거하여 땅깍기, 흠쌓기, 구조물 및 각종 대책공법 등의 상세한 설계를 실시하여 소요 공사비를 산정한다.

4.2 땅깍기

4.2.1 비탈면 경사

- (1) 땅깍기 비탈면의 경사는 KDS 11 70 05를 따르되, 다음과 같은 경우에는 비탈면 안정 대책을 검토하여 설계에 반영한다.
 - ① 지반이 두꺼운 붕괴층 또는 퇴적층으로 구성되어 불안정한 상태를 나타내는 구간
 - ② 붕괴 이력이 있고, 비탈면 붕괴 발생 가능성이 있는 구간
 - ③ 지하수위가 높고 용출수가 많은 구간
 - ④ 갈라진 틈이 있고, 지반의 활동 가능성이 있는 구간
 - ⑤ 액상화 발생이 예측되는 지반

- ⑥ 비탈면 부근에 기존 구조물이 위치하는 구간
- ⑦ 기타 땅깍기 비탈면의 불안정 요인이 있는 것으로 판단되는 구간
- (2) 땅깍기 비탈면의 불안정 요인이 없고, 소규모 일 때는 다음의 표준경사를 적용할 수 있다.
- ① 토사층인 경우, 표 4.2-1과 같이 KDS 11 70 05를 적용한다.

표 4.2-1 토사 원지반 깎기 비탈면 표준경사

토질조건		비탈면높이 (m)	경사	비고
모래			1:1.5 이상	SW, SP
사질토	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	
점성토		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 이외에 대해서는 별도로 고려한다.

2) 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 경사이다.

- ② 리핑암 이상 암반 비탈면의 경사는 암반 내에 발달하는 단층과 주요 불연속면의 경사 및 방향을 이용한 평사투영해석을 실시하고, 발생 가능한 파괴형태에 대한 안정해석을 실시하여 결정된 비탈면 경사와 풍화상태·코아회수율(TCR)·암질지수(RQD) 등을 고려한 경사를 종합적으로 비교 검토하여 최종 비탈면 경사를 결정한다.

표 4.2-2 암반의 특성에 따른 표준 비탈면

암반구분	암반파쇄상태		굴착 난이도	경사	비고
	NX시추할때(BX)				
	TCR (%)	RQD (%)			
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20 % 이하 (5 % 이하)	10 % 이하 (0 %)	리핑암	1:1.0~ 1:1.2	*최하단 기준 매 20 m마다 3m 소단설치 *발파암과 리핑암 사이에는 소단을 설치하지 않음
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~40 % (10~30 %)	10~25 % (0~10 %)	발파암 (연암)	1:0.8~ 1:1.0	*소단 사이에 토사와 리핑 구분선이 발생할 때는 많은 쪽 비탈면 경사를 적용
	40~60 % (30~50 %)	25~50 % (10~40 %)	발파암 (보통암)	1:0.7	
	60 % 이상 (50 % 이상)	50 % 이상 (40 % 이상)	발파암 (경암)	1:0.5	

③ 도로의 종단방향으로 토사층과 암반층이 섞여 있거나 암반층이 간헐적으로 나타날 경우에는 주변 미관과 비탈면 안정성을 고려하여 토사층의 경사에 따른다.

4.2.2 소단

- (1) 땅깍기 높이가 높은 비탈면은 유지관리를 위한 점검 및 보수용 통로, 비탈면의 침식 방지를 위한 배수시설 설치공간 등으로 활용하기 위하여 소단을 설치하여야 한다.
- (2) 소단은 비탈면 높이 5.0m 마다 폭 1.0m로 설치해야 하며, 비탈면 전체의 높이, 지반의 종류, 암질상태 및 침식작용에 대한 안전성, 소단에 설치되는 배수시설 등을 고려하여 소단 설치 높이와 폭을 조정할 수 있다.
- (3) 소단은 점검 및 보수용 통로와 배수시설로서의 기능을 유지할 수 있도록 상호 연결성을 고려하여 설치하여야 한다.
- (4) 배수시설을 설치하는 소단은 배수계획에 의하여 결정된 소정의 종단 및 횡단 방향의 경사를 유지하여 배수가 원활하게 이루어지도록 하여야 한다.
- (5) 비탈 높이에 관계없이 투수층과 불투수층과의 경계에는 필요에 따라 종방향으로 일정한 높이에 소단을 설치하며, 소단의 횡단기울기는 4.0%로 한다.
- (6) 땅깍기 비탈면의 높이가 10m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~20m 높이마다 폭 1~3m의 소단을 설치한다. 장비 진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

4.2.3 비탈면 모따기

- (1) 땅깁기 비탈면 상단이나 양단부는 원지반과 비탈면의 경계부위가 불안정하여 식생의 정착이 어렵고 침식을 받기 쉬우므로 모따기를 하여야 한다.
- (2) 비탈면 상단의 모따기는 원지반과 비탈면의 경계면을 중심으로 상·하 방향으로 접선장 1.0 m 범위에 실시하는 것을 기준으로 하며, 필요할 때에는 지반상태·미관 등을 고려하여 그 범위를 조정할 수 있다.
- (3) 비탈면의 양단부는 지형·지반상태·미관 등을 고려하여 모따기 범위를 결정하여야 하며, 일반적으로 토사층이 깊게 분포하므로 비탈면의 안정을 유지하기 위하여 지반종류별 적정 비탈면 경사가 형성되도록 하여야 한다.

4.2.4 표면수 및 용출수 처리

- (1) 지하수위는 비탈면의 안정에 영향을 줄 수 있고, 표면수 및 용출수는 비탈면의 세굴 및 붕괴를 초래할 수 있으므로 이에 대한 처리대책을 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 비탈면 상부의 자연 경사면으로부터 표면수 유입이 예상되는 구간은 비탈면 상단에 산마루 측구 등을 설치하여 비탈면의 세굴을 방지하여야 한다.
- (3) 지하수 침투 등에 의하여 용출수가 예상되는 비탈면 부위에는 맹암거, 유공관 등에 의한 비탈면 처리 또는 수평천공에 의한 배수공을 설계에 반영하여야 한다.
- (4) 표면수나 용출수에 의하여 비탈면이 세굴되거나 붕괴될 우려가 있는 경우는 비탈어깨나 소단에 배수로를 설치하여야 하며, 소단배수로의 경우 월류 및 침투가 발생하지 않도록 배수로의 경사와 규모를 결정하여야 하고, 특히 용출수지역의 경우 용출수량을 고려하여 배수공법을 설계하여야 한다.
- (5) 용출수처리 방법은 지반의 종류·예상 수량 등을 고려하여 결정하여야 하며, 일반적으로 층적층과 봉적층은 표면처리공법, 풍화토 및 암반에는 수평 배수공으로 한다.
- (6) 수평 배수공은 지하수의 배수를 용이하게 하기 위하여 수평하향으로 약 5°의 경사를 유지하도록 하여야 한다.
- (7) 기타 지하수 배수시설상세는 KDS 11 70 05를 따른다.

4.2.5 비탈면 안정분석

- (1) 땅깁기 비탈면은 지형·지질·지층분포 상태 등을 고려한 대표단면을 선정하여 안정성 분석을 실시하여야 하며, 소규모 비탈면인 경우는 생략할 수 있다.
- (2) 비탈면 안정성 분석을 시행하는 경우 지층별 지반정수를 산정한 근거와 적용된 값을 명기하여야 한다.
- (3) 땅깁기 비탈면 안정분석에서 적용되는 최소안전율은 비탈면 깎기·쌓기 설계기준을 따라야 하며, 지반정수의 신뢰도·붕괴될 때의 피해 정도 및 중요도 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 비탈면 안정분석을 위한 지하수위는 지층분포 상태, 지층별 투수성, 원지반의 지하수위, 해당지역별 강우강도 및 강우 지속시간 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (5) 비가 많이 오는 시기의 지하수위 조건은 비탈면이 침식성 토질로 구성되거나 토사층

두께가 얇은 경우에는 지표면과 일치하는 것으로 적용할 수 있으나, 투수계수가 낮고 풍화대의 두께가 두꺼울 경우에는 비가 내릴 때의 습윤대(포화대) 두께를 검토하고, 지반특성의 변화를 고려하여 안정검토를 시행하여야 한다.

