국토교통부 제정

건설공사 비탈면 설계기준

2016

국토교통부

설계기준 개정에 따른 경과조치

이 건설공사 비탈면 설계기준 발간시점 이전에 이미 시행중인 설계용역이나 건설공사에 대해서는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다

발 간 사

우리나라는 전국토의 약 2/3가 산지로 이루어진 지형특성상 각종 국토개발과정에서 필연적으로 많은 비탈면이 형성되고 있으며, 뚜렷한 사계절의 영향으로 인한 동결 및 융해 작용으로 낙석 및 산사태에 의한 피해가 빈발하고 있어 비탈면의 설계, 시공 및 유지관리에 특히 주의를 기울여야 할 필요가 있습니다.

이에 2006년 정부에서는 실무자들이 해당업무를 효율적으로 충실하게 수행할 수 있도록 비탈면의 계획, 조사, 설계, 시공 및 유지관리의 전과정을 일관되고 체계적으로 정립한 건설공사 비탈면 설계기준, 표준시방서 및 유지관리지침 등 건설공사기준을 마련하여 보급한 바 있습니다. 이러한 노력에도 불구하고 최근 온실가스 증가에 따른 지구온난화의 영향으로 인한 이상기후로 전세계적으로 태풍 및 집중호우가 증가하고 있으며, 우리나라에서도 이로 인한 비탈면 붕괴 및 산사태 발생이 점차로 증가하고 하고 있어 이에 대한 대책 마련이 요구되고 있습니다.

따라서 정부에서는 이러한 요구에 부응하는 한편 지속적인 국가발전을 위한 새로운 동력으로 등장한 저탄소 녹색성장의 기조 아래 다양한 현장여건과 최신기술 등을 반영할 수 있도록 건설공사 비탈면 설계기준을 개정하게 되었습니다. 금번 개정시에는 특히 최근 기후변화로 발생빈도가 높아진 토석류 대책시설에 대한 조사·설계 등에 대한 내용을 신규로 제정하였으며, 비탈면 붕괴의 큰 원인으로 작용하고 있는 배수대책 및 보강토옹벽에 대한 내용을 강화하였습니다. 또한 비탈면의 설계·시공시 산성배수 발생여부를 조사·반영할 수 있도록 하는 등 친환경적인 건설공사가 이루어질 수 있도록 많은 노력을 기울였습니다.

정부에서는 앞으로도 건설현장에 필요한 선진화된 건설공사기준 마련을 위해 지속적으로 노력할 것을 약속드리며, 아울러 많은 건설기술인 여러분들께서도 부단한 연구를 통해 관련 기술발전을 위해 지원과 격려를 부탁드립니다.

끝으로 더욱 안전한 국토가 건설될 수 있도록 금번 "건설공사 비탈면 설계기준" 개정을 위해 많은 노력을 기울여주신 한국시설안전공단과 중앙건설기술심의위원회 위원 여러분 및 관계 공무원에게 이 자리를 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

2011년 12월

국토해양부 기술안전정책관

목 차

제 1 장 총 칙 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용범위 ····· 1
1.3 신규 기술의 적용 ····· 2
1.4 기준의 구성 ····· 2

제 2 장 설계일반 ····· 5
2.1 기본계획 ····· 5
2.2 비탈면 분류 ····· 6
2.3 설계의 기본원칙 ····· 6
2.3.1 비탈면 구비조건 ····· 6
2.3.2 설계개념 적용기준 ····· 7
2.3.3 설계 지반물성치의 결정 ····· 7
2.3.4 설계하중의 적용기준 ····· 8

제 3 장 지반조사 ····· 9
3.1 적용범위 ····· 9
3.2 조사일반 ····· 9
3.3 예비조사 ····· 9
3.3.1 일반사항 ····· 9
3.3.2 예비조사 내용 ····· 9
3.4 본조사 ····· 10
3.4.1 일반사항 ····· 10
3.4.2 본조사 내용 ····· 11
3.5 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조사 ····· 14
3.6 시공 중 조사 ····· 15
3.7 성과정리 및 지반특성 평가 ····· 16
3.7.1 조사결과의 정리 ····· 16
3.7.2 지반의 분류기준 ····· 16
3.7.3 지반 특성 평가 ····· 17

제 4 장 쌓기비탈면 설계 ····· 19
4.1 적용범위 ····· 19

4.2 설계일반사항 ····· 19
4.3 쌓기비탈면 적용기준 ····· 19
4.4 표준경사 및 소단기준 ····· 20
4.5 연약지반 흙쌓기 ····· 21
4.6 흙쌓기 재료 및 다짐 ····· 21
4.7 안정해석 ····· 22
4.7.1 안정해석 조건 ····· 22
4.7.2 파괴형태와 원인 ····· 22
4.7.3 안정해석시 고려사항 ····· 23
4.7.4 안전율 기준 ····· 23
4.7.5 해석방법 ····· 25
4.7.6 안정해석 기준 ····· 25
4.8 쌓기비탈면의 배수시설 ····· 25
4.9 쌓기비탈면의 계측 ····· 26
4.9.1 계측계획 수립 ····· 26
4.9.2 계측기준 ····· 26

제 5 장 깎기비탈면 설계 ····· 29
5.1 적용범위 ····· 29
5.2 설계일반사항 ····· 29
5.3 깎기비탈면 적용기준 ····· 29
5.4 표준경사 및 소단기준 ····· 30
5.4.1 표준경사 ····· 30
5.4.2 소단 ····· 31
5.5 안정해석 ····· 31
5.5.1 일반사항 ····· 31
5.5.2 안정해석시 고려사항 ····· 31
5.5.3 안전율 기준 ····· 32
5.5.4 해석방법 ····· 33
5.5.5 안정해석 기준 ····· 33
5.6 깎기비탈면의 배수시설 ····· 34
5.7 깎기비탈면의 발파설계 ····· 34
5.7.1 암발파 기준 ····· 34
5.7.2 암발파 설계 ····· 35
5.8 깎기비탈면의 계측 ····· 35
5.8.1 계측계획 수립 ····· 35
5.8.2 계측기준 ····· 36

제 6 장 앵 커 ····· 37
6.1 적용범위 ····· 37
6.2 재료의 특성 ····· 37
6.2.1 긴장재와 정착구 ····· 37
6.2.2 그라우트 ····· 37
6.3 설계일반사항 ····· 37
6.3.1 설계목표 ····· 37
6.3.2 앵커 적용기준 ····· 38
6.3.3 내진설계 여부 ····· 38
6.4 앵커보강 비탈면의 설계 ····· 38
6.4.1 검토항목 ····· 38
6.4.2 안전율 기준 ····· 39
6.4.3 앵커의 내적안정해석과 설계앵커력의 결정 ····· 39
6.4.4 앵커보강 비탈면의 안정해석 ····· 40
6.4.5 초기긴장력의 설정 ····· 40
6.4.6 지압판 설계 ····· 40
6.5 지진시 안정해석 ····· 40

제 7 장 네 일 ····· 41
7.1 적용범위 ····· 41
7.2 재료의 특성 ····· 41
7.2.1 네일 및 정착판 ····· 41
7.2.2 그라우트 ····· 41
7.3 설계일반사항 ····· 41
7.3.1 설계목표 ····· 41
7.3.2 네일 적용기준 ····· 42
7.3.3 내진설계 여부 ····· 42
7.4 네일 보강 비탈면의 설계 ····· 42
7.4.1 검토항목 ····· 42
7.4.2 안전율 기준 ····· 43
7.4.3 네일의 내적안정해석 ····· 43
7.4.4 네일 보강 비탈면의 안정해석 ····· 43
7.4.5 전면판의 설계 ····· 44
7.5 배수시설 ····· 45
7.6 지진시 안정해석 ····· 45

제 8 장 록볼트 ····· 47
8.1 적용범위 ····· 47
8.2 재료의 특성 ····· 47
8.2.1 록볼트 및 정착판 ····· 47
8.2.2 그라우트 ····· 47
8.3 설계일반사항 ····· 47
8.3.1 설계목표 ····· 47
8.3.2 록볼트 적용기준 ····· 48
8.3.3 내진설계 여부 ····· 48
8.4 록볼트 보강 비탈면의 안정해석 ····· 48
8.4.1 검토항목 ····· 48
8.4.2 안전율 기준 ····· 49
8.4.3 록볼트 설계 ····· 49
8.5 지진시 안정해석 ····· 49

제 9 장 억지말뚝 ····· 51
9.1 적용범위 ····· 51
9.2 설계일반사항 ····· 51
9.2.1 설계목표 ····· 51
9.2.2 억지말뚝 적용기준 ····· 51
9.2.3 내진설계 여부 ····· 51
9.3 억지말뚝보강 비탈면의 설계 ····· 52
9.3.1 검토항목 ····· 52
9.3.2 안전율 기준 ····· 52
9.3.3 억지말뚝의 허용단면력 ····· 52
9.3.4 억지말뚝의 내적안정해석 ····· 53
9.3.5 수동파괴에 대한 안정해석 ····· 53
9.3.6 억지말뚝 보강 비탈면의 안정해석 ····· 54
9.3.7 말뚝 간격과 근입길이 ····· 54
9.4 기타 고려사항 ····· 54
9.4.1 지진시 안정해석 ····· 54

제 10 장 콘크리트 옹벽 ····· 55
10.1 적용범위 ····· 55
10.2 설계일반사항 ····· 55
10.2.1 설계목표 ····· 55

10.2.2 옹벽적용기준 ····· 55
10.2.3 내진설계 여부 ····· 56
10.3 설계하중 ····· 56
10.3.1 하중 종류 ····· 56
10.3.2 자중 ····· 56
10.3.3 토압 ····· 57
10.3.4 상재하중에 의한 토압 ····· 57
10.3.5 수압과 부력 ····· 57
10.3.6 옹벽에 직접 작용하는 하중 ····· 58
10.3.7 깎기 경계구간의 토압 ····· 58
10.4 콘크리트 옹벽의 설계 ····· 58
10.4.1 검토항목 ····· 58
10.4.2 안전율 기준 ····· 59
10.4.3 활동 안정성 ····· 59
10.4.4 활동저항력의 증가 ····· 60
10.4.5 전도 안정성 ····· 60
10.4.6 지지력 검토 ····· 61
10.4.7 전체안정성 ····· 61
10.5 지진시 안정해석 ····· 61
10.5.1 일반사항 ····· 61
10.5.2 지진시 고려하는 하중 ····· 62
10.5.3 지진시 활동 안정성 ····· 62
10.5.4 지진시 전도 안정성 ····· 62
10.5.5 지진시 지지력 안정성 ····· 63
10.6 콘크리트 옹벽 본체의 설계 ····· 63

제 11 장 보강토 옹벽 ····· 65
11.1 적용범위 ····· 65
11.2 설계일반사항 ····· 65
11.2.1 설계목표 ····· 65
11.2.2 보강재 ····· 65
11.2.3 뒤채움재료 ····· 66
11.2.4 보강토 옹벽 적용기준 ····· 66
11.2.5 내진설계 여부 ····· 66
11.3 보강토 옹벽의 설계 ····· 67
11.3.1 검토항목 ····· 67
11.3.2 안전율 기준 ····· 67

11.3.3 외적안정해석 ····· 68
11.3.4 내적안정해석 ····· 68
11.3.5 지진시 안정해석 일반사항 ····· 68
11.3.6 지진시 외적안정해석 ····· 69
11.3.7 지진시 내적안정해석 ····· 69
11.4 보강토 옹벽의 배수시설 ····· 70

제 12 장 돌망태 옹벽 ····· 71
12.1 적용범위 ····· 71
12.2 재료의 특성 ····· 71
12.2.1 돌망태 ····· 71
12.2.2 돌망태 채움재 ····· 71
12.3 설계일반사항 ····· 72
12.3.1 설계목표 ····· 72
12.3.2 돌망태 옹벽 적용기준 ····· 72
12.3.3 내진설계 여부 ····· 72
12.4 돌망태 옹벽의 설계 ····· 72
12.4.1 검토항목 ····· 72
12.4.2 안전율 기준 ····· 73
12.4.3 내적안정해석(돌망태 자체의 안정해석) ····· 73
12.4.4 돌망태 옹벽의 외적안정해석 ····· 73
12.5 기타 고려사항 ····· 74
12.5.1 지진시 안정해석 ····· 74
12.5.2 돌망태 옹벽의 배수시설 ····· 74

제 13 장 기대기 옹벽 ····· 75
13.1 적용범위 ····· 75
13.2 설계일반사항 ····· 75
13.2.1 설계목표 ····· 75
13.2.2 기대기 옹벽 적용기준 ····· 75
13.3 기대기 옹벽 설계 ····· 76
13.3.1 검토항목 ····· 76
13.3.2 안전율 기준 ····· 76
13.3.3 외적안정해석 ····· 77
13.3.4 내적안정해석(기대기 옹벽자체의 안정해석) ····· 77
13.4 기대기 옹벽의 배수시설 ····· 78

제 14 장 돌(블록)쌓기 옹벽 ····· 79
14.1 적용범위 ····· 79
14.2 설계일반사항 ····· 79
14.2.1 설계목표 ····· 79
14.2.2 돌(블록)쌓기 공법 적용기준 ····· 79
14.2.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 기초 ····· 79
14.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 배수시설 ····· 80

제 15 장 격자블록 및 돌(블록) 붙이기 ····· 81
15.1 적용범위 ····· 81
15.2 설계일반사항 ····· 81
15.2.1 설계목표 ····· 81
15.2.2 적용기준 ····· 81
15.3 격자블록 설계 ····· 82
15.3.1 검토항목 ····· 82
15.3.2 안정해석 ····· 82
15.4 기타 고려사항 ····· 83
15.4.1 격자블록의 속채움재 ····· 83
15.4.2 돌(블록)붙이기 공법의 배수시설 ····· 83

제 16 장 콘크리트 뿜어붙이기 ····· 85
16.1 적용범위 ····· 85
16.2 설계일반사항 ····· 85
16.2.1 설계목표 ····· 85
16.2.2 적용기준 ····· 85
16.3 콘크리트 뿜어붙이기 공법설계 ····· 86
16.3.1 검토사항 ····· 86
16.3.2 두께 결정 ····· 86
16.3.3 철망과 배수시설 ····· 86

제 17 장 비탈면 녹화 ····· 89
17.1 적용범위 ····· 89
17.2 설계일반사항 ····· 89
17.2.1 설계목표 ····· 89
17.2.2 녹화지역의 구분 ····· 89
17.2.3 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용 ····· 89
17.2.4 적용기준 ····· 90

17.3 녹화공법의 설계 ····· 90
17.3.1 일반사항 ····· 90
17.3.2 녹화공법 선정절차 ····· 90
17.3.3 특수한 암질의 녹화공법 선정 ····· 91
17.3.4 종자배합설계 ····· 91
17.3.5 종자배합설계 시 고려사항 ····· 91

제 18 장 지표수 배수시설 ····· 93
18.1 적용범위 ····· 93
18.2 지표수 배수시설의 종류 ····· 93
18.3 설계일반사항 ····· 93
18.3.1 설계목표 ····· 93
18.3.2 적용기준 ····· 94
18.4 지표수 배수시설의 설계 ····· 95
18.4.1 배수 계획 ····· 95
18.4.2 설계를 위한 조사 ····· 95
18.4.3 산마루배수구와 비탈어깨배수구 ····· 95
18.4.4 종배수구 ····· 96
18.4.5 소단배수구 ····· 96
18.4.6 비탈끝 배수구 ····· 96

제 19 장 지하수 배수시설 ····· 97
19.1 적용범위 ····· 97
19.2 설계일반사항 ····· 97
19.2.1 설계목표 ····· 97
19.2.2 적용기준 ····· 97
19.2.3 지하수 배수시설의 종류 ····· 98
19.3 지하수 배수시설의 설계 ····· 98
19.3.1 지하수 배수시설 계획 ····· 98
19.3.2 지하수 배수시설 설계를 위한 조사 ····· 98
19.3.3 지하배수구(암거) ····· 99
19.3.4 수평배수층 ····· 99
19.3.5 돌망태 배수공 ····· 99
19.3.6 수평배수공 ····· 100
19.3.7 수직배수공(집수정) ····· 100

제 20 장 낙석방지망 ····· 101
20.1 적용범위 ····· 101
20.2 설계일반사항 ····· 101
20.3 낙석방지망의 설계 ····· 101
20.3.1 낙석에너지의 계산 ····· 101
20.3.2 낙석방지망의 흡수가능에너지 평가 ····· 101

제 21 장 낙석방지울타리 ····· 103
21.1 적용범위 ····· 103
21.2 설계일반사항 ····· 103
21.3 낙석방지울타리 설계 ····· 103
21.3.1 낙석에너지의 계산 ····· 103
21.3.2 낙석방지울타리의 흡수가능에너지의 평가 ····· 104
21.3.3 낙석방지울타리의 높이 ····· 104
21.3.4 낙석방지울타리의 이격거리 ····· 104
21.3.5 낙석방지울타리의 지지 ····· 104

제 22 장 낙석방지옹벽 ····· 105
22.1 적용범위 ····· 105
22.2 설계일반사항 ····· 105
22.2.1 낙석충돌시의 외력 산정 ····· 105
22.2.2 옹벽의 안정 ····· 105
22.2.3 옹벽 본체 설계 ····· 106

제 23 장 피암터널 ····· 107
23.1 적용범위 ····· 107
23.2 설계일반사항 ····· 107
23.2.1 피암터널의 목적 ····· 107
23.2.2 피암터널의 계획 ····· 107
23.2.3 하중 조합 ····· 107
23.2.4 충격력 산정 ····· 108
23.2.5 낙석의 낙하높이 ····· 108
23.2.6 완충재 ····· 108
23.2.7 낙석에 의한 충격력의 작용 면적 ····· 108
23.2.8 충격력의 작용 방향 ····· 108
23.2.9 피암터널의 단면 결정 ····· 109
23.3 피암터널의 설계 ····· 109

제 24 장 토석류 대책시설 ····· 111
24.1 적용범위 ····· 111
24.2 설계일반사항 ····· 111
24.2.1 토석류 대책시설의 목표 ····· 111
24.2.2 토석류 대책시설의 계획 ····· 111
24.2.3 토석류 대책시설의 결정 ····· 112
24.3 토석류 대책시설의 설계 ····· 112
24.3.1 조사 ····· 112
24.3.2 토석류 대책시설의 종류 ····· 113
24.3.3 토석류 대책시설의 설계 ····· 113

제 25 장 비탈면 내진설계기준 ····· 115
25.1 적용범위 ····· 115
25.2 설계 일반 ····· 115
25.3 비탈면의 내진등급 및 성능목표 ····· 115
25.3.1 비탈면의 내진등급 ····· 115
25.3.2 내진성능목표 ····· 116
25.4 설계 지반운동의 결정 ····· 116
25.4.1 지반가속도계수(A) 결정 ····· 116
25.4.2 내진설계를 위한 조사 ····· 117
25.5 비탈면 내진설계 ····· 118
25.5.1 설계일반사항 ····· 118
25.5.2 내진설계절차 ····· 118
25.5.3 액상화 검토 ····· 118
25.5.4 지진시 비탈면 안정해석 ····· 119

제 1 장 총 칙

1.1 목적

이 설계기준은 건설공사 시 만들어지는 비탈면과 비탈면의 안정성 확보를 위한 보호, 보강 시설 등에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하며 개발과 보존의 조화를 이룰 수 있는 건설환경 조성 및 환경친화적이고 지속가능한 건설을 바탕으로 기후변화에 대응하기 위한 녹색성장을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

(1) 이 설계기준은 도로, 철도, 택지, 단지 등의 건설공사 시 만들어지는 쌓기 또는 깎기비탈면의 설계, 비탈면의 안정성 확보를 위한 보강공법 및 옹벽공법, 비탈면 표면보호공법 그리고 비탈면 안전시설 및 배수시설 등의 설계에 적용한다.

(2) 자연비탈면과 하천비탈면 그리고 댐비탈면은 이 설계기준에서 다루지 않는다.

(3) 이 기준은 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 가장 기본적이고 일반적인 내용만을 다루고 있으며, 특별한 설계방법은 이 기준에 포함하지 않는다.

(4) 이 기준에 기술되어 있지 않는 사항에 대해서는 국가기준으로 제정된 타기준을 적용할 수 있으며 국제적으로 검증되어 통용되는 기준도 발주자의 승인을 얻어 준용할 수 있다. 특히 건설 신기술 및 환경 신기술을 적용할 경우, 신기술 지정에 따른 설계법을 기술하고 이에 따른 설계도면 등을 공사시방서에 포함하여 발주자 승인을 얻어 사용할 수 있다.

(5) 제반여건상 이 설계기준에서 정한 사항 이상으로 강화하는 등 별도의 기준을 정하여야 할 경우에는 발주자의 승인을 얻어 별도의 기준을 정하여 사용할 수 있다.

(6) 이 설계기준은 기준공표일 이후에 계약이 체결된 공사의 설계에 적용한다. 단, 이 설계기준 발간 시점에서 이미 시행 중에 있는 설계 또는 건설공사에 대해서는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 개정전의 기준을 적용할 수 있다.

1.3 신규 기술의 적용

(1) 건설신기술은 건설기술관리법에서 정하는 바에 따라 지정된 신기술·신공법 등으로서 이러한 공법에 대한 설계방법과 적용기준은 이 설계기준에서 제시하지 않는다. 이는 설계기준의 특성상 다양한 공법에 대한 설계방법과 적용기준을 세세하게 다루지 못하는 점과 향후에 개발될 수 있는 새로운 공법에 대한 형평성 및 새로운 기술의 개발과 적용을 제한할 수 있다는 점에 기인한다.

(2) 신기술의 설계와 적용기준에 대해서는 본 설계기준의 관련 공법을 참고하여 기술개발자가 제시하는 방법을 이용하여 설계한다.

(3) 이 기준에 기술된 내용과 다르거나, 포함되어 있지 않더라도 이미 널리 알려져 있거나 충분히 증명된 이론 및 기술은 발주자의 승인을 얻어 본 설계기준을 대체하여 적용할 수 있다.

(4) 본 설계기준에서 제시하는 한정된 내용으로 인하여 새로운 기술개발 의지가 감소하거나 다양한 공법을 적용하는 것이 제한되지 않아야 하며, 설계자는 새롭게 개발된 기술, 공법이라 하더라도 검증된 연구결과 또는 관측결과가 있는 경우에는 발주자의 승인을 얻어 본 설계기준에서 제시하는 내용을 대체하여 적용할 수 있다.

1.4 기준의 구성

(1) 이 설계기준은 내용상으로 크게 8개의 부분으로 나누어 총 25개의 장으로 구성되어 있다. 세부적인 구성 내용은 다음과 같다.

Ⅰ. 설계일반사항 : 총칙, 설계일반, 지반조사
Ⅱ. 비탈면설계 : 쌓기비탈면 설계, 깎기비탈면 설계
Ⅲ. 비탈면보강공법 : 앵커, 네일, 록볼트, 억지말뚝
Ⅳ. 옹벽공법 : 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 돌망태 옹벽, 기대기 옹벽, 돌(블록) 쌓기 옹벽
Ⅴ. 표면보호공법 : 격자블록 및 돌붙이기, 콘크리트 뿜어붙이기, 비탈면 녹화
Ⅵ. 비탈면 배수시설 : 지표수 배수시설, 지하수 배수시설
Ⅶ. 비탈면 안전시설 : 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 피암터널, 토석류대책시설
Ⅷ. 비탈면 내진설계 : 비탈면 내진설계 기준

(2) 이 설계기준은 비탈면의 안정을 확보하기 위하여 적용하는 가장 보편적이면서 일반적인 내용과 공법들에 대해서만 다루고 있으며, 특정한 기술이나 공법에 대한 설계기준과 방법은 포함하지 않는다.