- (6) 토사 비탈면의 안정분석은 한계평형해석 또는 수치해석에 의하여 수행하고, 암반의 경우는 평사투영해석, 한계평형해석 또는 수치해석 등을 이용하여야 한다.
- (7) 특히 풍화가 빠른 암석, 균열이 많은 암석, 지질구조선이 있는 암반 비탈면의 경우는 붕괴 요인이 있으므로 반드시 비탈면 안정성을 검토하여야 한다.
- (8) 높이가 20.0 m 이상 대규모 땅깁기에서는 반드시 지반조사 및 시험을 통하여 지반상태를 확인하고, 지층 변화와 암반의 불연속성 등 잠재적인 불안정 요인이 있는 구간은 시공 중 암반의 풍화상태와 단층, 절리 등 불연속 특성을 조사하여 안정성을 확인할 수 있도록 하여야 하며, 필요할 때 소요비용을 공사비에 반영하여야 한다.
- (9) 지진 발생을 대비한 안정성 검토는 건설공사비탈면설계기준을 따른다.

4.2.6 비탈면 안정대책

- (1) 땅깁기 비탈면에 대한 안정분석 결과, 불안정한 것으로 판단되는 구간에 대해서는 비탈면 경사완화·보강공법 등의 대책공법을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 비탈면 안정 대책공법은 경사완화공법, 지반보강공법, 구조물설치공법 등으로 구분하고, 지형·지질조건의 적합 여부와 경제성·시공성·자연환경 훼손 정도 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (3) 비탈면 안정 대책공법의 종류가 결정되면 대책공법의 설계에 대한 안정검토를 수행하여야 한다.
- (4) 땅깁기 구간의 경사는 지층특성, 지반강도, 투수성, 용출수, 함수비에 따른 강도저하, 강우 및 표면수에 의한 침투 및 침식 등이 고려되어야 하나 설계단계에서 완전히 조사될 수는 없으므로 시공 중 지반조건이 설계와 다른 경우에는 변화된 상황을 고려하여 비탈면 경사를 재검토하여야 한다.
- (5) 지하수위는 비탈면 안정에 큰 영향을 미치므로 비탈면 안정 대책공법을 설계할 때는 배수공에 대한 고려가 필요하다.

4.2.7 낙석 대책

- (1) 땅깁기 비탈면이나 자연비탈면에서 풍화의 진행, 이완, 진동, 호우 등에 의하여 노면에 낙석 위험이 있는 부위에는 낙석 대책공법을 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 낙석 대책공법은 도로 구조, 비탈면 경사, 낙석 발생 예상 부위의 높이, 비탈면 보호공법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (3) 낙석 대책공법은 낙석 방지공법과 낙석 방호공법으로 구분하고, 비탈면의 지형·지질·대책공법의 기능·내구성·시공성·유지관리 편의성 등을 고려하여 선정하여야 하며, 1종류 또는 2종류 이상을 병용하여 설치하여야 한다.
- (4) 낙석 예방공법은 비탈면에서 부석이나 전석이 낙하하지 않도록 처리하는 방법으로 지반상태·뜯돌 또는 전석의 크기 등을 고려하여 공법을 선정하여야 한다.

4.2.8 비탈면 마무리 면 발파

- (1) 땅깁기 비탈면 발파는 완성된 비탈면의 이완 및 여굴을 최소화할 수 있도록 천공의 깊이, 간격, 방향 및 장약량 등을 결정하여야 한다.
- (2) 비탈면의 마무리 발파는 암반 손상에 의한 강도저하를 방지하여 여굴이 적고 평탄한 비탈면이 형성되도록 하여야 하며, 필요할 때에는 비탈면의 높이·불연속면의 특성 등을 고려하여 기계굴착 또는 조절발파공법을 적용하여야 한다.

4.2.9 암깎기

- (1) 암깎기는 암석의 강도 및 성질에 따라 민원발생, 기계굴착, 폭약에 의한 발파공법 등을 비교하여 경제성·시공성·환경성 등을 고려하여 적절한 공법을 설계하여야 한다.
- (2) 암깎기 공법 중 주택, 건물 및 타 시설물과 인접하여 발파를 하는 경우에는 이 기준 4.4에 의거하여 발파설계를 시행하여야 한다.

4.2.10 토공 유용

- (1) 땅깁기에서 발생하는 재료는 그 재료의 사용 가능성 여부를 판단하기 위한 토질시험을 수행하여 최대한 활용할 수 있도록 한다.
- (2) 땅깁기에서 발생하는 사토 및 잔토는 적절히 처리될 수 있도록 하여야 하며, 사토 작업이 완료된 구간의 사토 비탈면 기울기는 1:2보다 완만한 기울기로 한다.
- (3) 사토장은 강우에 의한 토사 유출과 붕괴 방지를 위하여 비탈면 및 기존 수로에 대한 방호대책과 환경영향을 고려한 방재대책을 검토하여 사토장이 안정하도록 하여야 한다.

4.2.11 비탈면 계측

- (1) 비탈면의 계측 항목은 계측의 목적, 비탈면의 형상, 붕괴 형태, 현지 조건 등을 충분히 검토하여 결정하여야 한다.
- (2) 계측항목은 지표면의 거동·지중의 변동·수문상황·구조물의 거동 등이 있으며, 이에 대한 정량적인 계측이 필요한 곳에 배치하여야 한다.
- (3) 비탈면 계측은 계측 전에 관리체제 및 관리기준을 수립하여 관리할 수 있도록 한다.

4.3 흙쌓기

4.3.1 개요

- (1) 흙쌓기부는 반복 재하되는 교통하중을 지지하는 동시에 교통 하중과 흙쌓기 하중에 의한 큰 변형과 침하가 발생되지 않도록 설계하여야 하며, 또한 강우침투 또는 지진 등의 붕괴 원인에 대한 충분한 안정성을 가져야 한다.
- (2) 흙쌓기는 강도가 작고 물의 영향을 받기 쉬운 토사 또는 암반 등으로 시공되므로 침하와 붕괴가 발생할 가능성이 있으므로 충분한 내구성을 가질 수 있도록 설계하여야 한다.
- (3) 흙쌓기 구조물은 땅깁기와 같이 자연 지반을 그대로 이용하여 시공하는 것과는 달리, 적절한 흙쌓기 재료를 선택하여 관리하고, 정밀한 시공 및 품질관리를 통하여 설계

하중에 충분히 저항할 수 있어야 한다.

- (4) 특히 노상은 충분한 지지력을 갖고 변형량이 적어야 하며, 표면수 침투에 의한 팽윤과 동상 등에 대하여 충분한 내구성을 가져야 한다.

4.3.2 다짐

(1) 일반사항

- ① 흙쌓기에서 다짐장비는 하중, 다짐횟수, 함수비, 재료의 특성 등에 따라 다짐 깊이와 효과가 달라지므로 이를 고려하여 설계 및 시공을 계획하여야 한다.
- ② 흙쌓기 부위의 균일하고 효율적인 다짐을 위하여 그레이더 등으로 땅고르기를 하고, 함수비를 최적함수비 상태로 조절한 후에 적절한 장비조합에 의하여 다짐작업을 하도록 하여야 한다.
- ③ 흙쌓기 작업을 할 때 차도부는 물론이고, 갓길 및 흙쌓기 비탈면도 기준 다짐도 이상으로 다지도록 하여야 한다.

(2) 노체

- ① 1층의 다짐완료 두께가 0.3 m 이하이어야 하며, 각 층마다 KS F 2312의 A 또는 B 방법에 의하여 정하여진 최대건조밀도의 90 % 이상의 밀도가 되도록 균일하게 다져야 한다.
- ② 밀도에 의한 다짐관리가 부적합하다고 판단될 경우, KS F 2310을 통하여 다짐관리를 하여야 한다.

(3) 노상

- ① 1층의 다짐 완료 후 두께가 0.2 m 이하이어야 하며, 각 층마다 KS F 2312 C, D 또는 E 방법에 의하여 정하여진 최대건조밀도의 95 % 이상의 밀도가 되도록 균일하게 다져야 한다.
- ② 노상 다짐규정은 최소 관리규정이므로 모든 부위가 소정의 다짐도를 만족시켜야 하며, 균일한 지지력과 강성을 갖도록 얇고 균일하게 포설하여 다져야 한다.

(4) 암성토

- ① 암버력을 사용한 흙쌓기에 대해서는 1층 다짐 두께에 상응하는 대형 다짐기계를 사용하는 경우 얇은 층으로 세밀히 시공하는 것이 보다 안정된 흙쌓기 구조물을 기대할 수 있으므로 이를 고려한다.
- ② 암버력 재료는 토사와 같이 건조밀도에 의한 다짐도 관리가 곤란한 재료이므로 시험 시공에 의하여 다짐횟수, 다짐두께 및 다짐장비 등을 결정할 수 있도록 하여야 한다.
- ③ 1층의 다짐완료 두께는 0.6 m 이하이어야 한다.

4.3.3 기타 검토사항

(1) 기초지반

- ① 흙쌓기 기초지반은 흙쌓기 비탈면의 안정, 제체의 침하, 토공의 시공성 등에 큰 영향을 미치므로 기초지반에 대한 조사결과를 검토하여 필요할 때에는 적절한 대책을 수립하여야 한다.
- ② 논밭의 흙 등 표층이 고함수비 상태로 분포하는 연약한 구간은 기초지반에 골파기를

하고, 투수성 재료를 채워서 양쪽 측구로 배수시켜 함수비를 저하시킨 후 흠쌓기를 하도록 하여야 한다.

- ③ 흠쌓기 높이가 낮은 구간의 기초지반에 용출수가 발생하여 흠쌓기 구조물을 연약화시킬 가능성이 있는 부위는 지하 배수공을 설치하여 배수하여야 한다.
- ④ 흠쌓기가 1.0 m 이하로 원지반이 노상에 해당하는 구간 중 원지반이 노상기준에 부적합하거나 표면수 침투로 연약화 될 가능성이 있는 부위는 양질의 재료로 치환하거나 고결 처리 등 대책을 설계에 반영하여야 한다.

(2) 배수

- ① 흠쌓기 비탈면에서 지하수위 상승은 비탈면 안정에 큰 영향을 미치므로 침투수 및 용출수의 발생이 예상되는 부위에는 배수시설을 설치하여야 한다.
- ② 한쪽쌓기, 한쪽깎기에서 경계부는 용출수가 집중되기 쉬우므로 경계부 노체 마무리 면에는 지하 배수공을 설치하여야 한다.
- ③ 한쪽쌓기, 한쪽깎기 경계부에서 흠쌓기 높이가 높고 용출수가 많은 구간은 배수용 필터층을 설치하여 지하수위의 상승을 방지하여야 한다.
- ④ 경사지반 상의 흠쌓기 구간 중 도로 횡단배수 암거 및 주변 지반은 침투수에 의한 세굴의 우려가 있으므로 침투 저감대책을 설계에 반영하여야 한다.

(3) 비탈면 경사 및 소단

- ① 흠쌓기 비탈면의 경사는 지형·지반조건·흠쌓기 재료·기초지반의 경사 등을 고려하여 구간별 비탈면 안정분석을 실시하여 결정하는 것을 기준으로 하며, 흠쌓기 부위가 소규모이고 양질 재료를 사용할 경우에는 표준경사를 적용할 수 있다.
- ② 흠쌓기 비탈면의 경사는 흠쌓기 재료의 종류, 비탈면 높이에 따라서 표 4.3-1의 표준경사를 적용할 수 있다. 표준경사와 다른 경우 또는 높이가 10 m를 초과하는 경우는 별도의 비탈면 안정해석을 통하여 경사를 결정한다.

표 4.3-1 흠쌓기 비탈면의 표준경사

흠쌓기재료	비탈면높이 (m)	비탈면상·하부에 고정 시설물이 없는 경우 (도로, 철도등)	비탈면상·하부에 고정 시설물이 있는 경우 (주택, 건물등)
입도분포가 좋은 양질의 모래, 모래자갈, 암괴, 암버력	0~5	1:1.5	1:1.5
	5~10	1:1.8	1:1.8~1:2.0
	10 초과	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
	10 초과	별도 검토	별도 검토

비고 1. 상기 표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함.
 2. 비탈면 높이는 비탈 어깨에서 비탈 끝까지 수직높이임.

- ③ 비탈면 높이가 5 m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~10 m 높이에 폭 1~3 m의 소단을 설치한다. 장비진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는

소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

(4) 경사지반의 흠쌓기

- ① 1 : 4 보다 급한 경사를 가진 지반에 흠쌓기 하는 경우는 기초지반에 층따기를 하여 기초지반과 흠쌓기부의 밀착을 도모하고, 활동을 방지하여야 한다.
- ② 기초지반의 종류에 따른 층따기의 표준치수는 다음과 같다.

표 4.3-2 기초지반 종류에 따른 층따기의 표준치수

구분	기초지반이 토사인 경우	기초지반이 암반층인 경우
최소 높이	500 mm 이상	400 mm 이상
폭	1 m 이상 (기계 작업을 할 때는 3 m 이상)	

- ③ 층따기 면은 시공 중 배수를 위하여 3~5 % 경사도를 유지하며, 기초지반에 용출수가 있는 경우에는 원지반에 접한 흠쌓기 부분에 투수성 재료를 사용하여 배수층을 설치하며, 비탈 끝에는 흠쌓기가 붕괴되지 않도록 돌쌓기 등을 설치한다.
- ④ 한쪽깎기, 한쪽쌓기 주변은 땅깎기와 흠쌓기의 재료 및 지지력 차이로 인하여 부등침하가 발생하기 쉬우므로 땅깎기 끝부분은 노상 저면까지 땅깎기하여 1 : 4 정도의 기울기로 땅깎기부 노상면에 접속시켜야 한다.
- ⑤ 이때 형성되는 땅깎기부는 노상과 같은 재료로 되메우고, 소정의 다짐도로 균일하게 다져야 한다.
- ⑥ 땅깎기 흠쌓기 경계부도 한쪽깎기 한쪽쌓기와 마찬가지로 부등침하가 발생하기 쉬우므로 땅깎기 끝부분은 노상 저면까지 깎고, 완만한 기울기로 노상면에 접속시켜야 한다.
- ⑦ 한쪽깎기, 한쪽쌓기부와 땅깎기 흠쌓기 경계부는 기초지반과 흠쌓기부의 밀착을 도모하고, 균일한 시공을 위하여 암버력 쌓기는 지양하여야 한다.

(5) 경사지반 안정분석

- ① 비탈면 안정분석에서 기초지반과 흠쌓기부에 대한 설계정수 산정 방법과 적용 값 등을 명기하여야 한다.
- ② 흠쌓기 비탈면의 안정성 분석에 적용하는 최소 안전율은 건설공사비탈면설계기준을 따른다.
- ③ 비탈면의 안정분석은 한계평형해석 또는 수치해석 등에 의하여 수행 될 수 있으며, 프로그램을 이용하는 경우는 범용되는 것이어야 한다.
- ④ 안정분석 결과 불안정한 것으로 판단되는 비탈면에 대해서는 대책공법을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- ⑤ 흠쌓기부에서 지하수위의 상승을 전제로 하여 비탈면을 설계할 경우에는 비경제적인 설계가 될 가능성이 높으므로 배수처리를 철저히 하여야 한다.
- ⑥ 기초지반이 경사져 있고 용출수가 발생하는 구간, 한쪽깎기·한쪽쌓기 또는 땅깎기와 흠쌓기의 경계부 등 안정상 취약한 지역에 높은 흠쌓기를 하는 경우는 시공 중 안전관리와 준공 후 유지관리를 위하여 계측관리를 시행하도록 한다.