제 2 장 설계일반

2.1 기본계획

(1) 비탈면 계획은 도로, 철도 및 택지 등과 같은 시설의 건설계획에 부합되게 수립하여야 하며, 기본계획, 기본설계, 실시설계, 시공, 준공 및 유지관리 단계로 구분하여 효율적으로 추진한다.

(2) 비탈면의 기본계획에서는 다음 사항을 고려한다.

① 주구조물의 계획에 따른 쌓기 또는 깎기비탈면의 형성조건

② 안정성 검토 및 터널 등 대체구조물의 적용성 여부

③ 비탈면 건설 후 수리, 수문, 생태환경에 미치는 영향

④ 주구조물에 발생 가능한 재해영향

⑤ 사업대상지역 내에 있는 분묘, 가옥, 문화재 및 각종 시설물의 이전방안

⑥ 시공 중 수질오염, 진동, 분진, 소음 등의 가능성과 대책방안

⑦ 경제성 및 공사소요기간

⑧ 법적 규제사항 등

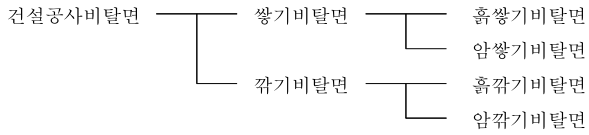
(3) 기본계획 수립은 해당분야 전문가의 자문과 발주자의 의견을 수렴하여 조정할 수 있으며, 필요시에는 지역주민 및 지방자치단체의 민원사항을 해소하기 위하여 공청회 등을 통해 의견을 수렴하고 해소방안을 검토하여야 한다.

(4) 비탈면의 형성은 사업 대상지역 경계에서 장기적으로 안정화될 수 있는 비탈면의 높이와 경사를 결정하는 것이며, 현지의 지형과 지반조건, 시공여건, 장애물 등의 여부에 따라 보강공법, 옹벽공법, 표면보호, 녹화공법 및 안전시설의 적용 여부도 함께 고려하여 경제성과 소요기간을 검토하여야 한다.

(5) 비탈면 설계에서는 일반적인 표준시방서 외에도 각각의 공법에 대한 적용사례 검토를 통해 정확한 시공이 될 수 있도록 하고, 시공을 위한 공사시방서를 세밀하게 작성하여 안전한 비탈면이 될 수 있도록 한다.

2.2 비탈면 분류

(1) 비탈면은 조성 방식, 구성 재료, 규모 등에 따라서 다음과 같이 분류되며 분류상태에 따라 설계기준, 조사 방법 등이 다르게 적용된다.



(2) 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 등 관계법에 따라 관리가 필요한 비탈면은 해당 법률에 따른다.

2.3 설계의 기본원칙

2.3.1 비탈면 구비조건

(1) 건설공사 비탈면은 시공완료 후부터 유지관리단계에서 지진, 강우, 장기적인 기상변화 등 재해요인이 발생하더라도 주구조물의 안정성을 직접적으로 저해하거나 주구조물의 기능을 마비시키는 붕괴가 발생하지 않아야 한다.

(2) 비탈면의 건설로 인하여 주변 인명 및 재산에 위해한 요인이 발생하지 않아야 하며, 보강시설, 안전시설 등의 대책을 강구하여야 한다.

(3) 비탈면은 지반의 풍화, 지하수조건의 변화 등 장기적인 불안정 요인이 발생할 수 있으므로 규명되지 않은 사항에 대해서는 가급적 안전측으로 설계한다.

(4) 비탈면 안정해석에서는 반드시 기준안전율을 만족하도록 설계하여야 한다.

(5) 비탈면에 시공하는 각종 보강, 보호, 점검, 안전시설 등은 장기적으로 성능을 발휘하는 내구성이 있는 재료와 부식에 대한 저항성이 있는 재료를 사용한다.

(6) 비탈면은 위의 조건을 감안하여 최대한 경제적인 시공이 되도록 설계하고, 현장여건에 적합한 안전한 시공이 될 수 있도록 설계한다.

(8) 이 기준에서 제시하지 않은 구비 조건이라 하더라도 관계법규 및 기준을 검토 후 반영하여야 하며, 발주자의 요청과 민원 등을 검토하여 반영할 수 있다.

2.3.2 설계개념 적용기준

(1) 이 설계기준은 지반의 한계평형상태를 가정하고 허용응력설계법을 적용한다. 여기서는 예상되는 파괴형태에 가해지는 실제 크기의 작용하중과 저항력을 계산하여 이들 값의 비율인 안전율을 계산하고 기준안전율과 비교하여 비탈면의 안정성을 평가한다.

(2) 한계상태설계법, 하중저항계수설계법, 부분안전율의 적용은 발주자와 협의하여 승인을 득한 후에 적용할 수 있다. 이 때는 적용하는 설계기준에 대한 명확한 근거자료를 제시하여야 한다.

(3) 비탈면에 적용하는 콘크리트 및 강재 구조물 등의 부재설계에 대해서는 해당재료에 적합한 설계기준을 적용한다. 토사 및 암반에 기인하는 하중은 이 설계기준에서 제시한 방법을 이용할 수 있으며, 하중 및 저항을 고려하는 계수의 적용 방법은 해당부재의 설계기준을 따른다.

(4) 비탈면 설계에 대한 확률론적 설계방법은 허용응력설계법을 이용한 설계가 불확실할 때 설계결과를 보완하기 위한 목적으로 부가적으로 적용할 수 있다. 이 때는 사용하는 입력자료와 해석방법에 대한 근거자료를 충분히 확보하여야 한다.

2.3.3 설계 지반물성치의 결정

(1) 비탈면의 설계에 사용하는 지반물성치는 지반조사, 현장시험, 실내시험, 경험적으로 얻어진 관계식을 이용한 추산 값, 기존의 유사한 지반조건에 대한 도표, 현장계측 및 관측결과를 이용한 역해석, 파괴된 지반에 대한 역해석 등을 통하여 결정한다.

(2) 설계 지반물성치 중 지반의 전단강도 정수는 대상 지반의 포화조건, 투수성, 하중재하조건 등을 감안하여 배수전단강도, 비배수전단강도 및 최대강도, 잔류강도를 구분하여 결정한다.

(3) 설계 지반물성치는 현장 조사결과를 토대로 지반을 대표적인 몇 개의 지층으로 구분하고 각 지층에 대한 시험을 실시하여 물성치를 구한다. 서로 다른 지층에서 구한 지반물성치는 각 구간에 대해 적용한다.

(4) 여러 가지 지반조사와 시험을 실시하여 동일지층의 유사한 지점에 대해 여러 번의 결과를 획득한 경우에 설계 지반물성치는 평균치와 표준편차를 계산하고 다음 식을

이용하여 설계에서는 안전측이 되는 값을 적용한다. 즉, 하중의 계산에서는 (+) 부호를, 저항력의 계산에서는 (-)부호를 이용하여 계산한다.

설계물성치 = (평균치) ± (표준편차)

(5) 동일한 지층이라 하더라도 시험한 위치에 따라 물성치가 일정한 경향을 가지고 다르게 분포할 경우에는 구간을 구분하여 각 구간에서 구한 물성치를 대표적인 물성치로 채택하여 적용할 수 있다. 구간을 구분하지 않고 전체를 동일한 구간으로 간주하여 설계하는 경우는 가장 불리한 값을 채택하여 적용한다.

2.3.4 설계하중의 적용기준

(1) 비탈면의 설계에서는 흙의 자중, 비탈면 표면 및 상부에서 작용하는 상재하중, 비탈면 내부의 지하수 및 침투수에 의해 유발되는 수압, 옹벽과 같은 구조물에 작용하는 토압, 지진 시 발생하는 지진하중, 비탈면에 설치한 구조물에 의해 작용하는 외력 및 시공 중과 후에 발생하는 일시적인 활하중 등을 고려하여야 한다.

(2) 내진설계에서는 비탈면 내부의 포화 수압, 비탈면 표면 및 상부에 작용하는 활하중 등 비탈면에 장기적으로 발생할 것으로 가정한 하중이나 일시적으로 발생하는 하중은 고려하지 않으며, 가장 현실적으로 작용할 수 있는 하중과 지진하중을 고려한다.

(3) 비탈면에 설치하는 옹벽, 콘크리트 벽체 등에 작용하는 토압은 벽체와 지반의 상호거동에 따라 적절한 토압계수를 적용하여 결정한다.

(4) 콘크리트 부재 설계 및 강재의 설계는 콘크리트 구조설계기준에 제시된 하중계수와 하중조합을 고려하여 설계할 수 있다.

제 3 장 지반조사

3.1 적용범위

(1) 이 장은 건설공사 비탈면 설계를 위한 조사에 적용한다.
(2) 이 조사기준의 적용 시에는 현지상황과 당초 의도한 목적을 충분히 검토, 파악하여 획일적이고 비경제적인 조사가 되지 않도록 한다.

3.2 조사일반

(1) 조사는 비탈면 설계에 필요한 각종 자료와 정보를 얻기 위하여 실시하며, 크게 기존 문헌조사, 현지답사, 지반조사 및 시험으로 이루어진다.
(2) 비탈면 설계를 위한 조사는 비탈면의 규모 및 필요한 자료와 정보의 내용에 따라 예비조사, 본조사의 순서로 진행하며, 보완조사를 실시하는 경우도 있다. 예비조사와 본조사를 동시에 수행할 수도 있고, 여러 단계로 나누어 실시할 수도 있다.
(3) 비탈면 조사는 사업규모 및 예상되는 비탈면의 규모를 고려하여 각 단계별 조사 목적에 부합하도록 조사계획을 수립한 후에 실시한다.

3.3 예비조사

3.3.1 일반사항

(1) 예비조사는 사업대상지역 비탈면의 문제 가능성을 예측하기 위하여 실시하는 조사이다.
(2) 예비조사에서는 지형상태(산맥, 계곡, 주요 하천 등)의 변화, 광역지질에 대한 분석, 기존 조사 자료 수집 및 붕괴이력 조사 등을 실시한다.

3.3.2 예비조사 내용

(1) 자료조사는 조사대상지역에 해당하는 지형, 지질, 기상 및 대상지역 주변의 각종 관련 자료 등을 관계기관 등으로부터 수집한다.

(2) 현지답사는 자료조사 결과를 바탕으로 사업대상지역을 답사하면서 지형, 지반상황을 직접 확인하거나 지역 탐문조사를 통하여 과거 지형변화 등에 대한 정보를 입수하고, 제반 현장여건을 확인하여 본조사 계획을 수립할 수 있도록 한다.
(3) 현지답사 결과로부터 사업대상지역에 문제가 예상되는 지반조건인 지역이 포함될 경우에는 본조사단계에서 예상문제의 범위와 형태를 규명하기 위한 상세 지반조사 계획을 고려하여야 한다.
(4) 예비조사 결과는 조사항목별로 일목요연하게 정리하고 향후 본조사 및 설계에 유용하게 이용될 수 있도록 하여야 한다. 예비조사의 결과에 포함되어야 하는 내용들은 다음과 같다.
① 조사보고서(목적, 범위, 내용)
② 지형도, 지질도, 항공사진 및 판독사진
③ 사업대상지역의 기상현황
④ 개발보존지역, 개발지역, 법적규제지역, 군사지역, 광산지역 여부
⑤ 광역적인 지표지질도(단층, 층리, 절리, 엽리 등의 방향성 및 상태)
⑥ 비탈면 붕괴, 토석류, 단층대의 위치 및 범위
⑦ 지역의 수문, 용수, 습지 등의 위치 및 상태
⑧ 지반조사의 내용(탐사, 시추조사 등)
⑨ 각 지층별 특징, 사업대상지역 계획상의 유의점 등

3.4 본조사

3.4.1 일반사항

(1) 본조사는 예비조사 결과를 바탕으로 설계를 위한 필수적인 지반정보, 시공계획의 수립에 필요한 정보를 제공하고 시공 중 발생할 수 있는 문제점들을 구체적으로 확인하기 위하여 실시한다.
(2) 본조사는 일반화되고 표준화된 조사 및 시험방법들을 사업규모 및 필요한 정보에 따라 선택적으로 조합하여 자격요건을 갖춘 기술자가 실시하며, 표준방법이 없거나 일반적인 방법이 아닌 경우에는 발주자의 승인을 받은 후에 실시한다.
(3) 본조사에서 실시하는 조사는 사업규모 및 필요한 정보에 따라 조사대상 비탈면에 대하여 다음과 같은 조사를 선택적으로 실시할 수 있다.

① 지형판독
② 지표지질조사
③ 물리탐사
④ 시험굴 및 시추조사
⑤ 현장조사 및 시험
⑥ 실내시험
⑦ 내진설계를 위한 조사
⑧ 수문 및 지하수 조사 등

(4) 비탈면의 파괴와 붕괴가능성, 낙석의 가능성, 토석류, 대규모 단층대, 지하수 용수 문제가 예상되는 구간에 대한 조사는 본조사 외에 제3장 3.5 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조사를 참고하여 실시한다.

(5) 민원, 지형여건, 환경훼손 등의 이유로 본조사 단계에서 시추조사를 실시하지 못한 경우는 지표지질조사, 물리탐사 등 여건이 허락하는 시험을 수행하여 지층의 구성을 파악한다.

3.4.2 본조사 내용

(1) 지형판독 및 지표지질조사(geologic survey)

① 지형판독은 지형도, 지질도, 항공사진 등을 이용하여 문제지형(파괴지형, 돌서렁(talus)지형, 단층지형 등), 노두상황, 식생상황, 토지이용 상황 및 기타 광역적인 지질구조선 등을 확인하기 위하여 실시한다.

② 지표지질조사는 현지답사를 통하여 지형, 지표면 토질상태, 노두의 발달상태, 용수상황, 불안정한 지형 및 지질구조의 특성 등을 개괄적으로 파악하여 응용지질도를 작성하고 사업대상부지의 발생 가능한 문제점을 검토하여 설계의 기본 자료로 활용하기 위하여 실시한다.

③ 비탈면 사업대상 부지내에 콘크리트 구조물의 열화 및 토양오염 등을 야기할 수 있는 산성배수 발생 여부를 조사한다.

④ 지형판독 및 지표지질조사 결과를 종합하여 물리탐사 및 검층 계획을 수행한다.

(2) 물리탐사

① 물리탐사는 지반의 지구물리학적 특성을 조사하여 지층의 연속적인 특성 및

이상구간과 내진설계 필요시 지진응답특성을 평가하기 위한 지반의 동적 특성 등을 파악하기 위하여 실시한다.

② 비탈면의 조사를 위하여 실시하는 물리탐사 방법은 탄성파탐사, 전기탐사, 음파탐사, 탄성파토모그래피탐사 또는 이와 동등이상의 결과를 얻을 수 있는 물리탐사 및 검층 방법들을 적용할 수 있다.

③ 비탈면 설계에서 권장되는 최소 물리탐사 적용기준은 표 3.1과 같다.

표 3.1 물리탐사 적용기준

구 분	적용기준
깎기비탈면	- 깎기 높이 20m 이상, 연장 200m 이상 구간에 실시하는 것을 기본으로 하고 그 이하 규모일지라도 불안정 요인을 내포할 가능성이 예상될 때에는 추가 수행할 수 있음
쌓기비탈면	- 일반적으로 실시하지 않음 - 원지반의 지하공동, 연약지반분포, 지질구조선의 분포 등을 파악하기 위하여 필요한 경우 실시
내진설계 필요시	- 지진응답특성 평가를 위하여 지반의 동적 특성 등을 파악

(3) 시추조사

① 시추조사는 심도별 지층구성과 지하수위를 파악하고 교란시료 및 암석시료를 채취하며, 시추공을 이용한 현장시험 등을 수행하기 위하여 실시한다.

② 시추는 원칙적으로 NX규격의 이중 코어배럴을 사용하고, 풍화대와 파쇄대 등에서는 코어회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중 코어배럴이나 D-3 샘플러를 사용할 수 있다.

③ 지층구성 파악을 위한 시추횟수와 심도는 비탈면 규모, 예상되는 문제의 종류와 범위, 요구되는 지반조사 자료의 정밀도에 따라 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 결정하며, 지층이 불규칙하거나 주요구조물 인근에서는 시추빈도를 늘려 실시할 수 있다. 비탈면 설계에서 최소 시추조사 기준은 표 3.2와 같다.

④ 시추공 내에서의 최종 지하수위는 시추 종료 최소 72시간 경과 후 안정 지하수위를 측정하는 것을 기본으로 하고, 72시간 이내인 경우에는 시추공내 회복

수위를 측정하여 결정한다.

⑤ 모든 시험이 종료된 후에는 지하수법에 의거하여 폐공처리 하여야 한다.

⑥ 시추조사에서 시료채취는 지반의 육안관찰과 각종 시험을 실시하기 위하여 실시한다. 시료채취 방법과 특징은 KS F 2317, KS F 2319를 참고한다.

표 3.2 시추조사 최소 적용기준

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">적용기준</th></tr>
<tr><th>개소별</th><th>공통</th></tr>
<tr><td rowspan="2">깎기 비탈면</td><td>일반 비탈면</td><td>• 깎기 높이 20m 미만 비탈면에 대해 1개소 시추
• 대표 비탈면 단면에 대하여 비탈면 경계부 위치에서 부지계획면 아래 2m 이상 시추</td><td rowspan="2">• 연장이 긴 경우는 200m 마다 시추조사 추가
• 불안정 요인을 갖는 지형, 지질에 해당하는 경우 추가
• NX 규격 시추실시, 전구간 교란시료 및 코어 회수
• 필요시 물리탐사를 실시하여 시추위치 결정</td></tr>
<tr><td>대규모 비탈면</td><td>• 깎기 높이 20m 이상 비탈면에 대해서 최소 2개소 시추
• 비탈면의 대표 단면에 대하여 비탈면 경계부와 비탈면 중간부에서 부지계획면 아래 2m 이상 시추, 비탈면 중간부 시추는 경암 노출시 경암 2m 아래 이상 시추</td></tr>
<tr><td colspan="2">쌓기비탈면</td><td colspan="2">• 쌓기구간 내 대표단면 또는 구조물 위치에서 최소 1회 실시 (필요시 물리탐사를 실시하여 시추위치 결정)
• 일반구간은 기본설계와 실시설계 모두 쌓기연장 500 m 간격으로 시추조사를 추가하고, 연약지반구간은 기본설계 시 100~ 200 m 간격, 실시설계 시 50 ~ 100 m 간격으로 시추조사 추가
• 지지층의 종류를 판단할 수 있는 깊이까지 실시
(일반구간은 풍화토 N 30이상 3회 확인 또는 풍화암 확인, 연약지반구간은 연약지반 통과 후 견고한 지층 3 ~ 5 m 확인)
• 시추규격 및 시료채취시 NX 규격 적용
• 연약지반 예상지역에서는 현지 여건을 감안하여 핸드오거보링을 200m 마다 시행하고, 일반구간은 300m 마다 시행 (단면 변화 지점 및 지질상태가 급변하는 지점에서는 추가 실시)</td></tr>
</table>

* 이 기준은 일반적인 최소권장사항이며 대상비탈면별 또는 사업규모에 따라 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 시추조사 계획을 수립하여 실시한다.

(4) 현장시험

① 현장시험은 현장에서 흙과 암의 특성을 확인하거나 현장시험 결과를 직접적으로 설계에 이용하기 위하여 실시한다.

② 현장시험의 항목과 빈도는 비탈면의 규모, 현장여건, 대상 지반의 강도 및 변형특성 등 해석하고자 하는 내용에 반드시 필요한 지반특성 을 감안하여 결정하며, 시험항목별로 대상 지반에서의 적용성을 검토하여 실시한다.

(5) 실내시험

① 실내시험은 현장에서 채취된 교란 또는 불교란 시료에 대하여 지반의 물리적 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

② 실내시험은 비탈면의 규모, 비탈면의 지반조건, 지형 및 지질구조의 변화정도 등을 감안하여 시험빈도와 내용을 결정한다.

③ 실내시험은 원칙적으로 한국산업규격(KS F)에 제시된 시험방법에 따라서 수행한다. 암석시험은 한국암반공학회 및 국제암반공학회(ISRM)에서 권장하는 시험방법을 적용할 수 있다. 한국산업규격과 ISRM에서 명시되지 않은 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법을 준용하여 사용할 수 있다.

(6) 내진설계를 위한 조사

① 대상부지의 지진응답특성 평가를 위하여 시추조사, 현장시험 및 실내시험을 수행하여 다양한 변형율 상태에서의 지층별 동적물성을 정량화하고 이 결과를 토대로 설계 지반가속도계수를 결정한다. 현장조사 및 시험, 실내시험이 여의치 않은 경우에 한하여 기존자료를 이용할 수도 있다.

② 지반 또는 구조물의 지진에 대한 저항성 평가를 위해서는 지반의 지층별 전단강도를 추정하고 다양한 지진동을 모사하여 변형율 크기별 변형계수와 감쇠특성을 파악하여야 한다.

3.5 불안정 요인을 갖는 지형·지질 조사

(1) 불안정 지형·지질 요인을 갖는 비탈면에서는 각각의 불안정 요인에 따라 적절하게 조사방법과 조사범위를 설정하여 안정성 확보를 위한 상세한 설계를 실시하여야 한다.

(2) 비탈면 파괴 또는 산사태 지역에 대한 조사에는 예비조사 및 본조사에서 실시하는

조사방법을 바탕으로 비탈면의 활동요인 및 파괴토체의 기하학적 특성을 규명하고 파괴토체의 활동으로 인해 예상되는 위험도를 평가하기 위한 조사가 포함되어야 한다.

(3) 불안정 지형·지질조건에서 붕괴성 요인을 갖는 비탈면은 시공 후 장기적으로 지속적인 문제를 유발시킬 가능성이 높기 때문에 각각의 붕괴요인별로 적합한 조사를 실시하여야 한다.

(4) 낙석에 대한 조사는 급경사의 깎기비탈면 상부에 낙석이 발생 가능하고 낙석발생시 비탈면 하부의 시설물 및 인명에 위험성이 있는 경우에 실시한다.

(5) 토석류 발생가능 구간에 대한 조사는 과거에 토석류가 발생하였거나 계곡부의 유역면적이 매우 넓고 경사가 급한 경우에 실시한다.

3.6 시공 중 조사

(1) 설계단계에서 조사된 결과가 시공단계에서 상이하게 나타나거나, 설계단계에서 조사가 미비한 항목, 녹화공법의 적용, 배수시설의 적용, 그리고 시공 중에 확인된 불안정 지질구간에 대해서 설계 확인 및 보완을 목적으로 시공 중 보완조사를 실시한다.

(2) 시공중 조사는 비탈면의 형상, 규모, 지질상태, 불연속면 지하수 특성 등 제반 특성을 조사하는 깎기면 현황도 작성(face mapping)을 기본으로 수행한다. 단, 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 토사비탈면이나 높이 5m미만의 암반비탈면의 경우 현황도 작성은 생략할 수 있다.

(3) 설계단계에서 조사가 미비한 항목, 시공 중 불안정한 지질구간이 나타나는 등 당초 조사된 결과와 시공단계에서의 지반조건이 상이하게 나타나는 경우에는 깎기면 현황도 작성(face mapping)을 실시하고, 위험요인이 있는 경우에는 본조사를 추가로 수행하여 안정성 검토를 실시하고 시공에 반영한다.

(4) 녹화공법 적용을 위한 조사는 기상, 지질, 비탈면형상, 토양특성에 대한 조사를 포함하며, 필요시에는 공법별 시험적용을 실시하여 결정할 수 있다.