(6) 비탈면 안정대책

- ① 연약지반을 제외한 일반적인 기초지반 상에 흙쌓기 높이가 높아서 비탈면이 불안정한 구간은 투수성이 양호하고 강도정수가 큰 재료를 선별하여 사용하거나 경사 완화, 소단 폭의 증가 등 안정대책을 강구하여야 한다.
- ② 비탈면 하단에 하천이나 도로, 철도 등 중요한 시설이 위치하여 경사완화나 소단 폭의 증가를 적용할 수 없는 구간은 시멘트 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 계비온(gabion) 옹벽, 돌쌓기 등 방법으로 비탈면 안정을 유지하여야 한다.
- ③ 기초지반이 경사져 있고 표층에 얇은 연약토가 분포하여 흙쌓기 비탈면이 불안정 할 경우에는 층따기 규격을 크게 하여 양호한 지반과 흙쌓기부가 접합되도록 하는 방법도 고려할 수 있다.
- ④ 비탈면 안정 대책공법의 종류가 결정되면 대책공법의 설계에 대한 안정검토를 수행하여야 한다.

4.4 암발파 기준

4.4.1 개요

- (1) 암굴착을 위하여 수행되는 발파작업은 진동, 폭음, 비산 등의 피해발생으로 환경분쟁 및 민원이 발생되고 있는 점을 감안하여 환경피해를 저감시키면서 경제성과 시공성을 고려한 적정 발파공법을 적용하여야 하며, 도로공사 노천 발파 설계·시공지침을 참조하여 설계한다.
- (2) 암발파 공법은 지발당 장약량을 기준으로 6가지 타입의 표준발파공법으로 분류되며, 보안물건(가옥, 상가, 축사, 아파트 등)의 진동 허용기준에 의거하여 이격거리에 따라 적절한 발파공법이 적용되어야 한다.

표 4.4-1 표준 발파공법의 기준

구분	TYPE I 미진동굴착공법	TYPE II 정밀진동 제어발파	TYPE III·IV 진동제어발파		TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모발파
			소규모	중규모		
공법 개요	보안물건 주변에서 TYPE II 공법 이내 수준으로 진동을 저감시킬 수 있는 공법으로서 대형 브레이커로 2차 파쇄를 실시하는 공법	소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시킨 후, 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 존재하는 경우 “시험발파” 결과에 의하여 발파설계를 실시하여 규제기준을 준수할 수 있는 공법		1공당 최대 장약량이 발파규제 기준을 충족시킬 수 있을 만큼 보안물건과 이격된 영역에 대하여 적용하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 전혀 존재하지 않는 산간 오지에서 발파효율만을 고려하는 공법

구분	TYPE I 미진동굴착공법	TYPE II 정밀진동 제어발파	TYPE III · IV 진동제어발파		TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모발파
			소규모	중규모		
주 사용폭약 또는 화공품	최소단위 미만 폭약 미진동파쇄기 미진동파쇄제 미진동파쇄약 등	에멀전 계열 폭약	에멀전 계열 폭약		에멀전 계열 폭약	주폭약: 초유폭약 기폭약:에멀 전
지발당 장약량범위 (kg)	폭약기준 0.125 미만	0.125 이상 0.5 미만	0.5 이상 1.6 미만	1.6 이상 5.0 미만	5.0 이상 15.0 미만	15.0 이상
천공 직경	φ51 mm 이내	φ51 mm 이내	φ51 mm 이내	φ76 mm	φ76 mm	φ76 mm 이상
천공 장비	공기압축기식 크롤러 드릴 또는 유압식 크롤러 드릴 선택 사용					
표준 패턴	미진동 굴착공법	정밀진동 제어발파	진동제어발파		일반발파	대규모 발파
			소규모	중규모		
천공깊이 (m)*	1.5	2.0	2.7	3.4	5.7	8.7
최소저항선 (m)*	0.7	0.7	1.0	1.6	2.0	2.8
천공간격 (m)*	0.7	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2
표준 지발당 장약량 (kg)	-	0.25	1.0	3.0	7.5	20.0
파쇄 정도	균열만 발생 (보통암 이하)	파쇄 + 균열	파쇄 + 균열		파쇄 + 대괴	파쇄 + 대괴
계측관리	필수	필수	필수		선택	선택
발파보호공	필수	필수	필수		불필요	불필요
2차 파쇄	대형브레이커 적용	대형브레이커 적용	-		-	-

비고 1. 천공 깊이, 최소저항선, 천공간격 치수 등은 평균적으로 제시한 수치이며, 공사시행 전에는 시험발파에 따라 현장별로 검토·적용할 것

2. 기폭장치는 발파공법에 따라 점화구, 전기뇌관, 비전기뇌관, 전자뇌관의 특성에 따라 적용할 것

표 4.4-2 표준발파공법 패턴별 특성

패턴 타입	명칭	설계지발당 장약량 (kg)	발파제원 W×E×H (m)	천공경 (mm)	공당파쇄량 (m ³ /공)	사용폭약
I	미진동 굴착공법	폭약기준 0.125 미만	0.7×0.7×1.3	φ51 이내	0.637	
II	정밀 진동제어발파	0.25	0.7×0.8×1.8	φ51 이내	1.01	에멀전 폭약 등 (φ25~32 mm)
III	소규모 진동제어발파	1.0	1.0×1.2×2.4	φ51 이내	2.88	" (φ32 mm)
IV	중규모 진동제어발파	3.0	1.6×1.9×3.0	φ76	9.12	" (φ50 mm)
V	일반발파	7.5	2.0×2.5×4.8	φ76	24.0	" (φ50 mm)
VI	대규모발파	20.0	2.8×3.2×7.3	φ76 이상	65.4	주폭약 : 초유평약 기폭약 : 에멀전

주) W : 최소저항선, E : 공간간격, H : 벤치고, 공당 파쇄량은 평균값임.

1. 설계 지발당 장약량 기준은 설계 발파진동 추정식 $v = K(D/W^b)^n$ 에 의한 "거리~지발당 장약량" 조건표 기준임. (진동상수 K = 200, n = -1.6, b = 1/2)
2. 발파대상 암반의 강도나 지형특성 등에 따라 설계 지발당 장약량과 발파제원이 변동될 수 있음.
3. 미진동파쇄기와 유압잭 및 브레이크 파쇄공법 등은 진동전파 특성에 따라 일반폭약과는 상이하므로 시험시공에 의하여 지발당장약량과 천공패턴 등의 굴착방법을 설정할 것
4. 장소가 협소하거나 현장 여건상 크롤러 드릴의 사용이 곤란한 장소에서는 착암기를 사용한 발파공법을 적용할 수 있음.

표 4.4-3 표준발파공법 및 진동규제기준별 적용 이격거리

(단위:m)

패턴 타입	진동속도 (cm/s) 발파공법	v=0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	5.0
		I	미진동 굴착공법	40 까지	25 까지	20 까지	15 까지
II	정밀 진동제어발파	40~80	25~50	20~40	15~30	5~20	3~7
III	소규모 진동제어발파	80~140	50~90	40~70	30~50	20~30	7~10
IV	중규모 진동제어발파	140~260	90~170	70~130	50~90	30~60	10~25
V	일반발파	260~450	170~290	130~220	90~160	60~110	25~40
VI	대규모발파	450 이상	290 이상	220 이상	160 이상	110 이상	40 이상

(3) 노천발파의 보안물건에 대한 발파진동 허용기준은 다음과 같은 기준에 의거 설계를 실시하며, 특수시설물과 특수한 환경과 여건에 대해서는 발파영향권 분석에 의거 별도기준을 제시할 수 있다.

표 4.4-4 보안물건에 대한 발파진동 허용기준치

구분	가축	문화재, 진동에민구조물	가옥 (조적)	가옥 (RC조)	공업용 건물	철골 구조
발파진동속 도 (cm/s)	0.1	0.2~0.3	0.3~0.5	0.5	1.0	1.0~5.0

(4) 발파진동 전파추정식은 현장 시험발파를 통하여 결정하여야 하나, 설계단계에서 이용하는 것은 현실적으로 곤란하므로, 설계단계에서는 다음 진동추정식을 이용하여 발파 영향 예측 및 발파공법을 선정한다.

$$V = 200 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \quad (4.4-1)$$

- 여기서, V : 진동속도 (cm/s)
- D : 폭원으로부터 이격거리 (m)
- W : 지발당 최대장약량 (kg)

4.4.2 현장조사

(1) 발파 예정지역 주변에 발파공해에 의한 영향을 받을 것으로 예상되는 보안물건이 존재할 경우, 발파 전에 이들의 특성을 조사하여 설계 참고자료로 활용하며, 조사내용은 설계 보고서에 포함하여 제시하여야 한다.

표 4.4-5 조사대상 보안물건

발파위치	보안시설물
도심지	주거지역, 학교, 병원, 종교시설, 첨단시설물, 도로, 지하철, 철도, 상하수도 및 가스관 매설위치, 교량 등
외곽지	주거지역, 도로, 철도, 암반 및 토사면, 종교시설 및 요양시설, 축사 및 양식장, 고압 송전탑, 교량 등

(2) 주거지역, 병원 및 축사 등의 사람이나 가축이 있는 보안물건에 대해서는 평상 시에 발생되고 있는 암진동, 암소음을 측정하여 설계할 때 이들을 반영할 수 있도록 하여야 한다.

4.4.3 암발파 설계

- (1) 현장조사를 기초로 하여 설계지역의 보안물건에 대한 발파영향권 분석을 실시하여 영향여부를 평가하고, 저감대책 방안을 수립하여야 한다.
- (2) 현장조사 결과에 의하여 소규모 축사, 보안물건이 존재할 경우 존치와 수용 혹은 보상할 때 발파공법에 따라 각각의 경제성을 검토하여 제시하여야 한다.
- (3) 발파공법은 보안물건의 진동, 소음 허용기준에 따라 이격거리별로 지발당장약량을 산출하여 지발당장약량 기준에 의거 표준 발파공법을 선정하여야 한다.

- (4) 선정된 발파공법은 평면도와 횡단면도로 구분하여 제시하고, 해당 발파공법별로 표준 발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시하여야 한다.
- (5) 암파쇄 굴착공법은 지반조사 결과의 암반강도와 특성을 감안하여 시공성과 경제성을 고려하고, 대형브레이커 기계굴착, 유암파쇄공법 등을 비교 검토하여 선정하여야 한다.
- (6) 암석 절취폭이 4.0 m 미만의 한쪽깎기 혹은 기존도로 확장 암반 비탈면의 경우에는 천공장비의 진입이 곤란하고, 발파로 인한 암반 비탈면의 안정성에 저해할 요소가 있을 것으로 판단되는 개소에 대하여 암석절취장비(착암기)나 대형브레이커 혹은 이들을 현장실정에 맞도록 적절한 비율로 조합한 굴착공법을 적용한다.
- (7) 대규모 발파공법은 사면에 영향을 줄 수 있으므로 토취장 절취에 주로 적용되며, 도로의 본선을 굴착할 때 적용할 경우에는 암반 비탈면과 10.0 m 이상 이격거리에서 적용한다.

4.4.4 기타사항

- (1) 발파공사는 설계 혹은 시험발파에서 제시된 천공간격·지발당 허용장약량 등의 발파 패턴도를 준수하여 시행하여야 하며, 보안물건 지역에서 진동·소음에 대한 계측관리를 시행하여야 한다.
- (2) 실제 발파작업이 진행됨에 따라 암반의 지질특성 및 발파조건이 현장상황에 따라 변할 수 있으므로 상시계측 및 분석을 실시하고, 발파공법의 변경은 암판정 위원회를 거쳐 현장에 맞도록 변경시행 한다.

4.5 비탈면 보호

4.5.1 비탈면 보호공의 선정

- (1) 비탈면 보호공은 지형, 지반상태, 기후조건, 설치목적, 미관, 경제성, 시공성, 유지보수 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 비탈면 보호공은 땅깎기 구간과 흙쌓기 구간으로 구분하여 깎기와 쌓기 비탈면 보호 및 보강이 될 수 있도록 보호공 별로 현장조건에 적합한 공법으로 설계한다.
- (3) 비탈면 보호공은 식생공과 구조물공으로 대별되고, 식생을 우선적으로 검토하고, 식생만으로 부적합하나 불충분한 경우는 구조 부재에 의한 보호공을 선정하여야 한다.
- (4) 땅깎기 비탈면은 시간이 경과함에 따라 지반이 풍화 및 이완되어 강도가 저하하는 경향이 있으므로 유지보수를 고려하여 비탈면 보호공을 선정하여야 한다.
- (5) 동일 비탈면내에서도 지반의 종류, 용출수상태 등의 조건이 다른 경우에는 부위별로 적합한 보호공을 선정하여야 한다.
- (6) 용출수가 발생하는 비탈면에는 필터층, 맨암거 등을 설치하여 용출수를 배수 처리하고 그 상태에 적합한 보호공을 선정하여야 한다.
- (7) 비탈면 보호공은 시공 중 지반의 상태를 확인한 후에 최종 결정하며, 시공면적이 넓은 경우에는 시험시공을 실시하도록 설계도서에 명기하여야 한다.
- (8) 기타 상세 비탈면 보호공은 건설공사비탈면설계기준에 따른다.

4.5.2 식생공

- (1) 식생공은 조경설계기준을 따르거나 도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침을 참조하여 지반의 종류에 적합하고, 미관을 제고할 수 있는 공법을 선정하여야 한다.
- (2) 비탈면의 토질이 식생에 적합한 경우에는 비탈면에 직접 식생공을 시공하며, 토질이 식생에 적합하지 않은 경우에는 비옥토 복토 등의 방법으로 식물생육토심을 확보한 후 시공하도록 하여야 한다.
- (3) 식생공은 씨앗 뿌어붙이기, 객토 씨앗 뿌어붙이기, 식생 매트공, 떼붙임공, 층두께 기초재 뿌어붙이기 등으로 구분한다.
- (4) 식생공의 경우 씨앗이 발아하여 활착되는 시기까지 비탈면이 우수에 의하여 침식되지 않도록 조치하여야 한다.
- (5) 교량 등의 구조물로 인하여 그들이 지는 곳이나 우수 등에 의한 수분공급이 되지 않는 곳은 식물이 자랄 수 없으므로 식생공을 적용하지 않도록 한다.
- (6) 한랭지역이나 적설 등으로 인하여 비탈면 붕락이 심한 지역에는 뿌리의 정착이 양호한 식생공을 선정하여야 한다.

4.5.3 구조부재에 의한 보호공

- (1) 돌쌓기공이나 블럭쌓기공은 1 : 1 이상의 급경사의 비탈면에 사용하며, 비탈면의 풍화 및 침식 등을 방지하고 토압에 충분히 견딜 수 있는 구조로 설계하여야 한다.
- (2) 돌붙임공과 블럭붙임공은 1 : 1 이하의 완경사 비탈면에 사용하며, 비탈면의 풍화 및 침식 등을 방지하여야 하는 곳에 적용하여야 한다.
- (3) 구조부재에 의한 보호공은 용출수가 있는 땅꺼기 비탈면, 장대 비탈면, 표준경사보다 급한 흙쌓기 비탈면에서 식생이 적합하지 않거나 식생을 하여도 표면 붕락이 염려되는 곳에 적용하여야 한다.
- (4) 현장 시멘트 콘크리트 격자공은 용출수가 있는 풍화암이나 장대 비탈면에서 장기적인 안정이 염려되거나 시멘트 콘크리트 블럭 격자공으로는 붕락될 염려가 있는 곳에 적용하여야 한다.
- (5) 시멘트 콘크리트 격자공 내부의 침식 또는 풍화 방지가 필요한 경우에는 식생공, 돌쌓기공, 블럭쌓기공, 블럭붙임공, 막돌공 등으로 방호하는 것으로 설계한다.