(5) 배수시설 적용을 위한 조사는 비탈면상부에서 유입되는 표면수, 계곡부 유량, 비탈면표면의 용수여부를 포함한다. 필요한 경우에는 관측정을 설치하여 비탈면내의 지하수위를 관찰한다.

3.7 성과정리 및 지반특성 평가

3.7.1 조사결과의 정리

(1) 각 조사단계별로 수행한 조사결과는 수행한 내용을 체계적으로 일목요연하게 정리하여 보고서로 작성한다.

(2) 지표지질조사 결과는 조사한 내용을 정리하여 응용지질도로 작성한다.

(3) 시추조사 결과는 일정 양식의 시추주상도로 정리한다. 시추조사에서 채취된 시료는 일정 규격의 시료상자에 보관하고 보고서에는 사진을 촬영하여 정리한다.

(4) 시추주상도의 내용은 토질 및 암반분류에 적용가능하고 비탈면 안정 평가에 적합하도록 작성하여야 한다.

(5) 현장시험 결과는 각각 목적에 적합한 정보가 자세히 나타날 수 있도록 일정한 양식에 정리하고, 시험결과가 도표로 나타나는 경우는 그 결과를 제시한다.

(6) 실내시험 결과는 각각 목적에 적합한 정보가 자세히 나타날 수 있도록 일정한 양식에 정리하고, 시험결과가 도표로 나타나는 경우는 그 결과를 제시한다.

(7) 조사결과를 종합하여 비탈면에 대한 지형지질도 및 지층단면도를 작성하여야 한다.

3.7.2 지반의 분류기준

(1) 지반분류는 조사와 시험으로부터 수집된 제반 정보를 토대로 수행한다. 흙과 암반의 경계구분은 시추조사 결과와 흙 및 암에 대한 특성 및 기본적인 성분 조사 결과를 이용하여 판정한다.

(2) 토층은 지질학적 생성기원에 따라 구분하고, 흙의 분류방법은 공학적 분류기준인 흙의 통일분류법(USCS, Unified Soil Classification System)을 이용한다.

(3) 암반의 분류방법은 분류 목적 및 특성에 따라 다양한 방법이 있으며, 목적에 따라 적합한 분류방법을 선택하여 사용한다.

① 지질학적 암석명에 의한 분류

② 공학적 특성을 이용한 점수배점을 이용한 분류 (RMR, SMR 등)

③ 강도 및 풍화도를 이용한 분류

④ 불연속면의 상태에 따른 분류

⑤ 탄성파 속도 및 시공성에 따른 분류방법 등

3.7.3 지반 특성 평가

(1) 지반의 물리적 특성은 흙의 경우 입도분포, 간극율, 상대밀도, 단위중량, 자연함수비, 유기질 함량 등이며, 암석의 경우 구성광물, 단위중량, 함수비, 간극율, 흡수율, 슬레이크 내구성 등이 있으며, 이러한 특성들은 지반을 분류하고 물리적 상태 변화 및 발생 가능한 상태를 이해하는데 사용될 수 있다.

(2) 물리적 특성 중 흙과 암석의 단위중량은 충분한 정확도로 결정되어야 하며, 채취된 불교란 시료로부터 구한다. 불교란 시료를 채취할 수 없을 때는 현장시험을 통해 구할 수 있다.

(3) 흙의 역학적 특성은 강도특성, 변형특성, 투수특성 등이 있으며, 설계에서 적용하는 값은 현장조사, 원위치시험, 토질시험결과뿐만 아니라 과거 문헌 조사, 기존 시험자료조사 등을 종합적으로 참고하여 판단한다.

(4) 흙의 강도는 일축압축강도, 삼축압축강도(Mohr-Coulomb 전단강도 정수), 마찰면에 대한 전단강도 정수로 구분하며 현장 시험과 실내시험 결과로부터 구할 수 있다. 흙의 강도는 최대강도, 잔류강도의 구분과 배수전단강도, 비배수전단강도를 구분하여 신중히 결정한다.

(5) 흙의 변형특성은 비선형 특성을 나타내며, 변형계수는 사용하고자 하는 변형량의 정도에 따라서 접선탄성계수 또는 할선탄성계수로 표현한다. 흙의 변형특성은 흙의 종류와 상태에 따라서 많은 차이를 나타내므로 시험 및 상관 관계식 등을 통해 신중하게 값을 선정하여야 한다.

(6) 비탈면 내부의 침투수 해석을 수행하기 위해서는 지하수위와 함께 불포화 또는 포화된 흙의 투수 특성과 지표면 침투 특성이 필요하다. 이러한 특성은 포화투수계수, 불포화함수 특성곡선, 지표침투특성 등을 측정하는 시험을 통해 구할 수 있다. 암반의 경우에는 현장수압시험을 수행하여 투수 특성을 정량화한다.

(7) 암의 역학적 특성은 암석의 강도특성, 변형특성, 투수특성 및 암석 불연속면의 전단특성 등이 있으며, 설계에서 적용하는 값은 현장조사, 원위치시험, 토질시험결과뿐만 아니라 과거 문헌조사, 기존 시험자료조사 등을 종합적으로 참고하여 판단한다.

(8) 암석의 강도는 일축압축강도, 삼축압축강도(Mohr-Coulomb 전단강도 정수) 등이 있으며 현장시험과 실내시험 결과로부터 구할 수 있다.

(9) 암의 변형특성은 크게 무결암의 변형특성과 암반의 변형특성으로 구분하며, 암석종류, 풍화상태, 불연속면의 발달 상태에 따라서 많은 차이를 나타내므로 시험과 과거의 경험을 토대로 신중하게 산정한다. 암반의 변형특성은 실제 규모의 시험을 실시하거나, 공내재하시험 또는 암반분류방법에서 구한 값과의 상관관계를 이용하여 산정할 수 있다.

(10) 암반비탈면의 안정해석에서 불연속면의 전단강도는 매우 중요한 부분이며 절리면전단시험을 실시하여 산정하는 것을 원칙으로 하며, 현장에서 조사한 절리면의 거칠기와 절리면벽면강도를 고려한 전단강도 공식을 이용하여 산정할 수도 있다. 절리면에 충전물질이 거칠기 높이보다 두껍게 충전되어 있는 경우는 절리면 전단강도는 충전물질의 전단강도에 좌우되는 것으로 간주한다.

(11) 깎기비탈면에서 암반노출시 풍화에 따른 암반물성의 저감특성을 고려하여 설계시점부터 공용중 재해에 의한 피해 감소 방안을 마련하여야 한다.

제 4 장 쌓기비탈면 설계

4.1 적용범위

이 장은 도로, 철도, 택지 등의 건설공사에서 만들어지는 쌓기비탈면의 설계에 적용한다.

4.2 설계일반사항

(1) 쌓기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하도록 설계하여야 한다. 또한, 장기적으로 유지관리가 최소가 되도록 하여야 하며, 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 설계하여야 한다.

(2) 쌓기비탈면 설계시 고려하여야 하는 사항은 다음과 같다.

① 지형조건에 따른 쌓기계획

② 비탈면 안정해석 및 경사와 소단의 결정

③ 지하수 및 지표수의 배수계획

④ 장기적인 비탈면표면보호 방법

⑤ 유지관리를 위한 점검시설

⑥ 시공 중 관리방안

4.3 쌓기비탈면 적용기준

(1) 쌓기비탈면 높이는 원지반 조건, 지형조건, 쌓기재료의 특성, 주변 환경조건, 경제적인 여건을 고려하여 결정한다. 일반적으로 최대높이는 10m 전후로 하고 안정해석과 제반 여건을 고려한 후에 더 높게 쌓을 수 있다.

(2) 쌓기비탈면 경사는 원지반의 형상 및 강도, 쌓기재료의 형상 및 강도 등을 고려하여 비탈면 안정해석을 수행하여 결정하며, 경사를 변경하고자 하는 경우에는 안정성을 재검토한다. 비탈면높이가 10m 미만인 경우에는 4.4절 표준경사 및 소단기준에서 제시하는 표준경사를 적용할 수 있다.

(3) 경사도가 1:4보다 급한 원지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 원지반 표면에 층따기를

실시하여 원지반과 쌓기 지반과의 밀착을 도모하고 쌓기토체의 변형 및 활동을 방지하도록 하여야 한다.

(4) 한쪽깎기·한쪽쌓기구간은 경계부에서 급격한 침하로 인한 단차가 발생하기 쉬우므로 깎기구간과 쌓기구간의 접속부는 점진적으로 경사지게 연속이 되도록 하여야 한다.

(5) 흙쌓기 비탈면은 비탈면 경사의 선정, 소단의 설치, 비탈면 녹화의 필요성, 비탈면 다짐방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계한다.

(6) 연약지반 흙쌓기시에는 연약지반의 두께, 물리적·역학적 특성에 따라 쌓기속도를 고려하여 안정적인 시공이 이루어지도록 하여야 한다.

(7) 쌓기재는 쌓기 대상물 특성에 적합한 재료 및 다짐 기준을 만족하여야 한다.

4.4 표준경사 및 소단기준

(1) 쌓기비탈면의 경사는 별도의 비탈면 안정해석을 통해 결정하는 것이 원칙이나, 높이 10m미만일 경우에는 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 4.1의 표준경사를 적용할 수 있다.

표 4.1 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, 암버력	0~5	1:1.5	1:1.5
	5~10	1:1.8	1:1.8~1:2.0
	10초과	별도검토	별도검토
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	별도검토	별도검토
*1) 상기표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함 2) 비탈면높이는 비탈어깨에서 비탈끝까지 수직높이임			

(2) 비탈면높이가 5m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~

10m 높이에 폭 1~3m의 소단을 설치한다. 장비진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

4.5 연약지반 흙쌓기

(1) 연약지반에서 흙쌓기시의 문제는 파괴에 대한 안정성, 침하 또는 변형으로 대별되므로 설계 및 시공 시에는 쌓기체의 안정 및 침하에 대한 검토와 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

(2) 연약지반 상에 흙쌓기를 하는 경우 연약지반 두께, 특성 등에 따라 안정적인 시공이 이루어 질 수 있도록 쌓기 속도를 정하여야 한다.

(3) 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공 시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리 방안을 강구하여야 한다.

(4) 본 기준은 연약지반상의 흙쌓기에 대한 일반적인 내용을 기술하므로 비탈면의 형상이나 규모, 연약지반의 토질특성이나 지층 구성이 크게 다른 경우에는 별도로 검토하여야 한다.

4.6 흙쌓기 재료 및 다짐

(1) 쌓기재는 쌓기 대상물 특성별로 구분하여 각각의 재료에 대한 기준을 만족하는 재료를 사용하여야 한다.

(2) 쌓기 대상물은 각각의 다짐기준을 만족하도록 하여야 한다.

(3) 흙쌓기 비탈면은 흙쌓기 본체와 동시에 대형 다짐 장비를 사용하여 균일하게 다짐하는 것을 원칙으로 한다.

4.7 안정해석

4.7.1 안정해석 조건

(1) 쌓기비탈면이 다음 조건에 해당하는 경우에는 반드시 안정해석을 실시한다.
- ① 비탈면높이가 10m 이상인 경우
- ② 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우
- ③ 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우
- ④ 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 (경사지반, 계곡부 쌓기)
- ⑤ 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우
- ⑥ 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등)
- ⑦ 내진안정해석이 필요한 경우
- ⑧ 위 조건 외에 설계자가 필요하다고 판단하는 경우

(2) 쌓기비탈면의 안정해석은 쌓기재료의 특성과 지하수 조건에 대하여 충분히 고려하여야 한다. 쌓기비탈면의 원지반이 불안정한 경우는 원지반까지 파괴가 발생하는 경우도 고려한다.

4.7.2 파괴형태와 원인

(1) 비탈면에서 발생하는 파괴형태는 지반종류, 지층조건과 외부적인 유발원인에 따라 매우 다양하며, 지반종류 및 지층조건에 따른 전형적인 파괴형태는 원호파괴, 평면파괴, 유동파괴(flow failure) 등이 있다. 토사와 암반의 중간상태 지반조건에서는 두 가지 지반조건에서 발생하는 파괴형태가 모두 발생하기도 하고 복합적으로 발생할 수도 있다.

(2) 비탈면 안정해석 시에는 조사결과를 토대로 다음의 파괴유발원인을 고려하여 해석을 수행하여야 한다.
- ① 응력조건 변화 : 비탈면 하부 굴착 및 상부 쌓기, 구조물 증설 등
- ② 지하수의 증가 : 강우로 인한 침투, 배수조건 변화 등
- ③ 지반상태 변화 : 풍화 등으로 인한 비탈면 재료의 특성 변화 등
- ④ 지진동 하중 : 발파진동, 지진 등으로 인한 동적하중

4.7.3 안정해석시 고려사항

(1) 쌓기비탈면 안정해석 시 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행한다.

(2) 비탈면 안정해석은 비탈면 지반조건과 장단기적인 배수조건을 고려하여 유효응력해석 또는 전응력해석을 수행한다. 이때, 해석은 배수조건에 따라 시험한 강도정수를 사용한다.

(3) 연약지반 비탈면 안정해석은 단기 및 장기로 구분하여 실시하여야 하며 연약지반 심도에 따른 강도특성 및 압밀에 따른 강도증가, 공용중 교통하중등을 고려하여야 한다.

(4) 연약지반 쌓기 안정계산은 안정 검토를 위한 하나의 수단이며, 많은 가정과 불확정 요소를 포함하고 있기 때문에, 설계에 있어서는 기존의 자료와 그 외의 조건을 추가하여 종합적으로 쌓기체의 안정을 검토하여야 하며, 시공시에는 지반 거동 관측에 따른 관리를 중시하여야 한다.

4.7.4 안전율 기준

(1) 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 전단강도와 전단응력 비율, 저항력과 작용하중의 비율 또는 저항모멘트와 작용모멘트의 비율로 계산한다.

(2) 기준안전율은 일반 쌓기비탈면과 연약지반 쌓기비탈면으로 구분하며 안정해석 방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 기준안전율은 표 4.2 및 4.3과 같다.

표 4.2 일반쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

구 분		기준안전율	참 조
장기	건기	FS > 1.5	· 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.3	· 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 · 한쪽쌓기 한쪽깍기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 · 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진시	FS > 1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기		FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토			

표 4.3 연약지반 쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

구 분		기준안전율	참 조
장기	건기	FS > 1.3	· 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.2	· 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 · 한쪽쌓기 한쪽깍기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 · 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진시	FS > 1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기		FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용

4.7.5 해석방법

(1) 비탈면 안정성 해석은 다음의 방법을 이용할 수 있다.
  ① 한계평형해석방법 (LEM, Limit Equilibrium Analysis Method)
  ② 유한요소해석법 (FEM, Finite Element Analysis Method)
  ③ 유한차분해석법 (FDM, Finite Difference Analysis Method) 등
(2) 비탈면에서 발생하는 변위 또는 지반내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다.

4.7.6 안정해석 기준

(1) 쌓기비탈면의 안정해석은 토사비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 메커니즘에 적합한 해석방법과 지반정수를 선정하여 수행한다.
(2) 안정해석은 시공중 및 공용중으로 구분하여 실시하여야 하며, 공용중 해석은 교통하중 등 상재하중을 고려하여야 한다.
(3) 시공중 검토인 경우는 전응력 해석을, 공용중 검토인 경우는 유효응력해석을 수행하며 배수가 잘 안되는 흙에 대해서는 공용중이라도 전응력해석을 수행 할 수 있다.
(4) 안정해석시 원지반과 쌓기재의 침하를 구분하여 안정해석을 수행하는 것이 바람직하다.

4.8 쌓기비탈면의 배수시설

(1) 쌓기토체의 파괴 및 붕괴는 강우에 의한 침투수, 비탈면에서의 용수, 지표수 배수시설의 불량에 기인한 누수 등에 의해 발생하는 경우가 많다. 쌓기비탈면의 장기적인 안정을 도모하기 위해서는 쌓기토체 하부, 내부 및 표면에 지하수 배수시설과 지표수 배수시설을 설치하여 침투수 및 용수를 적절히 배수시킬 있도록 설계하여야 한다.
(2) 쌓기비탈면의 배수시설 설계빈도와 배수시설의 설계시 고려사항은 제18장 지표수 배수시설, 제19장 지하수 배수시설을 따른다.

(3) 우수가 침투하기 쉽고 우수에 의한 강도저하가 심한 토질이나 높은 함수비의 원지반에 높은 흙쌓기를 하여야 할 때는 흙쌓기 비탈면 내에 배수층을 만들어 비탈면의 안정을 도모하여야 하며, 배수층은 투수성이 좋은 모래나 자갈 등을 사용하여야 한다.
(4) 흙쌓기부의 지하배수구는 흙쌓기 및 비탈면의 안정과 함께 쌓기부의 압밀 침하를 고려하여 설계하여야 한다.
(5) 산간부 도로에서 흙쌓기로 소류지 또는 늪을 막는 경우, 규모가 작다하더라도 맹암거 등 지하수를 배제할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.

4.9 쌓기비탈면의 계측

4.9.1 계측계획 수립

(1) 쌓기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화 등을 측정하고 이로부터 설계시 예측한 거동이 적절했는지를 확인하여 구체적인 설계를 하거나, 기 설계된 내용을 보완하거나 향후 유지관리를 고려하여 계획한다.
(2) 설계단계에서는 예상되는 비탈면 거동을 확인하기 위하여 계측항목, 계측위치, 계측수량, 계측빈도 등에 대한 구체적인 계획을 사전에 수립하여야 하며, 계측 중에 예상치 못한 거동이 관측된 경우에 계측범위, 계측위치 및 빈도를 조절할 수 있도록 하여야 한다.
(3) 계측계획은 설계자와 계측기기의 작동원리 및 적용성에 대한 지식을 가진 전문가와 협의하여 수립하여야 한다.
(4) 시공단계에서는 비탈면의 변형이나 붕괴형태를 사전에 예상하고 계측목적에 부합하는 계측기 선정이나 배치, 계측방법, 관리기준치 설정 등을 검토하여 계측계획을 작성하여야 한다.

4.9.2 계측기준

(1) 비탈면의 시공상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행 할 수 있으며 비탈면 거동을 잘 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토가 이루어져야 한다.

(2) 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직간접적인 인자를 계측하는데 필요한 항목으로서 침하거동 특성, 파괴면의 형태, 범위 등 비탈면 거동을 가장 잘 파악하기 위한 종류를 우선적으로 고려하며 계측기의 내구성, 배치 형태, 빈도 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 계측기의 배치는 비탈면의 붕괴 및 활동 특성, 지형적 위치, 계측기 설치 편의성, 계측기의 관리 편의성, 비용 등을 고려하여야 하며, 비탈면의 변동 상황을 최소한의 계측기로 효과적으로 파악할 수 있도록 배치하여야 한다.

(4) 계측기간과 빈도는 측정하고자 하는 계측 값의 변화정도와 변화의 지속시간과 관련되며 비탈면의 파괴속도가 빠른 경우 또는 변화가 있는 경우에는 측정빈도를 높여 측정하여야 하고 변화가 장기간 지속되는 경우에는 측정기간도 이에 맞춰 측정하여야 한다.

(5) 흙쌓기 비탈면의 계측기 매설위치는 비탈면 자체 및 원지반이나 인접구조물의 거동을 충분히 고려하고 유사한 조건하에서 계측 예를 참고로 하여 선정하여야 한다.

(6) 연약지반 비탈면에 대한 계측관리는 대표지역에 대한 중점관리 구간과 기타 일상관리 구간으로 나누어 관리하도록 설계에 반영하여야 한다.

제 5 장 깎기비탈면 설계

5.1 적용범위

이 장은 도로, 철도, 택지 등의 건설공사에서 만들어지는 깎기비탈면의 설계에 적용한다.

5.2 설계일반사항

(1) 깎기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하고, 장기적인 유지관리가 최소가 되어야 하며 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 한다.

(2) 설계시 고려해야 하는 사항은 다음과 같다.

① 지형조건에 따른 깎기계획

② 비탈면 안정해석 및 경사와 소단의 결정

③ 지하수 및 지표수의 배수계획

④ 장기적인 비탈면표면보호 방법

⑤ 유지관리를 위한 점검시설

⑥ 시공 중 관리방안

5.3 깎기비탈면 적용기준

(1) 자연지반은 매우 복잡하고 불균질하며 깎기 후의 비탈면은 시간이 지남에 따라 풍화, 강우침투 등으로 인하여 점차로 불안정해지므로 깎기비탈면 설계시에는 장기적인 안정성과 지속적인 유지관리를 감안하여 설계하여야 한다.

(2) 깎기비탈면의 경사는 지반조사 및 시험성과, 시추조사시 코어회수율(TCR) 과 암질지수(RQD), 불연속면의 발달방향과 특성, 풍화정도 등을 고려하여 구간별로 안정성 분석을 실시하고 그 결과에 의해서 결정한다. 풍화암 이하의 강도를 갖는 비탈면일 경우 5.4절 표준경사 및 소단기준을 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 적용할 수 있다.

(3) 시공단계에서는 비탈면을 굴착한 상태에서 비탈면 현황도(face mapping)를 작성

하고 안정성 검토를 재수행하는 등 시공중 조사를 실시하여 안정성을 검토하여야 한다.

(4) 깎기비탈면은 유사한 지반조건에 대해서는 동일한 경사를 적용하며, 지반 조건의 차이가 발생하는 부분의 경계부에는 소단을 설치하고 각각의 지반조건에 적합한 경사를 적용한다. 지반조건의 차이가 급격하게 변화하는 경우는 비탈면 경사를 점진적으로 변화시켜 전체적인 안정성을 도모할 수 있도록 설계한다. 암반부 내에서도 암반의 특성이 급격히 변화하는 곳에는 소단을 설치한다.

5.4 표준경사 및 소단기준

5.4.1 표준경사

(1) 깎기비탈면의 경사는 별도의 안정해석을 수행하여 결정하는 것이 원칙이나 풍화암 이하의 강도를 갖는 비탈면의 경우, 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 5.1과 같이 표준경사를 적용할 수 있다.

표 5.1 토사원지반 깎기비탈면 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 이외에 대해서는 별도로 고려한다.
2. 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 경사이다.

(2) 연암 이상 암반비탈면의 경사는 암반내에 발달하는 단층 및 주요 불연속면의 경사 및 방향을 이용한 평사투영해석을 실시하고 발생가능한 파괴형태에 대한 안정해석을 실시하여 비탈면의 경사를 결정하여야 한다. 다만, 해당 구간 불연속면 등의 암반특성을 정확히 파악할 수 없을 경우 시추조사에 의해 파악된 암반특성(TCR, RQD 등)을 고려하여 암반비탈면의 경사를 결정할 수 있으나 반드시 시공중 조사 및 이를 반영한 안정해석을 통해 안정성을 확인하여야 한다.

5.4.2 소단

깎기비탈면의 높이가 10m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~20m 높이마다 폭은 1~3m의 소단을 설치한다. 장비 진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

5.5 안정해석

5.5.1 일반사항

(1) 설계단계에서는 조사결과뿐만 아니라 비탈면 주변의 지형적, 수리적, 시설물 등의 상황과 인근의 유사한 지반조건에서의 비탈면 시공사례 등을 종합적으로 검토하여 수행하여야 한다.

(2) 설계단계에서 깎기비탈면에 대한 안정해석을 정밀하게 수행하는 것은 한계가 있다. 따라서 시공단계에서 추가조사를 실시하고 깎기 작업이 어느 정도 진행된 단계에서 전반적으로 노출된 암질상태와 불연속면의 상태를 조사하여 설계를 보완할 수 있도록 시방서에 명시하여야 한다.