4.6 연약지반 상의 흙쌓기

4.6.1 연약지반 기준

- (1) 연약지반은 일반적으로 강도가 약하고 압축되기 쉬운 연약토로 구성된 지반을 말하며, 지반의 연약성은 연약지반에 축조되는 구조물의 종류·규모·하중강도 등에 대한 상대적인 의미로 해석 및 평가하여야 한다.
- (2) 도로 토공의 흙쌓기에서 연약지반 관정은 기초지반 흙의 종류·두께에 따라 다음 기준을 적용하는 것으로 하며, 구조물 종류·쌓기 높이·활동 및 침하에 대한 분석 결

과로부터 상대적으로 조정할 수 있다.

표 4.6-1 연약지반 판정기준

구분	점성토 및 유기질토지반		사질토지반
	10.0 m 미만	10.0 m 이상	
층두께	10.0 m 미만	10.0 m 이상	-
N치	4.0 이하	6.0 이하	10.0 이하
qc (kN/m ²)	800 이하	1,200 이하	-
qu (kN/m ²)	60 이하	100 이하	-

주) qc: 콘 관입저항, qu: 일축압축강도

4.6.2 침하분석

- (1) 연약지반 상의 흩쌓기에 대한 침하분석에는 예상되는 침하량과 침하기간에 대한 분석이 포함되어야 한다.
- (2) 연약지반에 대한 침하분석은 연약층의 두께, 깊이별 입도분포 특성, 배수층 조건 등을 검토하여 배수조건(일면배수 또는 양면배수)을 결정하여야 한다.
- (3) 흩쌓기에 따른 지반의 침하량을 계산할 때는 탄성침하량과 압밀침하량을 구분하여 계산하여야 한다.
- (4) 압밀침하량 산정은 정규압밀상태와 과압밀상태로 구분하고, 정규압밀상태는 압축지수(Cc), 과압밀상태에서는 재압축지수(Cr)를 적용하여 계산하여야 한다.
- (5) 도로의 토공을 위한 흩쌓기는 상재하중이 작용하므로 침하량은 구간별 대표단면을 선정하여 양쪽 하단부, 흩쌓기 어깨부 및 중앙부에 대하여 계산하여야 한다.
- (6) 압밀도별 압밀 소요시간은 압밀계수(Cv), 배수조건, 압밀도와 시간계수의 관계를 고려하여 계산하여야 한다.
- (7) 연약지반에 대한 침하분석 결과 침하가 계획 공기 내에 목표 압밀도 또는 침하량에 이르지 못할 경우에는 압밀촉진공법 등 대책공법을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
- (8) 설계 침하량은 연약지반에 대한 조사 및 시험과정과 침하 이론의 한계로 시공 중 계측을 통하여 확인하고 필요할 때에는 수정, 보완하여야 한다.
- (9) 잔류침하량을 최소화하기 위하여 상재하중으로 흩쌓기하중, 포장하중, 침하토하중, 교통하중을 고려하여 침하량을 분석하여야 한다.
- (10) 허용 잔류침하량은 연약층 두께, 구조물의 성격, 경제성, 유지단계에서 처리가능범위를 감안하여 결정하여야 한다.

4.6.3 활동에 대한 안정분석

- (1) 연약지반 상에 흩쌓기를 할 때 지반의 예상활동면은 원호활동으로 가정하며, 연약지반의 분포특성, 인근지역의 활동사례 등을 고려하여 예상활동면을 조정할 수 있다.
- (2) 연약지반 상 흩쌓기의 안정성 분석은 전응력해석을 적용하는 것으로 하며, 지반이 과압밀 되었거나 단계 흩쌓기를 하는 경우에는 강도증가를 고려한 전응력해석 또는 유효응력해석을 적용하여야 한다.
- (3) 활동에 대한 안정분석은 연약지반의 두께·역학적 특성 등을 검토하여 필요할 때 구

간 분할을 실시하고, 각 구간별로 대표적인 단면을 선정하여 수행하여야 한다.

- (4) 안정분석을 위한 구간별 대표단면은 연약지반의 두께, 역학적 특성, 흩쌓기 높이, 연약지반 하부층의 경사 등을 고려하여 가장 불안정한 단면을 선정하여야 한다.
- (5) 활동에 대한 안정성 분석에서 1단계 한계 흩쌓기 높이는 활동에 대한 안정성과 지지력에 대한 안정성 분석을 실시하여 작은 값을 적용하여야 한다.
- (6) 연약지반의 활동에 대한 최소안전율은 건설공사비탈면설계기준을 따르되, 시공 중에는 현장조건·경제성·계측결과 등을 고려하여 최소안전율을 1.1~1.2 정도로 관리할 수 있다.
- (7) 암버력은 일반적인 토사재료에 비하여 단위중량이 크고 우수가 침투하기 쉬우므로 연약지반 상 흩쌓기 재료로 사용하는 것은 지양하여야 한다.
- (8) 활동에 대한 안정성 분석은 흩쌓기 하중 뿐만 아니라 포장하중과 장비의 작업하중 또는 교통하중을 고려하며, 교통하중은 12.7 kN/m^2 을 고려하여야 한다.
- (9) 단계적인 흩쌓기에서는 강도증가율, 상재하중, 영향계수 및 압밀도에 의하여 성토체 부위별로 증가된 강도를 산정, 활동에 대한 안정분석에 적용하여야 한다.
- (10) 예정공기 내에 단계적인 흩쌓기를 하여도 활동에 대한 안정을 유지할 수 없을 경우에는 대책공법을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

4.6.4 연약지반 대책공법

- (1) 연약지반에 흩쌓기를 할 때 장비의 주행성과 활동에 대한 안정성 및 침하에 대한 안정성을 분석하고 그 결과에 따라 표층처리공법, 압밀축진공법, 활동방지공법 등을 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 시공장비의 주행성을 확보하고 연약지반의 전단변형 억제를 위한 표층처리공법으로는 배수공법, 토목섬유공법, 샌드매트공법, 안정처리공법 등을 검토하여 시공성, 경제성, 안정성 등을 확보할 수 있는 적합한 공법을 선정하여야 한다.
- (3) 샌드매트는 장비의 주행성 확보 및 배수를 목적으로 설치하는 것이므로 원지반 연약토와 혼합되는 것을 방지하기 위하여 토목섬유와 병행하여 시공하도록 한다.
- (4) 샌드매트 만으로 배수능력이 부족하거나 충분한 효과를 기대할 수 없는 경우는 지하배수공 등의 보조공법을 적용할 수 있다.
- (5) 표층처리공법으로 샌드매트의 대체공법을 적용하고자 할 때에는 간극수의 배수와 시공장비의 주행성 확보가 가능할 경우 대체공법을 적용할 수 있다.
- (6) 계획 공기 내에 목표 침하량 또는 압밀도에 이르지 못할 경우에는 압밀축진을 위하여 샌드드레인·보드드레인 등 연직배수공법을 검토하여야 하며, 연약지반의 분포특성·시공성·경제성·현장여건 등을 고려하여 적합한 공법을 선정하여야 한다.
- (7) 지반의 강도가 작고 흩쌓기 높이가 높아 압밀축진공법과 단계적인 흩쌓기 공법만으로 공기 내에 활동 침하에 대한 안정성을 확보할 수 없는 경우에는 고강도 매트, 압성토, 샌드컴팩션파일 등을 조합하여 설계하여야 한다.
- (8) 연직배수공법이나 샌드컴팩션파일공법 등을 설계하는 경우에는 배수재 간격 및 목표 압밀도에 대한 소요기간을 계산하여 간격 등을 결정하여야 한다.

- (9) 플라스틱 보드 드레인 공법과 같이 필터를 적용하는 경우 원지반 흙의 입경으로부터 필터재의 유효구멍크기를 결정하여야 한다.
- (10) 활동방지를 위하여 샌드콤팩션과일공법, 쇠석말뚝공법 등을 적용할 경우에는 필요할 때에는 압밀촉진 기능도 유지하는 것으로 고려하여야 한다.
- (11) 활동방지공법으로 샌드콤팩션과일공법의 대체공법을 적용하는 경우는 활동방지 및 압밀촉진 능력을 검토하여 보조공법 적용여부를 결정하여야 한다.
- (12) 활동방지를 위하여 고강도 매트공법을 적용할 경우에 설계 인장강도는 매트와 인장강도에 대한 변형률을 고려해서 적용해야 한다.
- (13) 연약지반 상에 암거 등 횡단구조물을 설치하는 경우는 프리로딩공법, 더올림공법 또는 기초보강공법을 적용하여 부등침하에 따른 손상이 발생하지 않도록 하여야 하며, 배수구조물은 잔류침하량을 고려한 통수단면이 확보되도록 하여야 한다.
- (14) 연약지반의 두께가 얇고 양질의 재료를 입수하기 용이하며 사토장이 가까운 경우는 연약층의 일부 또는 전부를 양질의 재료로 치환하는 공법을 검토하여야 한다.
- (15) 교량의 교대와 같이 편토압이 작용하는 구조물은 연약지반의 측방유동으로 인하여 구조물의 손상이나 기능 저하를 초래할 가능성이 있으므로 측방유동에 대한 안정성 검토를 실시하여야 한다.
- (16) 측방유동에 대하여 불안정한 경우는 프리로딩공법·압성토공법·치환공법·경량재 뒤채움공법·심층혼합처리공법·샌드콤팩션과일공법·쇠석말뚝공법·구조물에 의한 안정공법 등을 검토하고, 시공성·경제성·안정성·현장여건 등에 적합한 공법을 선정하여야 한다.

4.6.5 계측관리

- (1) 연약지반에 대한 조사, 시험 및 분석과정에서의 한계성으로 인하여 시공할 때 연약지반의 거동이 설계내용과 일치하지 않는 사례가 많으므로 토공의 안정관리, 시공관리, 공정관리 등을 위하여 계측관리를 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 연약지반에 대한 계측관리는 대표지역에 대한 중점관리 구간과 기타 일상관리 구간으로 나누어 관리하도록 설계에 반영하여야 한다.
- (3) 연약지반 상에 흙쌓기를 할 때 제체의 침하 및 안정에 대하여 계측관리를 실시하여야 하며, 계측항목과 설치간격은 연약지반의 두께 및 특성, 침하 및 안정 분석결과, 대책공법의 종류와 설계내용, 성토조건 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 주요 계측항목별 계측목적, 활용내용 및 배치기준을 요약하면 다음과 같다.
 - ① 지표침하판: 설치 지점의 연직방향 전침하량을 측정하며, 성토속도의 조절, 프리로딩 제거시기 결정, 수평변위량과의 상관관계에 의한 안정관리 등에 활용하며, 흙쌓기 중앙부 및 양쪽 어깨부에 배치한다.
 - ② 층별침하계: 연약지반의 깊이별 침하량을 측정하여 지표 침하량과 비교·분석하고, 깊이별 압밀특성을 파악하는데 활용하며, 연약지반 두께가 두껍고 흙쌓기 높이가 높은 지역에 간극수압계와 동일지점에 설치한다.
 - ③ 지하수위계: 흙쌓기에 의한 지하수위의 변화를 파악하고, 간극수압과 비교하여 과잉간

극수압의 소산정도와 유효응력의 증가량을 분석하며, 흠쌓기 면에 간극수압계 설치지점의 지하수위와 같은 위치에 설치한다.

- ④ 간극수압계: 흠쌓기 하중 및 시간경과에 따른 간극수압의 변화를 측정하여 과잉간극수압의 소산정도와 유효응력 증가 및 압밀 진행 상황을 분석하며, 연약지반이 두껍고 흠쌓기 높이가 높은 지역에 층별침하계와 동일지점에 설치한다.
- ⑤ 경사계: 흠쌓기 비탈면 하부 연약지반의 수평방향 변형량과 변형속도를 측정하여 분석함으로써 흠쌓기 비탈면 및 교대의 측방유동에 대한 안정관리를 하며, 활동이 우려되는 높은 흠쌓기 지역의 좌·우 비탈면 및 교대 전면부에 설치한다.
- (5) 계측기의 매설, 현장측정, 계측성과의 분석, 안정여부 판단 및 대책수립은 전문기술자의 지도 하에 수행되어야 하며, 공사비에 매설계측기 구입비, 측정비 및 분석비를 반영하여야 한다.
- (6) 계측기는 공사 중 훼손되지 않도록 적절한 보호시설을 설치할 수 있도록 하며, 공사가 완료된 후에도 측정이 가능한 계측기는 별도의 보존계획을 수립하여 보존하고, 유지 및 관리를 할 때 활용할 수 있도록 하여야 한다.

4.7 구조물 뒤택움

4.7.1 개요

- (1) 구조물 뒤택움부는 토공과 구조물의 접점에 있고, 노면의 평탄성을 확보하기 어려운 장소이므로 다짐기계로 세밀하게 다져야 한다.
- (2) 또한 구조물 뒤택움부에 사용하는 재료는 SB-1 규격 이상이어야 하며, 시공 중·시공 후에 배수대책을 충분히 설계하여야 한다.
- (3) 구조물 상단이 노상 보다 아래에 계획되는 경우 구조물 상부의 노상과 노체는 동일한 재료로 시공되어야 하며, 용출수가 발생하거나 원활하지 못한 배수로 인하여 토압이 증가되지 않도록 처리하여야 한다.

4.7.2 다짐

- (1) 뒤택움부 시공은 뒤택움부 단면 형상이 역사다리꼴로 되는 것을 기준으로 하며, 주변 조건 후속 공정의 시공성 등을 고려하여 정사다리꼴 단면으로 조정할 수 있다.
- (2) 뒤택움부부에 대한 다짐작업은 작업공간, 구조물 손상방지 등을 고려하여 장비를 선정하여야 한다.
- (3) 뒤택움부 재료를 포설하여 다짐을 수행할 때에는 다짐으로 인한 편토압이 작용하지 않도록 구조물의 양면을 동시에 같은 높이가 되도록 하여야 한다.
- (4) 뒤택움부 작업은 구조물의 손상 가능성을 고려하여 시멘트 콘크리트의 압축강도가 17.167 N/mm^2 이상 발현된 후 또는 28일 양생 후에 시행하도록 한다.
- (5) 1층의 다짐 완료 후 두께는 0.2 m 이하이어야 하며, 각 층마다 흠의 다짐시험(KS F 2312) C, D 또는 E 방법에 의하여 최대건조밀도의 95% 이상의 밀도가 되도록 균일하게 다져야 한다.

- (6) 다짐을 위하여 진동롤러를 사용하는 경우 진동 다짐롤러를 강진으로 하여 다짐에너지를 크게 작용시키도록 하며, 날개벽 주위 등 진동롤러로 다짐을 할 수 없는 부위는 마이트팩 또는 소형 램머 등을 사용하여 다짐을 실시한다.
- (7) 뒤채움부와 접하는 후면 비탈면의 느슨한 뒤채움부 다짐은 진동롤러로 강하게 다져 다짐밀도를 뒤채움부부와 동일하게 맞추어야 한다.
- (8) 뒤채움부 다짐을 할 때 재료의 함수비는 최적함수비보다 적어야 하고, 함수비가 높아 소요 다짐도 및 지지력을 획득하기 어려운 경우에는 재료를 건조시켜 재 다짐하거나 노상토 성능 이상의 다른 재료를 사용하여 시공하여야 한다.