5.5.2 안정해석시 고려사항

(1) 비탈면 안정해석시 지하수 조건은 지반조사 결과 및 지형조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 실시한다.

(2) 강우의 침투를 고려한 해석을 실시할 경우, 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수

조건 및 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시한다.

(3) 토사 비탈면 안정해석은 비탈면내의 지하수위 및 시공속도에 따른 장단기적인 배수조건을 고려하여 유효응력해석 또는 전응력해석을 수행한다.

(4) 불연속면에 기인한 파괴가 예상되는 암반비탈면의 경우에는 불연속면의 전단강도를 이용하여 안정해석을 수행한다.

5.5.3 안전율 기준

(1) 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 전단강도와 전단응력 비율, 저항력과 작용하중의 비율 또는 저항모멘트와 작용모멘트의 비율로 계산한다.

(2) 기준안전율은 안정해석방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 장기적인 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 기준안전율은 표 5.2와 같다.

표 5.2 깎기비탈면 안정해석시 적용하는 기준 안전율

구 분		기준안전율	참 조
장기	건기	FS > 1.5	· 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.2 또는 FS > 1.3	· 연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 ½심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 FS=1.2를 적용 · 토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수위를 결정하여 해석하는 방법 또는 강우의 침투를 고려한 방법 사용 가능 · 지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정한 근거를 명확히 기술 (FS=1.2적용) · 강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장

			지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술 (FS=1.3적용)
	지진시	FS > 1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기		FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토			

5.5.4 해석방법

(1) 깎기비탈면은 토사부분과 암반부분으로 구분하고 파괴형태, 지반조건 및 지하수 조건을 적절하게 모사할 수 있는 해석방법을 적용하며 비탈면의 중요도 및 필요한 결과에 따라 해석방법을 선택적으로 적용한다.

(2) 깎기비탈면에서 적용하는 안정해석방법은 다음 방법을 이용할 수 있다.

① 토사비탈면: 한계평형해석법, 연속체해석(유한차분법, 유한요소법 등)

② 암반비탈면: SMR방법, 평사투영해석, 한계평형해석, 연속체해석, 불연속체해석(개별요소법 등)

(3) 비탈면에서 발생하는 변위 또는 지반내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다. 뚜렷한 불연속면 구조가 발달한 암반비탈면은 개별요소법을 적용할 수 있다.

5.5.5 안정해석 기준

(1) 깎기비탈면의 안정해석은 깎기비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 메커니즘에 적합한 해석방법을 선정하여 수행한다.

(2) 토사비탈면 안정해석은 한계평형해석에 근거한 안전율에 의해 판단하는 것을 기본으로 하며 중요도가 큰 비탈면에 대해서는 유한요소법 및 유한차분법 등의 해석기법을 적용하여 안정성을 판단한다.

(3) 암반비탈면 안정해석은 불연속면의 경사와 방향성, 불연속면의 특성으로부터 평사투영해석을 실시하여 파괴가능성과 파괴유형을 결정하고, 이를 바탕으로 파괴가능성을 가진 비탈면에 대하여 불연속면의 특성과 지하수조건을 고려한 한계평형해석으로 안정해석을 실시한다. 전체적인 암질과 불연속면 방향성을 고려한 SMR분류법을 이용하여 예비적인 안정검토를 수행할 수 있으며, 불연속면에 의해 구분되는 암반비탈면의 변형특성 등 상세한 거동을 확인하고자 할 때는 개별요소법에 의한 방법을 이용할 수 있다.

5.6 깎기비탈면의 배수시설

(1) 깎기비탈면의 배수시설은 비탈면 안정에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하므로 깎기비탈면 내부로 유입되는 표면수를 억제시키고, 표면수와 지하수는 신속하게 배수시키는 시설을 설치하여 표면수 및 용수를 적절히 처리할 수 있도록 설계한다.

(2) 깎기비탈면의 배수시설 설계와 고려사항은 제18장 지표수 배수시설, 제19장 지하수 배수시설을 따른다.

5.7 깎기비탈면의 발파설계

5.7.1 암발파 기준

(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 한다.

(2) 암발파 공법은 보안물건(가옥, 상가, 축사, 아파트 등)의 진동 및 소음 허용기준에 의거하여 이격거리에 따라 적절한 발파공법이 적용되어야 한다.

(3) 노천발파의 보안물건에 대한 발파진동 및 소음 허용기준은 국토해양부와 환경부의 허용기준에 의거 설계를 실시하며, 특수시설물과 특수한 환경여건에 대해서는 발파영향권 분석에 의거 별도기준을 제시할 수 있다.

(4) 발파진동 추정식은 현장 시험발파를 통하여 결정해야 하나, 설계단계에서는 현실적으로 곤란하므로 국토해양부에서 제시한 진동추정식을 이용하여 발파영향 예측 및 발파공법을 선정할 수 있다.

5.7.2 암발파 설계

(1) 현장조사를 기초로 하여 설계지역의 보안물건에 대한 발파영향권 분석을 실시하여 영향여부를 평가하고, 암발파에 따른 소음·진동 등을 측정, 관리하여 저감대책 방안을 수립하여야 한다.

(2) 현장조사 결과에 의하여 축사, 보안물건이 존재할 경우 존치와 수용 혹은 보상시의 발파공법에 따른 경제성을 검토하여 제시하여야 한다.

(3) 발파공법은 보안물건의 진동, 소음 허용기준에 따라 이격거리별로 지발당장약량을 산출하여 지발당장약량 기준에 의거 표준발파공법을 선정하여야 한다.

(4) 선정된 발파공법은 평면도와 횡단면도로 구분하여 제시하고, 해당 발파공법별로 표준발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시하여야 한다.

(5) 암파쇄 굴착공법은 지반조사 결과의 암반강도와 특성을 감안하고 시공성과 경제성을 고려하고 인근 지역 설계사례 등을 검토하여 선정하여야 한다.

5.8 깎기비탈면의 계측

5.8.1 계측계획 수립

(1) 깎기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화 등을 측정하고 이로부터 설계시 예측한 거동이 적절했는지를 확인하여 구체적인 설계를 하거나, 기 설계된 내용을 보완하거나 향후 유지관리를 고려하여 계획한다.

(2) 설계단계에서는 예상되는 비탈면 거동을 확인하기 위하여 계측방법, 계측항목, 계측위치, 계측수량, 계측빈도 등에 대한 구체적인 계획을 사전에 수립하여야 하며, 계측 중에 예상치 못한 거동이 관측된 경우에 계측범위, 계측위치 및 빈도를 조절할 수 있도록 하여야 한다.

(3) 계측계획은 설계자와 계측기기의 작동원리 및 적용성에 대한 지식을 가진 전문가와 협의하여 수립하여야 한다.

(4) 시공단계에서는 비탈면의 변형이나 붕괴형태를 사전에 예상하고 계측목적에 부합하는 계측기 선정이나 배치, 계측방법, 관리기준치 설정 등을 검토하여 계측계획을 작성하여야 한다.

5.8.2 계측기준

(1) 비탈면의 시공상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행 할 수 있으며 비탈면 거동을 잘 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토가 이뤄져야 한다.

(2) 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직간접적인 인자를 계측하는데 필요한 항목으로서 파괴면의 형태, 범위 등 비탈면 거동을 가장 잘 파악하기 위한 종류를 우선적으로 고려하며 계측기의 내구성, 배치 형태, 빈도 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 계측기의 배치는 비탈면의 붕괴 및 활동 특성, 지형적 위치, 계측기 설치 편의성, 계측기의 관리 편의성, 비용 등을 고려하여야 하며, 비탈면의 변동 상황을 최소한의 계측기로 효과적으로 파악할 수 있도록 배치하여야 한다.

(4) 계측기간과 빈도는 측정하고자 하는 계측 값의 변화정도와 변화의 지속시간과 관련되며 비탈면의 파괴속도가 빠른 경우 또는 변화가 있는 경우에는 측정빈도를 높여 측정하여야 하고 변화가 장기간 지속되는 경우에는 측정기간도 이에 맞춰 측정하여야 한다.

(5) 깎기 비탈면의 계측기 설치위치는 비탈면 자체 및 불연속면 등에 의해 이완된 암반의 거동을 충분히 고려하고 유사한 조건하에서 계측 예를 참고로 하여 선정하여야 한다.

제 6 장 앵 커

6.1 적용범위

이 장은 비탈면 보강을 위한 앵커의 설계에 적용한다.

6.2 재료의 특성

6.2.1 긴장재와 정착구

(1) 긴장재에 사용하는 재료는 KS에 규정된 강선, 강연선 및 강봉 등의 고강도 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.
(2) 정착구는 앵커에 가하는 긴장력을 견딜 수 있는 재료를 사용하고 장기적으로 앵커 긴장력을 보존해줄 수 있는 구조를 가진 것을 사용한다.
(3) 영구앵커의 경우, 향후 유지관리를 위하여 재긴장 및 긴장력 완화가 가능한 형식의 정착구를 사용하여야 하며 강선 길이를 여유있게 두어야 한다.
(4) 긴장재 및 정착구는 부식에 강한 재료 또는 구조를 가진 것을 사용하여야 한다.

6.2.2 그라우트

(1) 앵커체를 형성하는 주입재는 시멘트 그라우트 및 기타 시멘트 혼합재를 사용한다.
(2) 그라우트는 필요한 강도와 내구성을 갖고 긴장재와 정착 지반과의 틈을 꽉 채울 수 있는 성질을 갖고 있어야 한다.

6.3 설계일반사항

6.3.1 설계목표

(1) 앵커의 설계목표는 앵커로 보강된 비탈면이 장, 단기적으로 파괴에 대한 안정성을 확보하는 것이다.

(2) 앵커로 보강된 비탈면은 설계수명기간동안 비탈면의 변형, 앵커 구성 요소 등의 파손이 발생하지 않아야 한다.

6.3.2 앵커 적용기준

(1) 앵커의 간격과 길이는 앵커로 고정되는 비탈면의 전체적인 안정성을 고려하여 결정하며, 적절하게 분산 배치하여 지반에 고른 저항력이 발휘되도록 설계한다.
(2) 앵커를 설치하는 지반 내에 구조물, 말뚝, 또는 지중시설이 있는 경우에는 이들 시설물의 위치를 고려하여 앵커를 배치하여야 하며 앵커설치로 인한 영향을 고려하여야 한다.
(3) 앵커길이의 결정에 있어서 앵커자유장은 4.5m 이상을 확보해야 하며 비탈면 안정해석 결과를 토대로 예상파괴면 보다 최소 1.5m 이상 더 깊게 설정하고, 앵커정착장은 내적안정해석에서 계산된 설계인장력을 확보하는 길이로 한다.
(4) 앵커정착부는 지표면으로부터 최소 5m 이상 지반피복두께를 확보한다.

6.3.3 내진설계 여부

(1) 앵커로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, 제25장 25.3.1 비탈면의 내진등급을 참고한다.
(2) 앵커로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석은 6.5 지진시 안정해석 및 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

6.4 앵커보강 비탈면의 설계

6.4.1 검토항목

앵커의 설계는 다음 항목을 고려한다.
① 앵커보강 비탈면의 전체 안정성
② 앵커의 내적안정성
③ 지압판의 설계

6.4.2 안전율 기준

앵커로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

표 6.1 앵커보강 비탈면의 안전율

구분	검토항목	적용안전율
외적 안정	보강비탈면의 안정성	쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용

표 6.2 앵커의 극한인발력에 대한 기준안전율

앵커의 종류		사용기간	극한인발력에 대한 안전율
가설앵커		2년 미만	1.5
영구앵커	평상시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5~2.0

표 6.3 앵커의 허용인장력

앵커의 종류		사용기간	긴장재 극한하중(T_{us})에 대하여	긴장재 항복하중(T_{ys})에 대하여
가설앵커		2년 미만	0.65 T_{us}	0.80 T_{ys}
영구앵커	평상시	2년 이상	0.60 T_{us}	0.75 T_{ys}
	지진시	2년 이상	0.75 T_{us}	0.90 T_{ys}

6.4.3 앵커의 내적안정해석과 설계앵커력의 결정

(1) 앵커의 내적안정해석은 다음 내적파괴형태를 고려한다.
  ① 앵커 긴장재 자체의 파단
  ② 앵커체에서 그라우트와 주면지반 사이의 파괴
  ③ 앵커체에서 그라우트와 긴장재 사이의 파괴
(2) 설계앵커력은 내적파괴형태를 고려하여 계산된 최소의 허용앵커력으로 한다.

6.4.4 앵커보강 비탈면의 안정해석

(1) 앵커보강 비탈면의 안정해석은 비탈면의 파괴형태에 따라 예상파괴면에서의 앵커보강에 의한 저항력을 고려하여 실시한다.
(2) 예상파괴면에서 앵커의 저항력은 내적안정해석에서 계산한 허용인장력과 허용인발력 중 작은 값으로 하며, 앵커의 전단저항력은 고려하지 않는다.
(3) 안정해석은 앵커로 보강된 구간의 내부와 외부로 발생하는 모든 형태의 파괴형태에 대하여 안정하도록 앵커의 길이와 간격을 조절하면서 반복적으로 수행한다.

6.4.5 초기긴장력의 설정

(1) 앵커에 가하는 초기긴장력은 보강하고자 하는 지반의 특성과 전체적인 안정성을 고려하여 결정한다.
(2) 초기긴장력의 결정시 고려해야 하는 사항은 앵커의 저항 개념, 긴장재 정착 직후의 긴장력 감소, 정착지반의 크리프, 긴장재의 릴랙세이션 등이 있다.

6.4.6 지압판 설계

(1) 지압판은 앵커의 긴장력이 비탈면 표면의 지반에 고르게 전달되도록 앵커두부에 설치하는 구조물로서 비탈면 표면과 밀착되어야 하며, 긴장력을 충분히 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.
(2) 지압판은 콘크리트 뿜어붙이기, 현장타설 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트, 강판 등을 사용할 수 있다.

6.5 지진시 안정해석

(1) 지진시 앵커로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 내적안정과 외적안정성을 검토한다.
(2) 앵커로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.
(3) 지진에 의한 지진계수는 제25장 25.4 설계지반운동의 결정에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용한다.

제 7 장 네 일

7.1 적용범위

이 장은 비탈면 보강을 위한 네일과 전면판의 설계에 적용한다.

7.2 재료의 특성

7.2.1 네일 및 정착판

(1) 네일재료는 KS에 규정된 이형봉강 및 강봉 등의 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.
(2) 네일재료는 부식에 강한 재료 또는 구조를 가진 것을 사용하여야 한다.
(3) 설계에서 적용하는 네일의 설계인장강도는 부식 및 나사가공에 의한 단면감소 등을 고려한 장기 허용인장강도를 사용한다.
(4) 정착판은 네일에 발생하는 하중을 장기적으로 견딜 수 있는 재료를 사용한다.

7.2.2 그라우트

(1) 그라우트는 필요한 강도와 내구성을 갖고 네일과 천공 지반 사이의 틈을 꽉 채울 수 있는 성질을 갖고 있어야 한다.
(2) 네일 주입재는 시멘트 그라우트 및 기타 시멘트 혼합재를 사용한다.

7.3 설계일반사항

7.3.1 설계목표

(1) 네일의 설계목표는 네일로 보강된 비탈면의 장기적인 파괴에 대한 안정성을 확보하는 것이다.
(2) 네일로 보강된 비탈면은 설계수명기간동안 보강된 비탈면의 변형과 파괴, 네일 구성 요소의 파손이 발생하지 않아야 한다.

7.3.2 네일 적용기준

(1) 네일의 간격과 길이는 네일로 고정되는 비탈면의 전체적인 안정성을 고려하여 결정하며, 적절하게 분산 배치하여 지반에 고른 저항력이 발휘되도록 설계한다.
(2) 네일을 설치하는 지반 내에 구조물, 말뚝, 또는 지중시설이 있는 경우에는 이들 시설물의 위치를 고려하여 네일을 배치하여야 하며 네일 설치로 인한 영향을 고려하여야 한다.
(3) 지반조건이 네일의 적용에 적합하지 않을 경우에는 가급적 적용하지 않아야 하며, 적용시에는 각각의 적용 제한조건에 대한 보완방안을 고려한 후에 적용하여야 한다.
(4) 네일의 보강재 두부는 전면판과 보강재가 구조적으로 일체가 되도록 정착판과 너트를 사용하여 견고하게 결합하여야 한다.
(5) 보강재가 천공 구멍의 중심에 위치하도록 스페이서를 설치하여야 한다.

7.3.3 내진설계 여부

(1) 네일로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, 제25장 25.3.1 비탈면의 내진등급을 참고한다.
(2) 네일로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석은 7.6 지진시 안정해석 및 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

7.4 네일 보강 비탈면의 설계

7.4.1 검토항목

네일의 안정해석은 다음 항목을 고려하여 실시하여야 한다.
① 네일 보강 비탈면의 전체 안정성
② 네일의 인발저항력
③ 그라우트와 보강재 사이의 부착력
④ 전면판의 설계

7.4.2 안전율 기준

네일로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

표 7.1 네일 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목		안전율
외적 안정	네일로 보강된 비탈면의 전체적인 안정성		쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적 안정	네일의 인장 및 전단	평상시	2.0
		지진시	1.5
	네일의 극한인발력	평상시	3.0
		지진시	2.0

7.4.3 네일의 내적안정해석

(1) 네일의 내적안정해석은 다음 내적파괴형태를 고려한다.
① 네일 재료 자체의 파단
② 파괴면 바깥쪽의 저항영역에 근입된 네일의 인발파괴
(2) 네일의 내적안정해석에서는 각각의 내적파괴모드에 대하여 저항력을 구하고 이 값 중에서 최소값을 최대인발저항력으로 한다.
(3) 네일의 전단저항력을 고려하는 경우에는 최대인발저항력이 발휘될 때 네일 내부에 발휘되는 전단력을 최대전단력으로 한다.

7.4.4 네일 보강 비탈면의 안정해석

(1) 네일 보강 비탈면의 안정해석방법은 파괴면에서의 네일에 의한 저항력을 고려하여 안정해석을 실시한다.
(2) 네일로 보강된 비탈면에서 발생하는 파괴면의 형태는 원호, 이중쐐기, 단일쐐기 등으로 가정할 수 있으며, 지반조건 및 하중조건에 따른 예상파괴형태를 신중히 고려하여 해석에서 사용하는 파괴면의 형태를 결정한다. 기존 파괴된 비탈면인 경우는 실제 파괴형태와 범위를 고려하여 결정한다.
(3) 파괴면에서 보강재의 저항력은 내적안정해석에서 계산한 인장력과 인발저항력의

최소값으로 하며, 휨이나 전단 저항의 역할이 확실하다고 판단된 경우에는 이를 고려할 수 있다.
(4) 안정해석은 네일로 보강된 구간의 내부와 외부로 발생하는 모든 형태의 파괴형태에 대하여 안정하도록 네일의 길이와 간격을 조절하면서 반복적으로 수행한다.

7.4.5 전면판의 설계

(1) 전면판은 네일두부 부근의 지표면 유실을 방지하고 네일두부에 작용하는 인장력과 토압에 저항하는 중요한 구조물이므로 전면판은 네일과 구조적으로 일체가 되도록 설계하여야 한다.
(2) 전면판의 설계는 네일두부에 작용하는 인장력과 전면판 배면에 작용하는 토압 등에 대한 힘의 평형조건을 만족하여야 한다. 이때 전면판에 가해지는 하중은 전면판 배면에 균등하게 작용하는 것으로 하며, 전면판의 보강효과는 보강 비탈면 안정해석시 고려하지 않는다.
(3) 네일 1개당 전면판에 작용하는 하중은 네일의 설계인장력(P_D)에 전면판 형식에 따른 저감계수(μ)를 곱한 값과 전면판 1개에 작용하는 주동토압의 크기(P_a)를 비교하여 큰 값을 적용하며, 전면판의 단위면적당 작용하는 하중(p)는 다음과 같다.

$$T_0 = \max \begin{cases} P = \mu P_D \\ P = P_a \end{cases}$$

$$p = \frac{T_o}{S_v \cdot S_h}$$

여기서, T_o : 네일 1개당 전면판에 작용하는 토압의 크기(kN)
P_D : 네일 1개의 설계인장력(kN)
μ : 전면판 형식에 따른 저감계수
P_a : 네일 1개당 전면판에 작용하는 주동토압의 크기(kN)
p : 전면판의 단위면적당 작용하는 토압(kN/㎡)
S_v, S_h : 네일의 수직, 수평간격(m)

(4) 전면판의 설계는 콘크리트구조설계기준을 참조하여 (3)에서 구한 하중에 하중

계수를 고려하여 다음의 항목을 검토한다.

① 전면판 자체의 휨파괴

② 네일두부의 주변에 발생하는 국부적인 전단파괴

7.5 배수시설

(1) 전면판은 수압의 영향을 고려하지 않으므로 네일공법은 반드시 배수시설을 고려하여야 한다. 배수시설의 설치는 계절적인 지하수위와 지표에서의 침투, 상부배수시설로부터의 누수가 발생하더라도 원활한 배수가 되도록 하여야 한다.

(2) 네일공법에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

① 배수구멍(weephole)

② 수평배수공

③ 전면판 배면에 설치하는 수직배수재

④ 전면판 상부에 표면수 유입을 위해 설치하는 배수로

7.6 지진시 안정해석

(1) 지진시 네일로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 내적안정과 외적안정성을 검토한다.

(2) 네일로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 제25장 비탈면 내진설계기준에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용하여 산정한다.

제 8 장 록볼트

8.1 적용범위

이 장은 암반비탈면의 보강을 위한 록볼트의 설계에 적용한다.

8.2 재료의 특성

8.2.1 록볼트 및 정착판

(1) 록볼트 재료는 KS에 규정된 이형봉강 및 강봉 등의 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.
(2) 비탈면 보강용 록볼트는 일반적으로 인장재로 간주하므로 지반의 급격한 붕괴를 방지하기 위해서 인장강도가 큰 것을 사용한다. 록볼트를 장기적으로 적용하는 경우는 부식 저항성이 큰 재료를 사용한다.
(3) 정착판은 록볼트를 암반과 밀착시키는 역할을 하는 부재로 록볼트에 발생하는 하중을 장기적으로 견딜 수 있는 재료를 사용한다.

8.2.2 그라우트

(1) 그라우트는 조기 접착력이 크고, 취급이 간단하여야 하며 내구성 및 경제성이 우수하여야 한다.
(2) 일반적으로 사용되는 그라우트의 재료에는 시멘트계와 수지계가 있으며, 지반과의 마찰저항력이 충분히 발휘될 수 있도록 설계한다.

8.3 설계일반사항

8.3.1 설계목표

(1) 록볼트의 설계목표는 록볼트로 보강된 암반비탈면의 장기적인 파괴에 대한 안정성을 확보하는 것이다.

(2) 설계수명기간 동안 비탈면의 변형과 파괴, 록볼트 구성 요소의 파손이 발생하지 않아야 한다.

8.3.2 록볼트 적용기준

(1) 록볼트는 보강이 필요한 부분의 상태 또는 규모에 따라 보강되는 부분의 안정성이 확보되도록 랜덤볼트 또는 패턴볼트형식으로 설계한다.
(2) 록볼트는 현장용접이나 이음재를 이용하여 연결되는 부분이 최소가 되도록 한다.
(3) 지반조건이 록볼트의 적용에 적합하지 않을 경우에는 가급적 적용하지 않아야 하며, 적용시에는 각각의 적용 제한조건에 대한 보완방안을 고려한 후에 적용하여야 한다.

8.3.3 내진설계 여부

(1) 록볼트로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, 제25장 25.3.1 비탈면의 내진등급을 참고한다.
(2) 록볼트로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석은 8.5 지진시 안정해석 및 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

8.4 록볼트 보강 비탈면의 안정해석

8.4.1 검토항목

록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석은 불안정한 구간을 안정화시키기 위한 록볼트의 소요개수를 검토하며, 록볼트의 저항력은 파괴면과 이루는 각도를 고려하여 결정한다.

8.4.2 안전율 기준

록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

표 8.1 록볼트 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목		안전율
외적 안정	록볼트로 보강된 비탈면의 전체적인 안정성		쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적 안정	보강재의 인장강도	평상시	2.0
		지진시	1.5

8.4.3 록볼트 설계

(1) 록볼트 길이는 탈락이 예상되는 암반구간을 안정시킬 수 있도록 여유있게 결정한다.

(2) 록볼트의 설치수량은 보강하고자 하는 암괴의 크기를 고려한 평형조건으로부터 소요 보강력을 구하고 기준안전율을 고려하여 필요한 개수를 산정한다.

8.5 지진시 안정해석

(1) 지진시 록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 외적안정성을 검토한다.

(2) 록볼트로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 제25장 비탈면 내진설계기준에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용하여 산정한다.

제 9 장 억지말뚝

9.1 적용범위

이 장은 비탈면 보강을 위한 억지말뚝의 설계에 적용한다.

9.2 설계일반사항

9.2.1 설계목표

(1) 억지말뚝의 설계목표는 억지말뚝으로 보강된 비탈면을 장기적으로 안정하게 만드는 것이다.

(2) 억지말뚝은 설계수명기간동안 보강된 비탈면의 파괴, 변형 및 억지말뚝 구성 요소의 파손이 발생하지 않아야 한다.

9.2.2 억지말뚝 적용기준

(1) 억지말뚝은 파괴토체의 중간위치 또는 하부위치에 파괴토체의 이동방향에 직각되는 방향으로 열을 이루며 설치한다.

(2) 파괴토체의 범위가 큰 경우에는 파괴토체 중간에 여러 열의 억지말뚝을 설치하여 안정성을 증대시킬 수 있다. 또한 1열의 억지말뚝으로 파괴토체의 활동력을 억제하지 못하는 경우는 2열~3열의 억지말뚝을 군말뚝 형태로 설치할 수 있으며, 이때는 억지말뚝의 머리 부분을 강결시켜 일체화되게 거동시킨다.

(3) 억지말뚝두부의 횡방향 변위를 억제시키기 위하여 앵커를 이용할 수 있으며, 이때 앵커는 예상파괴면 하부의 지지층에 정착시켜야 한다.

9.2.3 내진설계 여부

(1) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, 제25장 25.3.1 비탈면의 내진등급을 참고한다.

(2) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석은 9.4.1 지진시 안정해석 및 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

9.3 억지말뚝보강 비탈면의 설계

9.3.1 검토항목

억지말뚝의 안정해석은 다음 항목을 고려하여 실시한다.

(1) 억지말뚝 보강비탈면의 전체 안정성

(2) 억지말뚝의 내적안정성 (모멘트, 전단)

(3) 수동파괴에 대한 안정해석

9.3.2 안전율 기준

억지말뚝으로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다. 지진시의 안정성은 보강되기 전의 비탈면의 내진설계기준을 따른다.

표 9.1 억지말뚝 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목	안전율
외적 안정	억지말뚝으로 보강된 비탈면의 전체 안정성	쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적 안정	모멘트에 대한 안정성	2.0
	전단력에 대한 안정성	2.0
	수동파괴에 대한 안정성	2.0

9.3.3 억지말뚝의 허용단면력

(1) 억지말뚝은 모멘트와 전단력으로 비탈면의 대규모 활동력에 저항하므로 휨강성이 크고 장기적인 내구성 및 부식에 저항을 가진 재료와 구조를 사용하며, 허용단면력은 말뚝의 항복응력, 전단강도 및 단면계수를 사용하여 계산한다.

(2) 두 가지 이상의 재료를 사용한 합성단면의 억지말뚝은 각 재료의 변형특성과 면적비를 고려하여 저항모멘트와 전단저항력을 계산한다.

9.3.4 억지말뚝의 내적안정해석

(1) 억지말뚝의 내적안정해석은 모멘트와 전단력에 대한 안정성을 검토하며 다음의 기준 안전율을 만족하여야 한다.

$$\frac{M_n}{M_{\max}} \geq FS \ , \qquad \frac{S_n}{S_{\max}} \geq FS$$

여기서, M_n : 저항모멘트

S_n : 전단저항력

$M_{\max}$: 억지말뚝내에 발생하는 최대모멘트

$S_{\max}$: 억지말뚝내에 발생하는 최대전단력

(2) 억지말뚝 배면의 파괴토체가 횡방향반력을 발휘하는 경우는 파괴면에서 최대전단력($S_{\max}$)이 발생한다고 가정하고 탄성지반상의 보에 대한 탄성해를 구하여 최대모멘트($M_{\max}$)를 계산한다.

(3) 억지말뚝 배면의 파괴토체가 횡방향반력을 발휘하지 않는 경우는 억지말뚝을 캔틸레버로 가정하고 탄성지반상의 보에 대한 탄성해를 구하여 최대전단력과 최대모멘트를 계산한다. 이때 최대전단력과 최대모멘트의 작용위치는 파괴면 하부에 위치한다.

9.3.5 수동파괴에 대한 안정해석

(1) 억지말뚝은 말뚝주변지반의 수동토압으로 저항하므로 주변지반이 항복상태에 도달하는지 여부를 검토한다.

(2) 안정해석은 말뚝에 작용하는 최대전단력보다 수동토압이 크면 안정한 것으로 간주하며, 다음 식을 만족하여야 한다.

$$\frac{Q_p}{H_{\max}} \geqq FS$$

여기서, Q_p : 억지말뚝 주변의 수동토압

$H_{\max}$: 말뚝의 최대수평력

9.3.6 억지말뚝 보강 비탈면의 안정해석

(1) 억지말뚝 보강비탈면의 안정해석방법은 비탈면의 파괴형태에 따라 파괴면에서의 억지말뚝에 의한 저항력을 고려하여 실시한다.

(2) 억지력은 말뚝의 전단저항력에 의해 발휘되는 것으로 간주하며, 억지말뚝의 설치방향과 파괴면의 방향을 고려하여 파괴면에 작용시킨다.

(3) 억지력은 파괴에 저항하는 힘의 증가로 고려하며, 파괴활동력의 감소로 고려하지 않는다.

9.3.7 말뚝 간격과 근입길이

(1) 억지말뚝의 설치간격은 말뚝사이로 파괴토체가 빠져나가지 않아야 하고, 말뚝에 발생하는 최대모멘트와 최대전단력이 각각 말뚝부재의 저항모멘트와 전단저항력을 초과하지 않도록 결정한다.

(2) 억지말뚝은 파괴면 하부에 연직 및 횡방향 지지력이 확보되는 깊이까지 충분히 근입시켜야 한다.

9.4 기타 고려사항

9.4.1 지진시 안정해석

(1) 지진시 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 안정해석은 지진하중으로 증가되는 활동력을 억지말뚝으로 저항시키기 위해 수행한다.

(2) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진계수는 제25장 25.4 설계지반운동의 결정에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용한다.

제 10 장 콘크리트 옹벽

10.1 적용범위

이 장은 비탈면의 안정성을 유지하고 옹벽 전면과 배면에 공간을 확보하기 위해 설치하는 콘크리트 옹벽 설계에 적용한다.

10.2 설계일반사항

10.2.1 설계목표

(1) 콘크리트 옹벽의 설계목표는 콘크리트 옹벽과 기초지반 사이의 파괴, 콘크리트 옹벽 배면 지반의 파괴 및 콘크리트 옹벽을 지지하는 지반의 파괴가 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
(2) 콘크리트 옹벽은 설계수명기간동안 과도한 변형 및 파괴가 발생하지 않아야 한다.

10.2.2 옹벽적용기준

(1) 콘크리트 옹벽의 형식은 중력식, 반중력식, 캔틸레버식, 부벽식 등이 있으며, 콘크리트 옹벽의 구조형식은 다음의 사항을 고려하여 결정한다.
  ① 콘크리트 옹벽이 설치될 위치와 다른 구조물과의 관계, 공간적 제약
  ② 콘크리트 옹벽의 높이 및 옹벽이 설치되는 지형
  ③ 지반조건과 지하수조건
  ④ 시공에 소요되는 시간 및 경제성
  ⑤ 콘크리트 옹벽의 미관과 유지관리의 편의성
(2) 콘크리트 옹벽 기초는 지지지반의 조건에 따라 직접기초, 말뚝기초 등의 적절한 기초형식을 선정한다.

10.2.3 내진설계 여부

(1) 콘크리트 옹벽의 내진설계는 다음에 해당하는 경우에 수행한다.
  ① 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에 의해 2종 시설물로 분류되는 규모인 경우
  ② 콘크리트 옹벽 상부와 하부의 피해범위 내에 내진설계를 요하는 주구조물 또는 1, 2종 시설물이 있는 경우
  ③ 발주자가 요구하거나 설계자가 필요하다고 판단하는 경우
(2) 콘크리트 옹벽의 지진시 안정해석은 10.5 지진시 콘크리트 옹벽의 안정해석 및 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

10.3 설계하중

10.3.1 하중 종류

(1) 콘크리트 옹벽에 설계시 고려하는 하중은 콘크리트 옹벽의 사용기간 중에 발생 가능한 모든 형태의 하중조합을 고려하여 설계한다.
(2) 콘크리트 옹벽의 안정해석시 고려하는 하중의 종류는 다음과 같다.
  ① 콘크리트 옹벽과 뒤채움의 자중 등 고정하중
  ② 콘크리트 옹벽에 작용하는 토압과 상재 하중에 의한 토압증가량
  ③ 배수가 되지 않는 조건에서는 수압과 부력
  ④ 콘크리트 옹벽에 직접 작용하는 외력
  ⑤ 지진에 의한 하중 등

10.3.2 자중

(1) 콘크리트 옹벽에 작용하는 자중은 옹벽의 자중과 뒤채움 흙의 자중으로 한다.
(2) 자중은 콘크리트와 흙의 일반적인 단위중량을 적용하며, 실제 하중이 명백한 경우는 그 값을 사용한다.

10.3.3 토압

(1) 콘크리트 옹벽에 작용하는 토압은 벽체의 변위에 따라서 주동, 수동, 정지토압이 있으며, 실제 옹벽의 변형조건에 따라 적절한 토압을 작용시킨다. 토압은 콘크리트 옹벽 배면에 삼각형 분포 하중으로 작용시킨다.

(2) 토압 계산방법은 Coulomb 토압, Rankine 토압을 적용할 수 있다. 일반적인 경우는 Coulomb 토압을 사용하고, 캔틸레버 옹벽과 같이 가상배면에 토압을 작용시키는 경우는 Rankine 토압을 이용하여 계산할 수 있다.

(3) 콘크리트 옹벽 배면의 뒤채움 형상이 불규칙하거나 상재하중 조건이 불규칙한 경우는 Coulomb의 흙쐐기 이론에 기초한 시행쐐기법을 이용한다.

10.3.4 상재하중에 의한 토압

(1) 콘크리트 옹벽 배면에 건설장비의 이동, 자재야적 및 도로에 가해지는 윤하중 등에 의한 일시하중 또는 구조물의 기초에 의한 영구하중이 작용하는 경우는 이를 설계에 고려한다.

(2) 일시적인 하중을 고려하기 위하여 콘크리트 옹벽 배면지반에는 10kN/㎡의 등분포 하중이 작용하는 것으로 간주하여 콘크리트 옹벽의 안정해석과 구조검토를 실시한다.

(3) 콘크리트 옹벽 벽체 또는 가상배면으로부터 파괴면이 표면과 만나는 지점 내에 집중하중, 선하중, 구조물에 의한 하중이 작용하는 경우는 이에 의해 콘크리트 옹벽에 가해지는 수평토압의 증가량을 고려한다. 상재하중에 의한 수평토압의 증가량은 탄성지반에 작용하는 하중을 고려한 이론해를 이용할 수 있다.

10.3.5 수압과 부력

(1) 콘크리트 옹벽 배면에 물이 고여 있는 상태로 존재하게 되는 경우에는 콘크리트 옹벽에 직접 작용하는 하중으로서 수압을 고려하여야 한다. 이때 수면 아래의 토압을 계산할 때는 수중단위중량을 이용한다.

(2) 콘크리트 옹벽 배면의 뒤채움 내부에 배수시설 또는 배수층을 별도로 설치한 경우에는 콘크리트 옹벽 배면 내에 존재하는 정상상태의 수두를 고려하여 가상

배면 또는 시행쐐기에 작용하는 수압으로 작용시킨다. 단, 배수층에 의해 가상배면범위 내에 수위가 발생하지 않도록 한 경우에는 수압을 고려하지 않을 수 있다.

10.3.6 옹벽에 직접 작용하는 하중

콘크리트 옹벽 구조물 상단에 무시할 수 없는 규모의 연속적인 벽체구조물이 설치되는 경우에는 이들 구조물로부터 전달되는 하중을 고려하여 옹벽의 외적안정성과 콘크리트 옹벽 구조물 벽체를 설계하여야 한다.

10.3.7 깎기 경계구간의 토압

콘크리트 옹벽 배면의 원지반을 깎기(또는 그대로 둔 상태)하여 옹벽을 설치하고 뒤채움 하는 경우에는 파괴면이 이론적인 범위와 달라질 수 있으므로 깎기면 또는 자연지반면을 파괴면으로 간주하여 토압을 계산한다.

10.4 콘크리트 옹벽의 설계

10.4.1 검토항목

콘크리트 옹벽의 안정해석은 다양한 하중조건하에서 한계상태가 발생하지 않도록 하는 것이며 다음의 항목에 대하여 검토한다.

① 활동파괴(sliding failure)
② 전도파괴(overturning failure)
③ 지지력 파괴(bearing capacity failure)
④ 전체안정성(overall stability)
⑤ 기초지반의 침하(settlement)

10.4.2 안전율 기준

콘크리트 옹벽의 안정해석에서 적용하는 기준 안전율은 표 10.1과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 10.1 옹벽의 기준안전율

검토항목	평상시	지진시
활동(sliding)	1.5 / 2.0	1.2
전도(overturning)	2.0	1.5
지지력(bearing capacity)	3.0	2.0
전체안정성(overall stability)	1.2~1.5	1.1
* 옹벽전면 흙에 대한 수동토압을 활동저항력에 포함한 경우의 안전율		

10.4.3 활동 안정성

(1) 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 콘크리트 옹벽 저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토하여야 한다.

(2) 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{S_R}{S_D} > FS$$

여기서, S_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

S_D : 활동력(sliding force)

(3) 점성토지반상의 콘크리트 옹벽기초에 대해서는 지반의 건조수축과 침하로 인하여 지반과 기초사이의 이격이 생길가능성을 고려하여야 한다. 콘크리트 옹벽 전면 흙의 수동토압을 활동 저항력으로 고려하고자 하는 경우에는 기초 전면 흙이 장기적으로 유지될 수 있는지 여부를 확인하여야 한다.

10.4.4 활동저항력의 증가

(1) 횡방향 하중에 대한 활동저항력을 증가시키기 위하여 기초 저판하부에 돌출된 활동방지벽(shear key)을 설치하거나 또는 지반과 접하는 기초를 경사지게 설치하는 방법이 있다.

(2) 활동방지벽을 설치한 경우 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 지반의 저항력과 활동방지벽에 의한 저항력을 함께 고려한다.

$$FS = \frac{S_R + R_{key}}{S_D}$$

여기서, S_R : 기초저면의 활동저항력

R_{key} : 활동방지벽에 의한 활동저항력

S_D : 활동력

(3) 기초저면을 경사지게 하더라도 역학적으로 지지력에 대한 문제는 없으나 쉽게 흐트러지기 쉬운 지반조건에서는 주의한다.

10.4.5 전도 안정성

(1) 전도는 콘크리트 옹벽의 앞굽을 중심으로 콘크리트 옹벽 전체가 앞으로 회전하는지 여부에 대하여 검토한다. 옹벽은 배면의 횡방향 토압으로 인해 저판앞굽을 중심으로 전도하므로 옹벽은 이에 대해 충분히 안전하게 저항하여야 한다.

(2) 전도의 검토는 콘크리트 옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{M_R}{M_D} \geq FS$$

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

(3) 별도의 계산을 하지 않더라도, 다음 기준을 만족하면 전도에 대해 안정한 것으로 간주한다.

① 기초지반이 흙인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 1/2B 이내에 있는 경우

② 기초지반이 암인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 3/4B 이내에 있는 경우

10.4.6 지지력 검토

(1) 지지력 검토는 다음과 같이 콘크리트 옹벽 하부에 발생하는 지반반력(q_{max})과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$\frac{q_u}{q_{max}} \geq FS$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

q_{max} : 지반반력

(2) 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(국토해양부)을 참조한다.

10.4.7 전체안정성

(1) 전체안정성은 콘크리트 옹벽을 포함한 기초지반 전체의 안정성을 의미한다. 콘크리트 옹벽이 설치되는 원지반이 특히 점성토 등의 연약 지반인 경우에는 강도에 대한 안정성뿐만 아니라 침하에 대한 안정성도 검토하여야 한다.

(2) 기준안전율이 확보되지 않은 경우는 다음의 방법을 적용하여 지반의 안정성을 향상시킬 수 있다.

① 기초 슬래브 아래에 활동방지벽 추가

② 기초 지반을 하향 조정

③ 말뚝기초 적용

10.5 지진시 안정해석

10.5.1 일반사항

(1) 지진시 콘크리트 옹벽의 안정해석에서는 다음의 사항을 검토한다.

① 기초지반의 액상화에 대한 검토

② 활동에 대한 검토

③ 전도에 대한 검토

④ 지지력에 대한 검토

⑤ 전체 안정성에 대한 검토

(2) 기초지반의 액상화에 대한 검토는 제25장 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

10.5.2 지진시 고려하는 하중

(1) 지진시 콘크리트 옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 실제 작용하는 사하중으로 하며, 설계를 위해 콘크리트 옹벽 배면지반에 작용시키는 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.

(2) 지진시 콘크리트 옹벽에 가해지는 지진하중은 파괴흙쐐기의 자중과 수평지진계수를 곱한 등가지진력으로 하며, 파괴흙쐐기의 중심에 횡방향으로 작용시킨다 (Mononobe-Okabe의 유사정적해석법).

(3) 지진에 의한 수직지진계수(k_v)는 옹벽의 안정성에 미치는 영향이 작으므로 무시하고 수평지진계수(k_h)는 제25장 비탈면 내진설계기준에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용하여 다음과 같이 결정한다.

① 옹벽 벽체의 변위를 254Amm까지 허용하는 경우 : $k_h = 0.5A$

② 옹벽 벽체를 구속하는 경우: $k_h = 1.0A$

③ 앵커 또는 말뚝기초로 옹벽벽체의 변위를 구속하는 경우: $k_h = 1.5A$

10.5.3 지진시 활동 안정성

지진시 활동에 대한 안정성 검토는 지진에 의한 토압을 고려한 활동력과 저항력의 비율이 지진시의 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{S_R}{S_D} > FS$$

여기서, S_R : 지진시 활동저항력 (resisting force to sliding)

S_D : 지진시 활동력 (sliding force)

10.5.4 지진시 전도 안정성

지진시 전도에 대한 안정성은 지진에 의한 토압을 고려한 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율을 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{M_R}{M_D} \geq FS$$

여기서, M_R : 저항모멘트(resisting moment)

M_D : 지진시 토압을 고려한 전도유발모멘트(driving moment)

10.5.5 지진시 지지력 안정성

(1) 지진시 지지력에 대한 안정성은 지진하중을 작용시켰을 때 발생하는 지반반력 (q_{max})과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$\frac{q_u}{q_{max}} \geqq FS \ , \ q_a = \frac{q_u}{FS}$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

q_{max} : 지반반력

q_a : 지반의 허용지지력

(2) 지반의 지지력의 계산은 구조물기초설계기준(국토해양부)을 참조한다.

10.6 콘크리트 옹벽 본체의 설계

콘크리트 옹벽 본체의 구조계산은 콘크리트 구조설계기준(국토해양부)을 따른다.

제 11 장 보강토 옹벽

11.1 적용범위

이 장은 금속 또는 토목섬유 등의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 옹벽의 설계에 적용한다.

11.2 설계일반사항

11.2.1 설계목표

(1) 보강토 옹벽은 설계수명기간 동안 보강토체의 전체적인 안정성이 유지되어야 하며, 벽체를 구성하는 각 구성부재와 연결부가 파괴되지 않아야 한다.
(2) 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 한다.

11.2.2 보강재

(1) 보강토 옹벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.
① 보강목적의 인장강도를 보유하여야 한다.
② 장기설계인장강도 발생시 변형률은 5% 이내이어야 한다.
③ 흙과의 마찰저항력이 수평토압에 저항할 수 있어야 한다.
④ 시공 중의 손상에 대한 저항성을 지녀야 한다.
⑤ 화학, 물리 및 생화학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 한다.
⑥ 금속보강재는 반드시 방식 처리를 하여야 한다.
(2) 보강재의 장기설계인장강도(T_a)는 장기인장강도(T_l)에 안전율을 적용하여 계산한다. 장기인장강도는 재료의 역학적, 장기적인 내구성을 고려하여 결정한다. 금속보강재의 경우는 아연도금을 통한 방청처리를 하고, 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 장기인장강도를 산정하고, 토목섬유 보강재는 장기적인 내구성을 고려한 저감요인을 고려하여 장기인장강도를 산정한다.

11.2.3 뒤채움재료

(1) 보강토 옹벽의 뒤채움재료로 사용하는 흙은 다음의 성질을 갖는 재료를 사용한다.
① 흙-보강재 사이의 마찰효과가 큰 사질토
② 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도 변화가 적은 흙
③ 입도분포가 양호한 흙
④ 보강재의 내구성을 저하시키는 성분이 적은 흙
⑤ 소성지수(PI)가 6이하인 흙
(2) 보강토 옹벽의 안정해석은 장기적인 안정성이며 사용하는 전단강도정수는 유효전단강도정수(c', ϕ')을 사용한다.

11.2.4 보강토 옹벽 적용기준

(1) 보강재의 길이는 전면판 기초부터 벽체높이의 0.7배 이상이어야 하며 최소 2.5m 보다 길어야 한다. 실제 보강재 길이는 상재하중과 외력, 보강재와 뒤채움과의 마찰저항력을 고려하여 최종적으로 결정한다.
(2) 보강재의 설치길이는 전체높이에 걸쳐 동일하게 하며, 특별한 하중조건이나 목적을 위해서 상부나 하부의 보강재 길이를 길거나 짧게 할 수 있다.
(3) 보강재의 수직설치간격은 0.8m를 초과하지 않도록 하고, 최상단 보강재의 설치위치는 전면벽 최상부 표면에서 0.5m 이내로 한다.
(4) 저항영역내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 1.0m 이상이 되어야 한다.
(5) 전면벽체는 기초지반내로 최소 0.5m 이상 근입되어야 한다, 경사지반의 경우에는 0.6m 이상이 되어야 하며, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상 근입시켜야 한다.