4.7.3 뒤채움부의 배수

- (1) 뒤채움부 배수가 원활하지 않을 경우에는 수압에 의한 수평력이 작용하여 구조물의 변형 또는 손상을 초래할 수 있으므로 배수가 잘 되도록 하여야 한다.
- (2) 기초지반이 경사져 있고, 뒤채움부에 물이 침투할 가능성이 있는 경우에는 인접한 흙쌓기부와 뒤채움의 경계부 및 구조물 뒷면에 지하 배수공을 설치하여야 한다.
- (3) 원지반이 경사지나 근처 농경지 등에 용출수가 많다고 예상되는 경우는 지하 배수공에 추가적으로 필터층을 설치하는 것이 바람직하다.

4.7.4 기타 검토사항

- (1) 뒤채움 시공
 - ① 구조물 뒤채움은 타 공종보다 조기에 시공함으로써 작업용 차량통행 및 자연다짐을 유도하여 잔류침하를 최소화할 수 있도록 작업계획을 수립하여야 한다.
 - ② 뒤채움 시공은 인접한 토공부와 20.0 m 이상 동시에 다짐을 실시하여 균질한 다짐이 될 수 있게 하는 것이 바람직하다.
 - ③ 암거의 경우 뒤채움은 기초 저면에서 암거 상단 또는 노상 저면까지 실시하고, 교대 및 옹벽은 기초 저면에서 노상 저면까지 적용하여야 한다.
 - ④ 터널 갱구의 옹벽 뒷면 뒤채움은 상재하중에 의한 부등침하 우려가 없으므로 옹벽하단에 멩암거를 설치하고, 뒷면에 드레인 보드를 설치하여 유도 배수시키고, 뒤채움재는 양질의 토사를 사용하는 것이 바람직하다.
 - ⑤ 뒤채움에 접하는 후면 비탈면은 뒤채움 재료의 중량이 구조물에 미치는 췌기형의 집중하중 작용을 막기 위하여 계단식으로 층따기를 하여야 한다.
 - ⑥ 구조물보다 흙쌓기를 선 시공하는 경우는 대형장비의 작업이 가능하도록 구조물 부위 10 m 이상 구간의 흙쌓기를 유보하고 뒤채움과 병행 시공하여야 한다.
 - ⑦ 계곡부 수로 암거의 기초 또는 뒤채움 부위의 전석은 제거하고, 승인된 뒤채움 재료로 치환한 후 층다짐하여 복류수에 의한 토립자 유실을 예방하여야 하며, 유입수에 대한 배수대책을 강구하여야 한다.
- (2) 뒤채움 충격 완화재
 - ① 대체재료로 구조물 뒤채움을 시공하는 경우 시공방법과 다짐장비의 조합에 의해 충분한 다짐을 하여야 하며, 이 경우 과도한 수평하중에 대한 충격을 완화할 수 있는 재

료를 시멘트 콘크리트 압거 벽체에 사용하여야 한다.

- ② 일반 노상토급의 토사를 사용하는 경우에는 동상의 영향을 받을 가능성이 있으므로 보온효과에 의하여 동상의 영향을 완화할 수 있는 보온성을 갖는 재료를 사용하여야 한다.
- ③ 뒤채움 재료를 포설하기 전에 압거의 벽체에 부착한 완충재 표면에 0.2 m 간격으로 층다짐 표시를 실시하여야 한다.

4.8 동상대책

- (1) 이 기준은 동절기 한랭지역의 도로나 그 부대시설인 옹벽, 압거 등 구조물의 기초와 뒤채움 등에서 흙의 동상작용에 대한 대책을 수립할 때 적용한다.

4.8.1 동결심도 결정

- (1) 노면으로부터 지중 온도가 0℃인 지점까지의 깊이를 동결심도라 하고, 동상대책공법을 검토하는 경우 기준이 되는 동결심도를 이론최대동결심도라 한다.
- (2) 설계노선의 동결지수는 대상지역 인근의 측후소에서 관측한 값을 토대로 설계노선의 표고 차이에 의한 보정을 하여야 한다.
- (3) 최대 동결심도는 미 공병단 관련기준(TM 5-852-6) 안내에 의해서 작성된 동결깊이와 설계 동결지수 상관도표, 국립건설시험소에서 제시된 산정식 또는 현장관측자료를 적용하여 설계노선 지역의 토질 및 기상조건과 수명주기를 고려하여 결정한다.
- (4) 토피가 비교적 얇은 압거나 배수관에서 뒤채움 재료 또는 뒤채움 재료가 동상을 일으키기 쉬운 경우는 횡단구조물 내부에서 차가운 공기가 들어가 냉각되어 다른 부분보다 동상량이 크게 되므로 이를 고려하여 동결깊이를 결정하여야 한다.
- (5) 옹벽 등 구조물의 기초를 설계할 때 동상 피해를 방지하기 위한 기초 저면의 최소 근입깊이는 동결심도 이상이어야 한다.

4.8.2 동상대책

- (1) 동상현상은 토질, 온도, 간극수의 3가지 조건이 동시에 만족될 때 발생하는 것이므로 동상대책으로는 이들 조건의 하나 이상을 제거 또는 개선하여야 한다.
- (2) 동상대책 공법의 적용은 동상 발생조건을 고려하여 가장 효과적이고 경제적인 방법을 선택하여야 한다.
- (3) 동결심도 내에 있는 동상성 노상토는 비동상성 재료로 치환하되 동결심도가 깊거나 노상이 연약한 경우, 양질의 치환 재료를 입수하기 곤란한 경우는 안정처리공법, 단열공법, 차수공법 및 기타 보조적인 방법을 이용할 수 있다.
- (4) 치환공법을 적용할 때의 치환깊이는 동상 그 자체에 의한 피해와 융해될 때의 지지력 저하에 의한 피해를 동시에 방지할 수 있도록 결정하여야 한다.
- (5) 동상방지용 재료는 쇄석, 하상골재 슬래그 또는 책임기술자가 승인한 재료 또는 이들의 혼합물로서, 점토질·실트질·유기불순물 등을 포함하지 않는 재료이어야 하며, 해당 재료시험 및 품질기준에 적합한 것이어야 한다.

성명	소속	성명	소속
김인태	명지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	이석근	경희대학교
김기현	한국건설기술연구원	권수안	한국건설기술연구원
김희석	한국건설기술연구원	권순일	(주)서영엔지니어링
류상훈	한국건설기술연구원	김성민	경희대학교
원훈일	한국건설기술연구원	엄병식	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	유호식	한국도로공사
이승환	한국건설기술연구원	이광호	주식회사 인성
이용수	한국건설기술연구원	이문섭	한국건설기술연구원
주영경	한국건설기술연구원	이태옥	수성엔지니어링
최봉혁	한국건설기술연구원	임광수	서울화인
허원호	한국건설기술연구원	장인희	포스코건설
		최민규	(주)다산건설턴트
		최준성	인덕대학교
		한승환	한국도로공사

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
권순철	SK건설	양정훈	도로교통공단
김형무	한국도로공사	이희상	한국도로공사
남정희	한국건설기술연구원	전진구	서경대학교
박지영	한국교통연구원		

소관부처

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KDS 44 30 00 : 2023 도로토공

2023년 1월 6일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층 한국도로협회
Tel : 02-3490-1000 E-mail : off@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

관련단체 한국도로학회
06349 서울특별시 강남구 밤고개로1길 10 수서현대벤처빌 426호
Tel : 02-3272-1992 E-mail : ksre1999@hanmail.net
<https://ksre.or.kr/>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>