11.2.5 내진설계 여부

일정규모 이상의 중요도가 있는 경우 또는 보강토 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 가옥이나 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

11.3 보강토 옹벽의 설계

11.3.1 검토항목

(1) 보강토 옹벽의 안정해석은 외적안정해석과 내적안정해석으로 구분하여 수행한다.
(2) 외적안정과 내적안정에서 검토하는 항목은 다음과 같다.
① 외적안정: 저면활동, 지지력, 전도, 전체안정성, 침하에 대한 안정성
② 내적안정: 인발파괴, 보강재파단, 내적활동, 보강재와 전면판의 연결부 파단

11.3.2 안전율 기준

보강토 옹벽의 안정해석에 적용하는 기준 안전율은 다음과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 11.1 보강토 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

* 전도에 대한 안정은 수직합력의 편심거리 e에 대한 다음 식으로도 평가할 수 있다.
평상시, $e \le L/6$: 기초지반이 흙인 경우,
$e \le L/4$: 기초지반이 암반인 경우
지진시, $e \le L/4$: 기초지반이 흙인 경우,
$e \le L/3$: 기초지반이 암반인 경우
* 보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계인장강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

11.3.3 외적안정해석

보강토 옹벽의 외적안정해석은 보강토체를 중력식 옹벽으로 간주하여 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행한다.
① 저면활동에 대한 검토
② 전도에 대한 검토
③ 지지력에 대한 검토
④ 전체안정성에 대한 검토
보강토 옹벽이 연약지반상에 시공되는 경우에는 기초지반의 침하에 대한 안정성을 검토한다.

11.3.4 내적안정해석

(1) 보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 발생하는 최대작용하중을 계산 후 보강재의 인장파괴와 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.
(2) 파괴면은 각 보강재에 발생하는 최대인장력을 연결한 선이며 형상은 벽체저면에서 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.
(3) 파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대유발인장력(T_{max})은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 계산한다.
(4) 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인발하중보다 보강재의 장기설계인장강도(T_a)가 크거나 또는 인발저항력(P)이 커야 한다.

11.3.5 지진시 안정해석 일반사항

(1) 지진시 보강토 옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 정적상태에서 작용하는 하중과 지진에 의해 작용하는 지진관성력 및 동적토압이며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.

(2) 지진관성력은 보강된 토체의 중량에 의해 작용하는 지진하중이며, 토체의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정하고 보강토체의 도심에 수평으로 작용시킨다.
(3) 동적토압은 보강된 토체 뒷부분의 파괴쐐기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴흙쐐기의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 Mononobe-Okabe(유사정적해석법)의 방법을 이용하여 산정한다.

11.3.6 지진시 외적안정해석

(1) 지진시 외적안정해석에는 제11장 11.3.3 외적안정해석에서와 동일하게 다음의 사항을 검토한다.
① 저면활동에 대한 검토
② 전도에 대한 검토
③ 지지력에 대한 검토
④ 전체안정성에 대한 검토
(2) 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압의 1/2만 작용시켜 안정해석을 실시하며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압은 옹벽높이의 0.6H에 작용시킨다.
(3) 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

11.3.7 지진시 내적안정해석

(1) 지진시의 내적안정해석은 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 하중에 대하여 보강재파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 한다.
(2) 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를 곱하여 산정하고, 활동영역내의 각각의 보강재가 차지하는 면적비율로 지진관성력을 분담하는 것으로 한다.
(3) 지진시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

11.4 보강토 옹벽의 배수시설

(1) 보강토체에 이용되는 뒤채움재료는 비교적 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 이용하지만, 다량의 배면 유입수로 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설을 하여야 한다.
(2) 보강토 옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.
① 보강토체 내부 배수시설
- 전면벽체 배면의 자갈, 쇄석 등 배수층 및 암거
- 전면벽체 배면의 토목섬유 배수재
- 보강토체 내부의 수평배수층
② 보강토체 외부 배수시설
- 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 배수구
- 보강토 옹벽 배면에서 유입되는 용수 처리를 위한 보강토체와 배면토체 사이의 경계면 배수층

제 12 장 돌망태 옹벽

12.1 적용범위

(1) 이 장은 철재 돌망태를 여러 단으로 쌓아 올려 만든 옹벽의 설계에 적용한다.
(2) 뒤채움 내에 보강재를 삽입하고 전면을 돌망태로 쌓은 옹벽은 보강토 옹벽의 기준을 따른다.

12.2 재료의 특성

12.2.1 돌망태

(1) 돌망태에 사용하는 철망은 KS에 규정된 재료를 사용하며, 제작방식에 상관없이 부식방지를 위한 처리가 되어 있어야 한다.
(2) 철망의 일부가 부식 또는 시공 중 손상 등의 이유로 부분적인 파손이 발생하더라도 원래의 형상을 유지하고 옹벽의 기능을 수행할 수 있도록 즉시 보수가 가능하여야 한다.

12.2.2 돌망태 채움재

(1) 돌망태 채움재는 돌망태 옹벽 자체의 중량을 견딜 수 있고 장기적인 내구성을 가진 재료를 사용하여야 한다.
(2) 돌망태 채움재는 철망을 빠져나가지 않도록 망눈의 최대치수보다 큰 것을 사용하되 250mm보다 작은 것을 사용하고 풍화에 약한 퇴적암 계열의 암석은 사용하지 않는다.

12.3 설계일반사항

12.3.1 설계목표

(1) 돌망태 옹벽은 설계수명기간 동안 내·외적 안정성을 유지하도록 설계되어야 한다.
(2) 돌망태 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 하며, 도심지의 경우에는 주변과 어울리도록 미관도 함께 고려되어야 한다.

12.3.2 돌망태 옹벽 적용기준

(1) 돌망태 옹벽을 수직전면형으로 설치하는 경우는 시공 중 변형과 장기적인 안정성을 고려하여 전면부분이 6°~10°이상 뒤로 경사지게 설치한다.
(2) 돌망태의 자중은 돌망태가 모두 지지하도록 배치하며 뒤채움재에 걸쳐 있는 형태로 설치해서는 안 된다.
(3) 돌망태 옹벽은 일반적으로 기초지반내로 약 0.3m 이상 근입되도록 한다. 경사지반의 경우에는 0.6m 이상이 기초지반에 근입되도록 하고, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상까지 근입시킨다.
(4) 돌망태 옹벽의 형태를 유지하는 철망은 방청처리가 되어있지만 시공 중 손상 등의 가능성이 있으므로 산성지반이나 산성오염수가 있는 조건에서는 적용을 주의한다.

12.3.3 내진설계 여부

일정규모 이상의 중요도가 있는 돌망태 옹벽이거나 또는 돌망태 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 중요 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

12.4 돌망태 옹벽의 설계

12.4.1 검토항목

(1) 돌망태 옹벽의 안정해석은 옹벽을 중력식 옹벽으로 간주하여 외적안정성을 검토한다.
(2) 뒤채움과 상재하중에 의해 발생하는 횡방향 토압에 대한 돌망태 옹벽 자체의 파괴에 대해 검토한다.

12.4.2 안전율 기준

돌망태 옹벽의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다. 지진시 안전율은 지진하중을 고려하여 안정성을 검토하는 경우 적용한다.

표 12.1 돌망태 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	1.5	1.1	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
돌망태 옹벽 자체의 파괴		2.0	1.1	

12.4.3 내적안정해석(돌망태 자체의 안정해석)

돌망태 자체의 안정해석은 각 돌망태 높이에서 옹벽배면에서 작용하는 수평 토압보다 각 돌망태 층사이의 저항력이 커야 한다. 본체의 안정해석에서 사용하는 토압은 가상배면에 작용하는 주동토압을 사용한다.

12.4.4 돌망태 옹벽의 외적안정해석

(1) 돌망태 옹벽의 외적안정해석은 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행하며, 제10장 10.4 콘크리트 옹벽의 설계와 동일하게 수행한다.
  ① 활동에 대한 검토 : 제10장 10.4.3 활동 안정성 참조
  ② 전도에 대한 검토 : 제10장 10.4.5 전도 안정성 참조
  ③ 지지력에 대한 검토 : 제10장 10.4.6 지지력 검토 참조
  ④ 전체안정성에 대한 검토 : 제10장 10.4.7 전체안정성 참조

(2) 돌망태 옹벽의 자중은 돌망태 채움재에 사용하는 채움돌의 단위중량을 토대로 계산한다. 자중은 옹벽단면의 도심에 수직으로 작용하는 것으로 한다.

(3) 돌망태 옹벽에 작용하는 토압은 Coulomb 토압공식을 이용하여 계산하며, 옹벽 상부 끝점과 옹벽하부 끝점을 연결하는 가상배면의 1/3위치에 작용시킨다. 뒤채움 형태 또는 상재하중의 형태가 복잡한 경우에는 시행쐐기방법을 이용할 수 있다.

12.5 기타 고려사항

12.5.1 지진시 안정해석

돌망태 옹벽에 대한 지진시의 안정해석은 제10장 콘크리트 옹벽의 10.5 지진시 옹벽의 안정해석을 참조한다.

12.5.2 돌망태 옹벽의 배수시설

(1) 돌망태 옹벽은 옹벽자체가 배수성 구조물로서 일반적으로 별도의 배수시설을 필요로 하지 않는다.

(2) 옹벽배면으로부터 지하수 및 지표수가 유입되는 지형이거나 옹벽전면에서 옹벽방향으로 표면수가 유입되는 지형에서는 이를 처리하기 위한 암거 및 지표수 배수시설을 상황에 맞게 설치한다.

(3) 돌망태 옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다
  ① 돌망태 뒤채움 내부 배수시설
    - 뒤채움 내부의 수평배수층
    - 배수용 뒤채움재 및 암거
  ② 돌망태 외부에 배수시설
    - 옹벽배면 지표수 유입을 방지하기 위한 배수구

제 13 장 기대기 옹벽

13.1 적용범위

이 장은 부분적으로 불안정한 깎기비탈면 표면을 지지하기 위한 목적으로 콘크리트 벽체를 설치하여 지지시키는 기대기 옹벽의 설계에 적용한다.

13.2 설계일반사항

13.2.1 설계목표

(1) 기대기 옹벽은 소규모 비탈면 파괴에 대한 장기적인 안정성을 유지하여야 한다.
(2) 옹벽 자체의 균열이나 변형, 파괴가 발생하지 않아야 한다.

13.2.2 기대기 옹벽 적용기준

(1) 합벽식 옹벽에서 벽체두께는 최소 200㎜ 이상으로 하고, 철근으로 보강하는 경우 철근은 비탈면 표면과 50㎜ 이상 떨어지도록 한다.
(2) 계단식옹벽은 각 계단이 겹치는 너비는 총너비의 1/2 이상이어야 하고, 계단 전면부의 경사는 60~90° 범위로 한다. 한 계단의 높이는 시공성을 감안하여 0.5~1.5m로 하고, 계단의 최소 두께는 300㎜ 이상으로 한다.
(3) 비탈면과의 일체화를 위해 설치하는 고정핀은 기초부의 경우 500㎜ 이상, 비탈면에서는 300㎜ 이상 근입되도록 하고, 콘크리트 내부로는 150㎜ 이상 근입되도록 한다. 계단식옹벽에서는 각 단 사이에도 겹치는 부분의 중앙부에 고정핀을 설치한다.

13.3 기대기 옹벽 설계

13.3.1 검토항목

(1) 기대기 옹벽은 중력식 옹벽으로 간주하며, 작용하는 하중에 대하여 다음의 안정해석을 수행한다.
  ① 옹벽의 활동파괴
  ② 옹벽의 전도파괴
  ③ 기초의 지지력 파괴
  ④ 기대기 옹벽 자체의 파괴 (전단파괴, 모멘트파괴)
(2) 기대기 옹벽의 안정해석에 고려하는 하중은 크게 다음과 같다.
  ① 기대기 옹벽의 자중
  ② 예상파괴구간의 하중
  ③ 기대기 옹벽에 직접 작용하는 외력
(3) 기대기 옹벽의 자중은 콘크리트의 단위중량과 부피로 계산하며, 옹벽의 무게중심에 작용시킨다.
(4) 파괴쐐기의 하중은 파괴면과 나란한 방향으로 파괴쐐기의 높이 1/3높이에 위치시킨다.
(5) 파괴쐐기의 활동에 대한 안정성 검토 결과 안전율이 1.5이상 확보되면 옹벽에 대한 안정해석은 필요하지 않으며 최소기준으로 설치한다.

13.3.2 안전율 기준

기대기 옹벽의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 표 13.1과 같다.

표 13.1 기대기 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	비고
외적 안정	활 동 (sliding)	1.5	
	전 도 (overturning)	1.5	
	지지력 (bearing capacity)	2.5	
기대기 옹벽 자체의 파괴		2.0	

13.3.3 외적안정해석

(1) 활동에 대한 안정성은 기대기 옹벽을 강체로 간주하여 배면의 파괴쐐기에서 가해지는 수평하중을 기초의 수평저항력이 지지할 수 있어야 한다.

$$\frac{S_R}{S_D} \geq FS$$

여기서, S_R : 기초지반의 수평저항력

S_D : 옹벽에 가해지는 수평하중

(2) 전도에 대한 안정성은 기대기 옹벽을 강체로 간주하여 옹벽의 앞굽에서 모멘트를 취했을 때 활동모멘트보다 저항모멘트가 더 커야 한다.

$$\frac{M_R}{M_D} \geq FS$$

여기서, M_R : 옹벽의 자중에 의한 저항모멘트

M_D : 파괴쐐기에 의한 활동모멘트

(3) 지지력에 대한 안정성 검토는 옹벽자체의 하중과 파괴쐐기로부터 가해지는 하중에 대하여 안정하여야 한다.

$$\frac{q_u}{q_{\max}} \geq FS$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

$q_{\max}$: 최대 지반반력

13.3.4 내적안정해석(기대기 옹벽자체의 안정해석)

(1) 전단파괴에 대한 안정해석은 파괴쐐기의 수평하중성분에 대하여 벽체의 공칭전단저항력이 충분한지에 대하여 검토한다. 계단식 옹벽의 경우는 파괴쐐기에 가까운 구간에 대하여 계단사이의 수평저항력이 충분한지 검토한다.

$$\frac{V_n}{S_D} \geq FS$$

여기서, V_n : 벽체의 전단저항력 (계단식 옹벽의 경우 수평저항력)

S_D : 벽체에 발생하는 최대 전단력

(2) 모멘트에 대한 안정해석은 벽체에 작용하는 하중에 의해 벽체내부에 발생하는

최대모멘트가 벽체의 저항모멘트보다 작은지 검토한다.

$$\frac{M_n}{M_D} \geq FS$$

여기서, M_n : 벽체의 저항모멘트

M_D : 벽체에 발생하는 최대 모멘트

13.4 기대기 옹벽의 배수시설

(1) 기대기 옹벽은 옹벽배면으로부터 지하수가 유입되는 지형, 옹벽전면에 수위가 형성되는 지형에서는 옹벽배면에 물을 유도하기 위한 배수시설을 설치한다.

(2) 기대기 옹벽에 설치하는 배수시설은 다음과 같다.

① 배수구멍

② 수평배수공

③ 옹벽배면 토목섬유 배수재

제 14 장 돌(블록)쌓기 옹벽

14.1 적용범위

이 장은 비탈면 표면보호와 옹벽의 역할을 수행하는 돌(블록)쌓기 옹벽의 설계에 적용한다.

14.2 설계일반사항

14.2.1 설계목표

돌(블록)쌓기 옹벽은 소규모 옹벽으로서 토압을 견딜 수 있어야 하며, 옹벽자체의 파괴가 발생하지 않아야 한다.

14.2.2 돌(블록)쌓기 공법 적용기준

(1) 돌(블록)쌓기 공법은 표준선정도표를 제시하여 높이에 따른 돌(블록)쌓기 옹벽 규격을 선택하여 적용한다.

(2) 돌(블록)쌓기 옹벽은 비탈면 경사가 1:1.0보다 급하며(1:0.3~1:0.6) 배면지반이 다짐되어 토압이 작은 경우에 적용한다. 돌(블록)쌓기 옹벽의 한계 높이는 7m로 하며, 찰쌓기는 5m,, 메쌓기는 3m를 표준으로 한다.

(3) 표준 치수보다 높게 돌(블록)쌓기 옹벽을 설계하고자 하는 경우에는 중력식 옹벽으로 간주하고 옹벽과 동일하게 안정해석을 실시하여 필요한 뒤채움 콘크리트 두께와 기초의 크기를 결정한다.

14.2.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 기초

돌(블록)쌓기 옹벽의 기초는 뒤채움 콘크리트의 두께에 따라 콘크리트 직접기초 치수를 결정한다.

14.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 배수시설

(1) 찰쌓기 방식의 돌(블록)쌓기 옹벽은 배면의 지하수를 원활하게 배수시키기 위하여 뒤채움의 일정범위는 자갈질 뒤채움을 해야 하며, 세립분의 유출 위험이 있는 경우에는 비탈면 표면과 뒤채움 사이에 필터재료를 설치한다.

(2) 비탈면 배면으로부터 유입되는 지하수 또는 표면에서 유입되는 물을 배수시키기 위해 설치하는 배수시설은 다음과 같다.

① 옹벽 하단부에 배수구멍 설치(약 2㎡ 간격으로 1개씩 설치)

② 지하수위 저하를 위한 수평배수공

③ 옹벽상부에 표면수 유입을 방지하기 위한 콘크리트 피복 및 배수로

제 15 장 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

15.1 적용범위

이 장은 강우시 발생하는 비탈면 유실 및 세굴에 대한 안정성을 확보하기 위하여 비탈면 표면에 설치하는 격자블록공법 및 돌(블록)붙이기의 설계에 적용한다.

15.2 설계일반사항

15.2.1 설계목표

(1) 격자블록 구조물은 비탈면 표면의 유실 및 세굴을 방지하고 자체적으로 파괴가 발생하지 않아야 한다.

(2) 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 표면풍화 및 침식을 방지할 수 있어야 하며, 자체적으로 떨어지거나 틈이 발생하지 않도록 하여야 한다.

15.2.2 적용기준

(1) 격자블록공법은 비탈면 표면 침식과 유실을 방지하고, 격자블록 내부의 채움토, 흙부대, 석재 등을 안정하게 보호하는 것을 목적으로 한다. 원칙적으로 토압에 대해서는 저항할 수 없는 것으로 간주하며, 미끄러짐이나 붕괴 등의 위험성이 있는 비탈면에는 적합하지 않다. 일반적으로 격자블록공법을 적용하는 조건은 다음과 같다.

① 강우 시 표면수에 의해 침식되기 쉬운 지반조건의 비탈면

② 규모가 큰 쌓기, 깎기비탈면의 하부

③ 안정화된 비탈면이 부분적으로 용수가 있는 경우

④ 식생 도입이 곤란한 토질조건의 비탈면

(2) 격자블록공법은 자체구조의 안정성과 채움 재료의 이탈을 방지하기 위하여 적정 경사보다 급한 비탈면 경사에는 적용하지 않는 것이 바람직하다. 일반적으로 프리캐스트 격자블록의 경우 비탈면 경사도가 1:1.0보다 완만한 구간에 적용하고, 현장타설식 격자블록의 경우 비탈면 경사도가 1:0.8보다 완만한 경우에 적용한다.

(3) 격자블록공법을 연속적으로 적용하는 비탈면길이는 10m 미만으로 제한한다. 만약 격자블록의 연장이 10m 이상 되는 경우, 1m 이상 폭을 가진 소단을 설치하여 연속 시공되는 길이가 10m 미만이 되도록 한다. 현장타설 격자블록의 연속적인 시공 길이는 20m까지로 하며 부재의 안정해석을 반드시 수행한다.

(4) 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 경사도가 1:1.0보다 완만한 비탈면에서 점착력이 없는 사질토, 붕괴되기 쉬운 점성토질의 비탈면에 적용한다. 또한, 표면수에 의해 유실이나 세굴이 발생하기 쉬운 구간에 적용한다. 메붙이기는 수직높이 3m를 적용한계로 한다.

(5) 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 경사에 따라 표준치수 및 기초치수를 적용한다.

15.3 격자블록 설계

15.3.1 검토항목

(1) 격자블록의 안정해석은 자중과 채움재의 하중에 대하여 격자블록이 비탈면 표면에서 장기적으로 안정한지 검토하며, 격자블록 수평부재, 수직부재의 간격, 그리고 각 부재의 단면적을 결정한다.

(2) 프리캐스트 격자블록은 콘크리트나 강재, 철망 또는 플라스틱 등의 재질로 만들어지며, 현장에서 조립하여 시공한다. 이들 프리캐스트 격자블록공법에서 수평부재와 수직부재의 이음부는 단지 이음역할만 수행하며 구조적 강도를 지니지 않는 것으로 간주한다.

15.3.2 안정해석

(1) 격자블록의 안정해석은 ① 가로부재 검토, ② 최하단 세로부재 검토, ③ 기초의 활동과 지지력 검토를 포함한다.

(2) 가로부재 검토는 가로부재와 채움재 자중의 비탈면 방향 분력을 가로부재에 등분포로 작용시키고, 가로부재를 단순지지보로 간주하여 부재에 발생하는 모멘트와 전단력을 계산한 후 필요한 부재의 단면크기를 결정한다. 필요시에는 철근으로 보강한다. 비탈면 방향 분력을 계산할 때는 채움재와 비탈면표면 사이의 마찰저항력을 고려한다.

(3) 최하단 세로부재 검토는 상부 세로부재, 가로부재 그리고 채움재의 비탈면 방향 분력을 최하단 세로부재에 모두 작용시키고, 최하단 세로부재의 축방향력에 대하여 안정하도록 부재의 단면크기를 결정한다. 필요시에는 철근 보강한다.
(4) 기초의 검토는 최하단 세로부재에 발생하는 하중을 수평방향성분과 수직방향성분으로 분리하고 각각 활동 및 지지력에 대하여 안정하도록 기초의 크기를 결정한다.

15.4 기타 고려사항

15.4.1 격자블록의 속채움재

(1) 격자블록의 속채움은 비탈면 경사, 비탈면표면의 지반조건, 용수여부, 표면수의 유입여부를 고려하여 결정한다. 일반적으로 적용 가능한 채움재의 종류는 다음과 같다.
① 토사 채우기
② 흙포대 채우기
③ 식생기반재 뿜어붙이기
④ 돌 채우기
⑤ 블록 깔기
⑥ 콘크리트 뿜어붙이기
(2) 격자블록의 속채움재는 녹화공법을 적용하기 위한 채움재를 우선적으로 고려하며, 점토, 모래, 자갈 섞인 토사는 피하고 식물이 생육할 수 있는 흙을 다짐하여 채우거나 식생기반재 뿜어붙이기를 적용한다. 비탈면 표면에 용수가 있는 경우에는 돌(블록) 붙이기 등을 적용한다.

15.4.2 돌(블록)붙이기 공법의 배수시설

(1) 찰붙이기한 경우 배면의 지하수 배수를 양호하게 하기 위해 일정 두께를 자갈로 뒤채움을 하며, 세립분의 유출위험이 있는 경우에는 필터재료를 설치한다.
(2) 비탈면 배면으로부터 유입되는 지하수 또는 표면에서 유입되는 물을 배수시키기 위해 설치하는 배수시설은 다음과 같다.

① 옹벽 하단부에 배수구멍 설치 (약 2㎡ 간격으로 1개씩 설치)
② 지하수위 저하를 위한 수평배수공
③ 옹벽상부에 표면수 유입을 방지하기 위한 콘크리트 피복 및 배수로

제 16 장 콘크리트 뿜어붙이기

16.1 적용범위

이 장은 비탈면 표면을 보호하기 위한 콘크리트 뿜어붙이기 공법의 설계에 적용한다.

16.2 설계일반사항

16.2.1 설계목표

(1) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면 표면지반의 풍화와 암반 탈락을 방지하기 위하여 설치한다.
(2) 장기간의 기상변화에 충분한 내구성이 있도록 설계한다.

16.2.2 적용기준

(1) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면의 풍화 억제와 암반의 탈락을 막기 위해 적용하며, 일반적으로 적용하는 조건은 다음과 같다.
  ① 비탈면의 경사 및 지반조건에 따라 적용가능
  ② 용수가 없고 암반균열이 적은 곳에 적합
  ③ 넓은 면적에 암반의 탈락 및 소규모 붕락이 예상되는 곳
  ④ 급한 경사면에 요철이 심하고 바위가 돌출한 곳
  ⑤ 급한 경사면에 단층파쇄대의 풍화진행으로 움푹 패인구간
(2) 뿜어붙이기 공법은 기본적인 배수처리를 필요로 하며, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설과 병행하여 적용한다
(3) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면 붕괴를 방지하는 목적으로는 적당하지 않으며 필요시 비탈면 보강공법과 같이 적용할 수 있다.

16.3 콘크리트 뿜어붙이기 공법설계

16.3.1 검토사항

(1) 뿜어붙이기 공법은 크게 다음의 4가지로 나뉘며, 지반조건 및 특성에 맞게 적용한다.
  ① 흙시멘트 뿜어붙이기
  ② 모르타르 뿜어붙이기
  ③ 콘크리트 뿜어붙이기
  ④ 섬유보강콘크리트 뿜어붙이기
(2) 뿜어붙이기 공법의 검토는 지반조건, 경사, 기상조건, 용수상태 등을 검토하여 뿜어붙이기 두께, 철망 및 보강철근 설치 여부, 배수시설 설치를 결정한다.

16.3.2 두께 결정

(1) 뿜어붙이기 두께는 비탈면의 지반상태, 암질, 기상조건, 비탈면의 경사, 요철 정도 및 과거적용사례, 경험 등을 종합적으로 검토하여 결정할 수 있다.
(2) 뿜어붙이기 콘크리트는 보강재와 병행하여 구조적인 역할을 수행하는 경우는 별도 검토 후 강도를 결정하고 별도의 강도기준이 없는 경우 압축강도 18MPa 이상으로 한다.

16.3.3 철망과 배수시설

(1) 뿜어붙이기 공법은 양생시에 발생하는 균열을 방지하고 콘크리트의 박리를 방지하기 위하여 철망(wiremesh)과 철망을 고정시키기 위한 고정핀을 일정간격으로 설치한다. 비탈면 경사도가 1:0.5보다 급하고 지반조건이 불량한 경우에는 필요에 따라 철근으로 보강한다.
(2) 비탈면의 면적이 넓고 평평한 경우, 세로방향 줄눈을 약 20m 간격으로 설치한다.
(3) 콘크리트 뿜어붙이기 공법은 표면수의 처리를 위해 최소 10~20㎡당 1개 정도의 배수구멍을 설치한다. 하지만, 비탈면내의 지하수위가 높거나 용수가 예상되는

구간에서는 용수량에 따라 적절한 배수처리 방법을 고려하여야 한다. 특히, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설을 병행하여 적용한다.

(4) 뿜어붙이기 경계부인 비탈어깨부와 비탈끝부분은 강우의 침투방지와 침식방지를 고려하여야 한다.

제 17 장 비탈면 녹화

17.1 적용범위

(1) 이 장은 비탈면 표면을 풍화로부터 보호하고 친환경적으로 복원시키기 위한 비탈면 녹화공법의 설계에 적용한다.
(2) 비탈면의 녹화공법은 원칙적으로 안정성이 확보된 비탈면에 적용한다.
(3) 양호한 경암 혹은 풍화에 대한 내구성이 강한 연암으로 구성된 비탈면이나 경사 60°이상의 비탈면에는 비탈면 전문가의 자문을 통해 비탈면의 녹화가 반드시 필요하다고 판단되는 경우에만 선별하여 적용한다.

17.2 설계일반사항

17.2.1 설계목표

(1) 비탈면 녹화공법은 비탈면 표면을 단기적으로 안정화시켜 세굴 및 유실을 방지하며, 장기적으로 비탈면을 주변경관 및 식생환경과 어울리게 만들어 훼손된 환경이 복원될 수 있도록 하고 시각적 안정감을 주는데 그 목적이 있다.
(2) 비탈면의 녹화목표는 녹화지역과 생태자연도 등급에 따라 초본위주형, 초본·관목 혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등으로 구분한다.

17.2.2 녹화지역의 구분

녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경, 토질조건 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 해안일대와 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 내륙생태지역으로 구분한다.

17.2.3 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용

비탈면 복원목표는 생태자연도의 등급과 주변 생태계의 특성(생태자연도, 녹지자연도 등급)을 고려하여 적용한다.

17.2.4 적용기준

(1) 비탈면 보호공법으로서 식생이 부적합한 토질조건이나 표면이 불안정하여 녹화공법을 적용할 수 없을 경우에는 구조물에 의한 비탈면 보호공법을 적용한다.
(2) 식생이 부적절한 토질조건과 환경은 다음과 같으며, 이런 경우에는 구조물을 이용한 비탈면 표면보호공법과 병행하거나 녹화보조방법을 병행하여 적용할 수 있다.
① 산성토양으로서 식생의 생육이 적합하지 않은 토양
② 비탈면 표층부가 불안정하여 유실이 쉬운 토질조건
③ 비탈면 표층부의 경도가 높아 식물의 생육하지 못하는 토양
④ 연·경암 조건의 암반
⑤ 기상(기온, 강우, 일조량, 동결심도 등)이 취약한 곳
(3) 깎기비탈면이 장기적으로 안정하고 풍화 내구성이 강한 연암 또는 경암으로 이루어진 경우는 녹화공법을 적용하지 않을 수 있다.

17.3 녹화공법의 설계

17.3.1 일반사항

(1) 비탈면 녹화설계는 환경친화적이면서 비탈면의 안정성 유지, 토양 유실방지, 경관복원, 자연식생천이 유도, 이산화탄소 저감 등을 감안하여 적합한 녹화공법을 결정한다. 또한 설계 시 기본적으로 지역 환경에 대한 선행조사, 분석, 평가 등의 절차를 거쳐 녹화지역구분과 생태자연도의 등급에 따라 선정된 비탈면 복원목표를 효과적으로 달성할 수 있도록 녹화공법을 설계한다.
(2) 녹화공법이 선정된 다음에는 복원목표 달성을 위한 종자배합을 설계하고, 필요시 시험시공계획 및 모니터링계획, 유지관리계획을 수립하여 세부수량을 산출한다.

17.3.2 녹화공법 선정절차

녹화공법은 다음의 조사 결과를 토대로 비탈면의 조건과 식생의 적합성을 검토하여 합리적인 절차에 따라 선정한다.
① 목표로 하는 식물군락의 종류
② 비탈면 지반의 생육적합성(비탈면 경사, 토양 경도와 산습도 등 지반조건)

③ 시공시기
④ 유지관리의 정도 등

17.3.3 특수한 암질의 녹화공법 선정

산성배수를 유발하는 암이나 점토광물을 함유하여 swelling, slaking 현상을 유발하고 급속히 풍화가 진행되어 비탈면이 불안정하게 될 가능성이 있는 특수한 암질(이암, 셰일 등)인 경우에는 유사 사례를 조사, 분석하고 적정한 녹화공법을 선정하여야 하며 필요시 시험시공 등을 통하여 선정할 수 있다.

17.3.4 종자배합설계

녹화공법별 종자 배합은 주변환경을 고려하고, 녹화지역, 복원목표, 비탈면 토질(암질) 및 경사도에 따라 적합하게 설계한다.

17.3.5 종자배합설계 시 고려사항

종자의 배합비율은 계절, 토질(암질), 기후특성 등을 고려하여 정하며, 혼합한 후 종자가 골고루 살포되도록 하고, 주위 경관과 조화할 수 있도록 식물종을 배합하여 적용한다.

제 18 장 지표수 배수시설

18.1 적용범위

(1) 이 장은 비탈면 붕괴의 직접적인 원인이 되는 물을 비탈면 외부로 신속히 배수시키기 위해 설치하는 지표수 배수시설에 대하여 적용한다.
(2) 이 장에서 다루는 배수시설은 쌓기비탈면, 깎기비탈면에 공통적으로 적용할 수 있다.

18.2 지표수 배수시설의 종류

(1) 지표수 배수시설은 깎기비탈면, 쌓기비탈면 혹은 자연비탈면을 흘러내리는 물이나 비탈면에서 용출되는 지하수에 의한 비탈면의 침식이나 안정성 저하를 방지하기 위한 시설이다.
(2) 지표수 배수시설의 종류는 다음과 같은 것이 있다.
① 비탈어깨배수구
② 소단배수구
③ 비탈끝배수구
④ 종배수구
⑤ 산마루배수구 등

18.3 설계일반사항

18.3.1 설계목표

(1) 지표수 배수시설은 강우시 비탈면 표면 또는 비탈면이 포함되는 계곡부를 통해 유입되는 지표수를 신속하게 배수시킬 수 있도록 설계한다.
(2) 비탈면의 세굴 및 침식을 방지하기 위한 목적으로 사용할 수 있다.

18.3.2 적용기준

(1) 비탈면 지표수 배수시설은 비탈면의 지형조건, 지반조건, 지하수의 상태, 계곡부의 상태를 고려하여 지표수배수시설을 조합하여 설치한다.
(2) 대규모 쌓기비탈면에는 10m 높이마다, 대규모 깎기비탈면은 20m 높이마다 기본적으로 소단배수구를 설치하며, 비탈면 지반조건, 지반상태, 통수거리 등을 감안하여 소단배수구를 추가로 설치할 수 있다.
(3) 소단배수구의 연장이 100m를 초과하는 경우에는 종배수구를 설치하여 소단배수구에 흐르는 물을 신속히 배수시키며 필요에 따라 설치 간격을 조절할 수 있다.
(4) 쌓기비탈면의 상부에서 비탈면 표면으로 유입되는 지표수 유량이 많은 경우에는 비탈어깨배수구를 설치한다.
(5) 깎기비탈면에서 상부 자연비탈면에서 유입되는 지표수 유량이 예상되는 경우에는 산마루배수구를 설치한다.
(6) 깎기비탈면 상부가 계곡을 형성하여 토석이나 나뭇잎 등의 유입이 예상되는 구간에서는 배수로 내외지점에 유입방지를 위한 차폐시설을 계획한다.
(7) 부지가 계곡부를 가로지르는 경우는 쌓기토체 내부에 배수구를 설치하여 계곡에서 흐르는 물을 배수시킨다. 쌓기비탈면의 가운데 계곡부가 있는 경우는 계곡부를 흐르는 유량에 적합한 규격의 종배수구를 설치한다.
(8) 배수시설은 배수용량을 만족시키는 범위 내에서 장기적인 유지관리가 쉽고, 배수구 주변지반에 해로운 영향을 주지 않는 구조를 갖도록 단면을 설계한다. 기본적인 조건은 다음과 같다.
① 비탈면에 설치하는 배수구의 최소경사는 0.3%이상 확보한다.
② 기본적으로 소단배수구의 폭은 1~3m로 한다.
③ 급류가 발생하는 종배수구의 경사가 변화하는 곳에는 뚜껑을 설치한다.
④ 배수구의 연결부는 흐르는 물이 상호 간섭하지 않고 원활한 배수가 되는 구조를 갖도록 설계한다.

18.4 지표수 배수시설의 설계

18.4.1 배수 계획

(1) 비탈면 배수 계획은 비탈면 주변의 지형을 감안하여 유역면적, 표면을 흐르는 유량을 산정하여 배수시설의 위치, 단면크기, 배수방향, 배수 경사 등의 계획을 수립한다.

(2) 설계계획빈도는 10년을 원칙으로 하고 규격 및 설치간격을 정한다. 다만 산악지, 도심지, 도시계획구간 등에 형성되는 비탈면에 대해서는 설계계획빈도를 별도로 정할 수 있으며 지역, 지형, 지질, 산사태, 토석류 및 유송잡물, 국지성 집중호우 발생빈도 등의 특성을 고려하여야 한다. 또한, 강우침투 해석시 고려된 설계강우빈도와 상호 연계되어야 한다.

18.4.2 설계를 위한 조사

(1) 비탈면 배수시설을 계획·설계하기 위한 조사는 비탈면의 안정성을 해치는 지표수 및 지하수의 배수를 위한 시설을 합리적·기능적·경제적으로 행함과 동시에, 시공시 및 유지관리상 필요한 정보를 얻고자 할 때 실시한다.

(2) 비탈면 배수설계를 위한 조사 항목은 다음과 같다.

① 기상조사

② 주변지형조사

③ 비탈면의 토질 및 지하수조사

④ 기존 배수상태 및 체계 조사

18.4.3 산마루배수구와 비탈어깨배수구

(1) 산마루배수구와 비탈어깨배수구는 우수 및 용출수를 비탈면에 유입되지 않도록 하기 위한 시설이다.

(2) 유지관리가 쉬운 구조로 설계되어야 하며 배수구의 끝부분은 지형을 고려하여 물의 유입이 원활하도록 계획하여야 한다.

(3) 산마루배수구는 현장타설 콘크리트 배수구, 일반파기 배수구 및 콘크리트 배수관(L형, U형, V형) 등을 사용하며, 자연비탈면의 지표수가 쉽게 유입될 수 있도록 한다.

(4) 쌓기비탈면의 비탈어깨배수구는 콘크리트 배수관(L형, U형, V형)을 사용하며, 지표수가 쉽게 유입되도록 한다.

(5) 산마루배수구와 비탈어깨배수구는 지반과 밀착하도록 설계하여야 한다.

18.4.4 종배수구

(1) 종배수구는 쌓기비탈면의 비탈어깨배수구 또는 깎기비탈면의 산마루배수구와 소단배수구에서 비탈면 하부 배수시설로 지표수를 배수시키기 위해 비탈면을 따라 설치하는 배수시설이다.

(2) 종배수구는 현장타설 콘크리트, 철근콘크리트관, 돌쌓기 등을 사용한다.

(3) 종배수구의 경사가 변화하는 곳에는 뚜껑을 설치한다.

18.4.5 소단배수구

(1) 소단배수구는 비탈면에 흐르는 빗물이나 용출수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위해 설치하며 비탈면 규모가 작아 비탈면 침식의 위험성이 작다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

(2) 소단배수구 설계는 배수가 한쪽으로 원활하게 되도록 경사를 유지하여야 하며 비탈면 쪽으로 월류가 되지 않도록 하여야 한다.

18.4.6 비탈끝 배수구

(1) 쌓기비탈면에는 비탈끝배수구를 설치하여 비탈면에서 흘러나가는 물이 인근지역으로 흐르지 않도록 한다. 자연배수가 되는 경우는 설치하지 않을 수 있다.

(2) 깎기비탈면의 비탈끝배수구는 별도로 설치하지 않는다. 다만, 비탈면 용출수가 많은 장소 및 콘크리트 뿜어붙이기를 시공한 특수조건의 비탈면과 소단배수시설이 없는 대규모 비탈면은 비탈끝배수구를 검토한다.

(3) 비탈끝배수구와 종배수구가 만나는 지점에는 집수시설을 설치한다.

제 19 장 지하수 배수시설

19.1 적용범위

(1) 이 장은 비탈면 붕괴의 원인이 되는 지하수를 비탈면 외부로 신속히 배수시키기 위해 설치하는 지하수 배수시설에 대하여 적용한다.
(2) 이 장에서 다루는 배수시설은 쌓기비탈면, 깎기비탈면에 공통적으로 적용할 수 있다.

19.2 설계일반사항

19.2.1 설계목표

(1) 지하수 배수시설은 비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 지하수위를 저하시킴으로써 비탈면의 안정성을 높이는데 목적이 있다.
(2) 지하수 배수시설은 대상지반의 지반조건, 지하수위, 투수계수 등을 고려하여 지하수위를 안정적으로 배수시킬 수 있도록 배수시설의 위치, 수량, 규격 등을 결정한다.
(3) 비탈면의 세굴 및 침식을 방지하기 위한 목적으로 사용할 수 있다.

19.2.2 적용기준

(1) 비탈면 지하수 배수시설은 비탈면에서 예상되는 지하수위 및 용수, 안정성에 유해한 정도 등을 감안하여 경제적인 공법을 선정하여 설치한다.
(2) 쌓기토체가 침수될 우려가 있는 경우는 쌓기토체 내부 또는 하부에 수평배수층을 설치하고, 비탈끝에는 돌망태 배수공 등을 설치하여 침식되지 않도록 한다.
(3) 깎기・쌓기경계부에는 지하수 배수시설을 설치하여 깎기면으로부터 유입되는 지하수를 배수시킬 수 있도록 한다.
(4) 한쪽깎기・한쪽쌓기구간중 쌓기토체 내부에 지하수가 형성되는 경우, 쌓기토체 내부에 지하수 배수시설을 설치하여 침윤선이 비탈면 경사부에서 유출되지 않도록 한다.
(5) 깎기비탈면에서 지하수위와 수량을 고려한 수평배수공 설치를 검토한다.

(6) 지하수 배수시설에서 흘러나오는 지하수는 지표수 배수시설 또는 자연배수로로 연결되도록 한다.

19.2.3 지하수 배수시설의 종류

(1) 지하수 배수시설은 쌓기토체 내부로 유입되는 지하수, 깎기비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 비탈면의 안정성을 높이고자 설치한다.
(2) 지하수 배수시설의 종류는 다음과 같은 것들이 있다.
① 지하배수구(암거)
② 수평배수층
③ 돌망태 배수공
④ 수평배수공
⑤ 수직배수공(집수정) 등

19.3 지하수 배수시설의 설계

19.3.1 지하수 배수시설 계획

(1) 지하수 배수시설의 계획은 지하수위 및 용수량 등을 감안하여 배수유량을 산정하고 배수시설의 설치위치, 설치범위, 지표수 배수시설과의 연계방안 등을 고려하여 계획한다.
(2) 지하수 배수시설의 설계는 지반내의 지하수 분포와 지층별 투수특성을 고려한 해석을 수행하여 배수용량을 산정하고 적정 배수공법과 규격을 결정한다.
(3) 설계시에는 비탈면의 용수 및 누수에 대한 정확한 정보를 파악하기 어려우므로 개략적인 배수 형식, 위치 및 수량만을 결정하고, 최종 결정은 용수의 발생유무, 지형적 조건, 지반조건 등을 고려하여 시공 중에 결정한다.

19.3.2 지하수 배수시설 설계를 위한 조사

(1) 지하수 배수시설을 계획・설계를 위해서는 기상조사, 주변지형조사, 비탈면의 토질 및 지하수 조사, 기존 배수상태 및 배수체계 등을 조사하여야 한다.

(2) 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 비탈면에는 지하수위 관측을 위한 관정설치 및 투수시험 등을 실시하여 지하수 배수설계에 자료로 활용한다.

19.3.3 지하배수구(암거)

(1) 지하배수구는 지표로부터 비교적 얕은 위치에 분포하는 지하수 및 침투수를 배수시키기 위해 설치하며, 배수용 토목섬유, 유공관, 배수성 채움재료를 이용하여 주변지반의 지하수가 신속히 유입되는 구조를 갖도록 설계한다.

(2) 지하배수구는 쌓기 비탈면 내부, 쌓기와 깎기의 경계부, 옹벽의 배면, 구조물 하부 등에 적용할 수 있으며, 지하배수구의 유출구는 지표수배수시설 및 집수관 등에 연결시킨다.

(3) 집수량이 많고, 지하배수구의 연장이 긴 경우에는 집수시킨 지하수가 재침투하거나 구멍이 막히는 경우가 발생할 수 있으므로 20~30m 마다 집수구 등을 설치하여 지표의 수로공으로 유도하도록 설계한다.

19.3.4 수평배수층

(1) 수평배수층은 쌓기토체, 뒷채움 내부의 지하수위를 저하시키기 위하여 설치하며, 배수용 토목섬유, 배수성 채움재료, 유공관 등을 이용하여 주변지반의 지하수가 신속히 유입되고, 배수층 내부에서는 막힘없이 흐르는 구조를 갖도록 설계한다.

(2) 수평배수층은 쌓기토체 하부 또는 옹벽의 뒷채움, 보강토 옹벽의 뒷채움 내부 등에 적용할 수 있으며, 수평배수층의 유출구는 지표수배수시설, 지중배수구 및 집수관 등에 연결시켜 배수시킨다.

19.3.5 돌망태 배수공

(1) 돌망태 배수공은 침투압 또는 강우로 인한 표면유실을 방지하기 위하여 쌓기 비탈면의 비탈끝 또는 깎기비탈면에서 지하수가 유출되는 구간에 설치한다.

(2) 돌망태 배수공은 원형, 선형 등 다양한 형상으로 설치할 수 있다.

19.3.6 수평배수공

(1) 수평배수공은 지하배수구 등에 의한 지하수위 저하를 기대할 수 없는 경우나 비교적 깊은 지반내의 지하수를 배제하는 경우에 적용한다.

(2) 수평배수공은 안정해석에서 고려한 지하수위보다 수위를 낮출 수 있도록 충분한 길이와 수량을 설치하며, 사용하는 재료와 구조는 내부식성이 있거나 부식이 발생하지 않고 막힘이 없는 구조를 사용한다.

(3) 수평배수공의 유출구는 지표수 배수시설 등에 연계되어 배수될 수 있도록 지표수 배수시설의 위치를 고려하여 충분한 길이를 확보한다.

19.3.7 수직배수공(집수정)

(1) 수직배수공은 수평배수공과 함께 지하수위가 높은 구간에 설치하여 신속하게 지하수위를 저하시키기 위해 설치한다.

(2) 수직배수공은 지하수조사와 대수층 위치, 투수계수 등을 파악하고 이에 기초하여 수직배수공과 수평배수공의 배치계획을 수립한다.

(3) 수직배수공은 내부점검과 유지관리를 위한 시설 및 안전시설을 설치한다.

제 20 장 낙석방지망

20.1 적용범위

이 장은 비탈면에서의 낙석을 방지하기 위한 낙석방지망의 설계에 적용한다.

20.2 설계일반사항

(1) 낙석방지망은 낙석방지망을 구성하는 부재가 일체가 되어 낙석의 에너지를 흡수하는 것으로 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.

(2) 낙석방지망은 낙석에너지와 낙석방지망의 흡수가능에너지를 평가하고 이 두 에너지를 비교하여 낙석방지망의 흡수가능에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계한다.

20.3 낙석방지망의 설계

20.3.1 낙석에너지의 계산

(1) 낙석에너지는 낙석의 크기와 낙하높이, 그리고 비탈면의 경사 및 표면 상태를 고려하여 산정한다.

(2) 계산방법은 간편식을 이용하거나 프로그램을 활용하여 계산할 수 있다.

20.3.2 낙석방지망의 흡수가능에너지 평가

(1) 낙석방지망의 흡수가능에너지는 망을 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.

(2) 정확한 흡수가능에너지는 실물 시험을 통하여 낙석의 통과여부 또는 낙석방지망의 파괴여부로부터 흡수가능에너지를 평가할 수 있다.

제 21 장 낙석방지울타리

21.1 적용범위

이 장은 비탈면에서의 낙석을 방지하기 위한 낙석방지울타리의 설계에 적용한다.

21.2 설계일반사항

(1) 낙석방지울타리는 낙석방지울타리를 구성하는 부재가 일체가 되어 낙석의 에너지를 흡수하는 것으로 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.

(2) 낙석방지울타리는 울타리 설치위치에서의 낙석에너지와 낙석방지울타리의 흡수가능에너지를 계산하고 이 두 에너지를 비교하여 낙석방지울타리의 흡수가능에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계한다.

(3) 낙석방지울타리의 하부를 지지하기 위한 기초는 콘크리트 옹벽 등을 사용할 수 있으며, 낙석방지울타리가 낙석에너지를 흡수할 수 있도록 충분히 안정하도록 설계한다.

(4) 낙석방지울타리의 설계 시에는 낙석의 중량, 속도, 최대도약높이, 지지지반의 강도 등을 검토하여야 한다.

21.3 낙석방지울타리 설계

21.3.1 낙석에너지의 계산

(1) 낙석에너지는 낙석의 크기와 낙석예상높이, 그리고 비탈면의 경사 및 표면 상태를 고려하여 산정한다.

(2) 계산방법은 간편식을 이용하거나 프로그램을 활용하여 계산할 수 있다.

21.3.2 낙석방지울타리의 흡수가능에너지의 평가

(1) 낙석방지울타리의 흡수가능에너지는 낙석방지울타리를 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.

(2) 정확한 흡수가능에너지를 평가하기 위하여 실물 성능평가시험을 실시하고 그 결과를 설계에 이용하여야 한다. 단, 공인시험기관의 시험 등을 통해 사전에 검증된 형식의 경우에는 성능평가시험을 생략할 수 있다.

21.3.3 낙석방지울타리의 높이

낙석방지울타리의 높이는 낙석이 튀는 높이와 비탈면의 경사도에 의해 결정할 수 있다.

21.3.4 낙석방지울타리의 이격거리

낙하하는 낙석의 튀는 높이가 낙석방지울타리의 높이보다 높을 경우나 낙석에너지가 울타리의 흡수가능에너지보다 클 경우 낙석방지울타리의 이격거리를 적절하게 조절함으로써 낙석방지울타리의 기능을 증대시킬 수 있다.

21.3.5 낙석방지울타리의 지지

낙석방지울타리의 지지는 낙석방지울타리의 하부를 고정시켜 낙석방지울타리에 가해지는 낙석에너지에 대하여 낙석방지울타리가 충분히 흡수할 수 있도록 하여야 한다.

제 22 장 낙석방지옹벽

22.1 적용범위

이 장은 비탈면에서의 발생하는 낙석을 방어하기 위한 낙석방지옹벽의 설계에 적용한다.

22.2 설계일반사항

(1) 낙석방지옹벽의 방호기능은 낙석이 가진 운동에너지를 옹벽본체 및 지지지반의 변형에너지로 전환하여 흡수하는 방법으로 낙석을 정지시킨다.

(2) 낙석방지옹벽의 설계 시에는 낙석의 중량, 속도, 최대도약높이, 지지지반의 강도 및 지형, 지질 등을 고려하여 옹벽의 활동, 전도에 대한 안정 및 단면의 강도에 대해서 검토하여야 한다.

22.2.1 낙석충돌시의 외력 산정

옹벽을 탄성지반에 의해 지지되는 강체로 가정하여, 낙석의 충돌에 의해 낙석이 가지는 운동 에너지가 지반의 탄성에너지와 동일하게 될 때까지 옹벽이 수평변위 및 회전을 일으키는 것으로 한다. 이 변위 및 회전에 의해 지반이 받는 수평력과 모멘트를 안정계산에 이용한다.

22.2.2 옹벽의 안정

옹벽의 안정계산은 다음의 검토를 시행한다.

(1) 활동(연직, 수평) 검토

(2) 전도 검토

(3) 낙석시 검토

(4) 지지력 검토

22.2.3 옹벽 본체 설계

옹벽 본체는 낙석의 충격력 및 퇴적 토압에 대하여 각 부재의 응력을 산정하고 안전성을 검토하여야 한다.

제 23 장 피암터널

23.1 적용범위

(1) 이 장은 비탈면에서의 낙석, 토사나 암반붕괴로 인한 피해를 줄이기 위한 피암터널의 설계에 적용한다.
(2) 이 장에서 상세하게 규정하지 않은 세부 사항들은 관련 설계기준을 참조한다.

23.2 설계일반사항

23.2.1 피암터널의 목적

피암터널은 낙석이 발생하기 쉬운 비탈면에서 낙석의 규모가 매우 커서 일반적인 낙석방지시설로 방어하지 못하는 경우에 설치하여 도로, 철도시설물, 보행자 등을 보호하는데 목적이 있다.

23.2.2 피암터널의 계획

(1) 피암터널은 도로 및 철도 시설물 등의 상부에 구조물을 설치하여 낙석, 토사 및 암반 붕괴로부터 방호하는 시설로서 노선 및 선로 등의 측면에 여유가 없고 낙석 등의 발생이 빈번하여 공용성 확보를 위한 별도의 보호조치가 필요한 급경사 비탈면에 설치한다.
(2) 피암터널 단독으로 낙석을 막을 수 없는 경우에는 기타 낙석대책공법과 병용하여 설치한다.

23.2.3 하중 조합

피암터널의 설계에서 고려하는 하중은 충격력, 고정하중 및 토압, 설하중, 온도변화 및 건조수축 영향, 지진 등이 있다.

23.2.4 충격력 산정

(1) 피암터널에 작용하는 충격력의 산정은 낙석이 터널 상부구조 바로 위에 떨어지는 경우와 측벽에서 5m이내에 떨어지는 경우로 구분하여 산정한다.
(2) 상부구조 바로 위에 떨어지는 경우는 모래완충재가 있는 상태로 가정하여 충격력 값을 산정한다. 낙석이 피암터널 측벽에서 5m 이내에 낙하하는 경우 측벽에 작용하는 충격토압의 산정 시는 탄성이론으로 계산된 토압을 사용한다.

23.2.5 낙석의 낙하높이

낙석의 낙하높이는, 자유 낙하하는 경우에는 낙차 H를 그대로 적용하고, 경사면을 따라 낙하하는 낙석의 낙하높이는 환산하여 적용한다. 또 비탈면의 경사가 도중에 크게 변하는 경우에는 비탈면을 세분하고, 각 비탈면별로 환산 낙하 높이를 환산하여, 그 누계를 비탈면 전체의 환산 낙하높이로 한다.

23.2.6 완충재

피암터널에는 낙석충격을 완화하고 분산시키기 위하여 완충재를 설치한다.

23.2.7 낙석에 의한 충격력의 작용 면적

낙석에 의한 충격하중 작용면적은, 낙석을 완충재의 층의 표층에 점재하시키고 45° 범위에 분산하는 것으로 하고 그 범위에 등분포 하중이 작용하는 것으로 계산한다.

23.2.8 충격력의 작용 방향

낙석 하중의 작용 방향이 경사진 경우에는 충돌각도에 대한 보정을 시행한다.

23.2.9 피암터널의 단면 결정

(1) 피암터널의 구조와 단면 결정은 충격완화를 위한 모래층의 하중과 예상되는 낙석에 의한 충격하중을 고려하여 구조 검토를 통해 결정한다.

(2) 부재의 구조적인 설계는 콘크리트 피암터널인 경우에는 콘크리트 구조설계기준을 참조하고, 강재 피암터널의 경우에는 관련 구조 설계기준을 참조한다.

23.3 피암터널의 설계

(1) 피암터널의 설계는 피암터널이 설치되는 지반의 안정검토와 피암터널 자체의 구조적인 안정검토를 포함한다.

(2) 피암터널의 안정검토는 설치되는 지형과 지반조건에 따라 기초지반의 지지력과 침하, 횡방향 활동 그리고 경사진 지반을 깎아서 피암터널을 설치하는 경우는 전체적인 외적 안정검토를 실시한다.

(3) 피암터널 자체의 구조적인 안정검토에서는 낙석조사를 통하여 설계를 위한 낙석의 규모 및 낙하높이, 피암터널 상부의 충격완화구조를 고려하여 구조물에 예상되는 충격하중을 산정한다. 충격하중을 고려하여 피암터널 단면에 대한 구조해석을 실시하고 부재를 설계한다.

제 24 장 토석류 대책시설

24.1 적용범위

이 장은 토석류로 인한 시설물의 피해를 방지 또는 저감시키기 위한 대책의 설계에 적용한다.

24.2 설계일반사항

24.2.1 토석류 대책시설의 목표

토석류 대책시설의 목표는 토석류로 인해 시설물에 발생 가능한 피해를 방지 또는 저감하는데 있다.

24.2.2 토석류 대책시설의 계획

(1) 범위

① 대책시설의 계획은 토석류가 발생하여 피해가 예상되는 시설물의 인근에 대해서 수립하며, 토석류 가능성과 시설물의 피해가능성을 고려하여 합리적이고 효과적인 대책이 되도록 한다.

② 대책시설 계획은 대상 지역의 지형, 지질, 수리 및 수문특성에 대한 조사를 토대로, 토석류 발생특성, 대책시설의 적용 용이성, 효과, 그리고 향후 유지관리의 용이성, 친환경성 등을 종합적으로 고려한다.

(2) 계획의 기준지점

① 계획의 기준지점은 토석류로 인해 피해가 예상되는 시설물의 인근에 대해서 대책시설의 기능 목표에 따른 효과가 최대로 발휘되는 지점으로 한다.

② 계획의 기준지점을 결정할 때는 토석류의 특성(시작-이동-퇴적)을 고려하여야 한다.

③ 다양한 대책시설을 적용하거나 여러 단계로 적용하는 경우에는 기준지점을 여러 구간으로 설정할 수 있으며, 이 때는 각 위치에서의 토석류 특성을 고려한다.

24.2.3 토석류 대책시설의 결정

(1) 대책시설의 설계목표

① 대책시설의 설계목표는 토석류 발생억제, 토석류 흐름완화 및 제어, 토석류 퇴적 및 유도 등으로 한다.

② 토석류의 특성은 강우에 크게 의존하므로 지역적인 강우기록을 토대로 적절한 설계계획빈도를 설정한 후 설계목표를 결정한다.

(2) 대책시설 결정시 고려사항

① 토석류 대책시설 결정시에는 다음 사항을 고려한다.

- 보호하고자 하는 시설물의 중요도, 토석류가 이동하는 경로와 시설물의 상대적인 위치관계
- 토석류의 규모, 흐름특성, 구성재료 등
- 단독 또는 다중 구조물의 적용여부
- 적용위치에서의 시공성, 유지관리 용이성

24.3 토석류 대책시설의 설계

24.3.1 조사

(1) 조사일반사항

① 토석류 조사는 토석류의 발생 가능성 판단, 토석류 발생가능 규모의 산정, 대책의 필요여부 결정, 상황에 맞는 대책시설의 선정과 구체적인 설계를 위해 수행한다.

② 토석류 조사는 사전에 조사목표와 조사항목 및 방법, 수량을 결정하고 현지 상황을 충분히 파악할 수 있도록 조사계획을 수립하여 실시한다.

③ 토석류 조사는 예비조사와 상세조사로 구분한다.

(2) 조사의 종류

① 예비조사는 사업대상지역의 토석류 발생가능성 예측, 현장 상황 파악 및 상세조사 계획을 수립하기 위하여 실시하는 조사이다.

② 예비조사에서는 대상지역의 과거 재해자료, 지형도, 지질도, 항공사진, 기상자료, 대상지역 주변의 공사기록 등을 수집하고, 필요한 경우 현장답사를 실시한다.

③ 상세조사는 예비조사에서 토석류 발생가능성이 있는 것으로 판단된 지역에 대하여 실시한다.

④ 상세조사는 사전에 조사목표, 조사항목, 조사방법, 현장시험 및 시료채취, 조사인원, 조사공구 등을 포함한 조사계획을 수립하여 실시한다.

⑤ 상세조사시 토석류 기발생구간에 대한 조사는 토석류 발생특성을 분석하고 추가적인 토석류 발생가능성을 확인하기 위하여 수행한다.

(3) 조사결과의 정리

① 조사단계별로 수행한 내용은 조사목표에 따라 일목요연하게 정리하여 보고서로 작성한다.

② 예비조사결과는 조사대상구간의 현황을 파악할 수 있도록 도면화하여 정리하고, 상세조사결과는 조사경로와 각 위치별 조사내용을 확인할 수 있도록 정리한다.

24.3.2 토석류 대책시설의 종류

토석류 대책시설은 발생억제시설, 흐름완화 및 제어시설, 퇴적 및 유도시설로 나눌 수 있다.

① 발생억제시설 : 계곡막이 등

② 흐름완화 및 제어시설 : 사방댐, 토석류 포획망, 유로보강시설 등

③ 퇴적 및 유도시설 : 퇴적지, 토석류 흐름 유도를 위한 제방 등

24.3.3 토석류 대책시설의 설계

(1)설계인자의 결정

① 토석류 대책시설의 설계인자는 시설의 종류, 규모, 배치, 설계조건을 결정하는데 사용할 수 있다.

② 대책시설 설계시 고려하여야 하는 인자는 최대토석부피, 토석류 첨두유량, 토석류 충격력, 토석류 단위중량, 유속, 수심, 퇴적경사 등이다.

(2) 대책시설의 설계

① 토석류 발생억제시설 중 계곡막이는 경사완화 구간의 범위, 단수, 단의 높이, 단의

경사, 길이 등을 검토한다.

② 토석류 흐름완화 및 제어시설은 설치위치의 토석류 특성을 고려하여 대책시설의 종류, 규모, 구조적 안정성 등을 검토한다.

③ 토석류 퇴적 및 유도시설은 퇴적부 경사, 저사 용량, 수로 단면의 규모 및 안정성 등을 검토한다.

제 25 장 비탈면 내진설계기준

25.1 적용범위

(1) 이 장은 신설되는 비탈면의 내진설계에 적용한다.

(2) 이 장의 목적은 지진에 의해 비탈면에서 발생 가능한 파괴와 그로 인해 주변 구조물에 발생하는 피해 및 경제적 손실을 최소화시키기 위해 필요한 최소한의 내진설계 요구조건을 규정하는데 있다.

25.2 설계 일반

(1) 이 설계기준은 건설교통부의 내진설계기준연구(II)(1997.12)에서 제시된 내진설계 성능기준을 바탕으로 하고, 국내외에서 비탈면의 지진시 안정해석을 위해 사용하는 방법을 바탕으로 기존의 설계기준의 체계에 맞도록 제정되었다.

(2) 이 장의 목적은 지진에 의해 비탈면에서 발생 가능한 파괴와 그로 인해 주변 구조물에 발생하는 피해 및 경제적 손실을 최소화시키기 위해 필요한 최소한의 내진설계 요구조건을 규정하는데 있다.

(3) 비탈면의 내진설계는 간편해석법으로 유사정적해석과 Newmark방법을 적용하고 상세해석방법으로 동적해석방법을 적용한다.

25.3 비탈면의 내진등급 및 성능목표

25.3.1 비탈면의 내진등급

(1) 비탈면의 내진등급은 상위개념 내진설계기준을 준용하여 비탈면이 속해 있는 주구조물의 내진등급에 따라 I등급, II등급으로 구분한다.

① 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 경우에는 비탈면의 내진등급은 주구조물의 내진등급을 적용한다.

② 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치지는 않지만, 주구조물의 기능 또는 정상적 운영상에 상당한 영향을 미치는 경우에는 주구조물 보다 한 등급 아래의 내진등급을 적용한다.

③ 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 주구조물의 정상적인 운영이 가능한 상태에서 비탈면의 복구가 가능한 경우에는 내진설계 여부를 발주자와 협의하여 결정한다.

(2) 비탈면의 붕괴로 인하여 비탈면 상부 또는 하부의 영향 범위 내에 주구조물이 없어 영향을 받지 않는 경우는 비탈면 내진설계를 적용하지 않는다.

25.3.2 내진성능목표

(1) 비탈면의 내진성능수준은 붕괴방지수준으로 한다.

(2) 붕괴방지수준은 비탈면에 인장균열, 부분적 탈락, 배부름 등의 파괴징조는 나타나지만, 이로 인하여 주구조물의 구조적 성능과 기능적인 역할에 피해를 유발시키지 않는 성능수준이다.

(3) 비탈면은 표 25.1에 규정한 평균재현주기를 갖는 설계지반운동에 대하여 성능수준을 만족할 수 있도록 설계한다.

표 25.1 설계지반운동 수준

내진등급 / 성능목표	특등급	I등급	II등급
붕괴방지수준	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

25.4 설계 지반운동의 결정

25.4.1 지반가속도계수(A) 결정

(1) 지반가속도계수(A)는 지진구역계수를 이용하는 방법과 지진재해도를 이용하는 방법을 사용할 수 있다

① 지진구역계수를 이용하는 방법 : 비탈면의 지역적 위치에 따른 지진구역계수와 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기를 고려한 위험도계수를 곱하여 산정한다.

② 지진재해도를 이용하는 방법 : 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기와 재현주기별 지진재해도를 참조하여 구한다.

(2) 지진구역계수 및 지진재해도에서의 지반가속도계수(A)는 보통암 노두를 기준으로 평가하므로, 지표면에서의 지반가속도계수(A)는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다. 깎기 비탈면의 경우 보통암 상태의 노두가 노출되는 경우에는 지진재해도 및 지진구역계수에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 직접적으로 이용할 수 있다.

25.4.2 내진설계를 위한 조사

내진설계를 위한 지반조사는 크게 대상부지의 지진응답특성 평가, 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가로 나뉘며 각각의 평가를 위해 필요한 정보를 획득하기 위해서 다음 기준에 따라 지반조사를 실시한다.

① 대상부지의 지진응답특성평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
- 시추조사 : 지층의 구성, 지하수위, 실내시험 용 시료채취 등
- 현장시험 : 각 지층의 탄성파전파특성을 얻을 수 있는 현장시험
- 실내시험 : 각 지층별 물성시험 및 역학시험, 다양한 변형율 상태에서의 동적물성치를 획득하기 위한 실내시험

② 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
- 현장시험 : 지반의 지층별 전단강도와 강성을 추정할 수 있는 시험(표준관입시험, 콘관입시험, 탄성파시험 등)
- 실내시험 : 다양한 지진동을 모사하여 변형율 크기별 변형계수와 감쇠특성을 얻을 수 있는 시험(진동삼축시험, 단순전단시험 등)
- 모형시험 : 진동대 시험, 원심모형시험 등

25.5 비탈면 내진설계

25.5.1 설계일반사항

(1) 비탈면이 속한 주구조물이 활성단층이 지나가는 지역, 활성단층 인접지역, 지진시 액상화 또는 과다한 침하가 예상되는 지역에 있고 비탈면에도 그 영향이 있는 경우에는 지반을 보강 또는 개량하여 비탈면의 붕괴가능성을 감소시켜야 한다.
(2) 비탈면의 내진설계는 설계 지반가속도에 대하여 내진성능수준을 만족시키도록 설계하여야 한다.
(3) 비탈면의 내진설계는 다음의 항목에 대하여 검토한다.
① 비탈면 기초지반의 액상화 가능성
② 비탈면 자체의 활동에 대한 안정성

25.5.2 내진설계절차

(1) 비탈면의 내진설계는 비탈면과 비탈면 하부 기초지반의 지반조건에 따라 우선적으로 액상화 발생가능성을 검토하고 비탈면 안정성 검토를 수행한다.
(2) 액상화 및 지진하중을 고려한 비탈면의 활동에 대한 기준안전율은 다음과 같다.

표 25.2 내진설계시 적용하는 기준안전율

구 분		기준안전율	참 조
액상화	간편법	FS > 1.5	- FS > 1.5 인 경우는 액상화에 대해 안전 - FS < 1.5 인 경우는 액상화 상세검토 수행
	상세검토	FS > 1.0	- 진동삼축압축시험 결과 이용하여 검토
지진시 안정해석		FS > 1.1	- 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 - 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

25.5.3 액상화 검토

비탈면 기초지반의 액상화에 대한 검토는 표준관입시험의 N값을 이용한 수정 Seed와 Idriss의 간편법을 이용하여 수행한다.

25.5.4 지진시 비탈면 안정해석

(1) 지진시 비탈면의 안정해석방법은 유사정적해석방법, Newmark방법 그리고 동적해석을 수행하여 구할 수 있다.

(2) 유사정적해석은 한계평형해석에서 파괴토체의 중심에 지진계수를 적용한 등가의 지진관성력을 수평방향으로 작용시키고 정적인 방법과 동일한 방법으로 해석을 수행한다.

(3) 안정해석에서 기준안전율을 확보하지 못하는 경우 Newmark의 변위해석법을 추가로 수행한다. 허용변위기준은 비탈어깨에서 비탈면높이의 1% 변위이내로 한다.

(4) 동적해석은 유한요소해석 또는 유한차분해석 프로그램을 이용하여 수행하며, 입력하중은 기반암에서의 가속도 시간이력을 이용한다.

참 고 문 헌

01. 건설교통부 (2000), 도로 안전시설 설치 및 관리지침(낙석방지시설편)
02. 건설교통부 (2002), 자연 친화적 하천관리 지침
03. 건설교통부 (2003), 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침
04. 건설교통부 (2005), 도로 설계기준
05. 건설교통부 (2005), 도로절토사면유지관리시스템(CSMS) 개발 및 운용연구보고서
06. 건설교통부 (2006), 건설공사 비탈면 설계기준
07. 건설교통부 (2007), 수행 예방을 위한 산악지 도로설계 매뉴얼
08. 국토해양부 (2006), 콘크리트구조 설계기준
09. 국토해양부 (2008), 구조물기초 설계기준
10. 국토해양부 (2008), 구조물기초 설계기준
11. 국토해양부 (2009), 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침
12. 국토해양부 (2010), 보강토 옹벽 설계·시공 및 유지관리 잠정지침
13. 그라운드앵커기술협회 (1992), 그라운드앵커 공법
14. 산림청 (2010), 사방사업의 설계・시공 세부기준
15. 산림청, 사방기술교본
16. 상지대학교(2010), 낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대신기술개발 연구보고서
17. 한국도로공사(2007), 고속도로 건설공사 보강토옹벽 설계기준
18. 한국도로공사(2007), 고속도로 절성토사면의 환경녹화기준 설정 연구
19. 한국도로공사(2007), 고속도로 취약사면 상시계측 체계 구축 연구보고서
20. 한국도로공사(2007), 고속도로 토석류 피해저감을 위한 대책방안 연구보고서
21. 한국도로공사(2009), 토석류 가능구간 위험평가 및 등급화 방법 연구보고서
22. (사)한국수자원학회 (2009), 하천설계기준·해설
23. 한국시설안전공단 (2009), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)
24. 한국시설안전공단 (2011), 그라운드 앵커 설계·시공 및 유지관리 매뉴얼
25. 한국시설안전공단 (2011), 토석류 재해저감을 위한 시설기준 및 제도개선 연구보고서
26. 한국시설안전기술공단(2002), 도로위험 절개면 조사 및 대책제시 연구보고서
27. 한국시설안전기술공단(2005), 건설공사 비탈면 설계, 시공 및 유지관리에 관한 연구보고서
28. 한국시설안전기술공단(2005), 낙석방지울타리 낙석지지능력 평가방안 수립 및 성능 개선
29. 기술개발 연구보고서
30. 한국시설안전기술공단(2006), 사면재해저감 및 안전관리를 위한 연구보고서

31. (사)한국조경학회 (2007), 조경 설계기준
32. (사)한국지반공학회 (2009), 구조물기초설계기준 해설
33. (사)한국지반공학회 (2010), 사면안정
34. (사)한국콘크리트학회 (2009), 콘크리트표준시방서 해설
35. 한국철도시설공단 (2011), 철도 설계기준(노반편)
36. 建設省 (1997), 建設省河川砂防技術基準(案)同解說
37. 國土交通省 (2007), 砂防基本計劃策定指針
38. 國土交通省 (2008), 地すべり防止技術指針
39. 國土技術政策綜合研究所 (2007), 土石流·流木對策設計技術指針
40. 砂防·山沙汰技術協會 (1980), 土石流災害調査法
41. (社)日本アンカー協會 (2008), グラウンドアンカー維特管理 マニュアル
42. 日本道路協會 (2010), 道路土工-盛土工指針 平成22年度版 (2010)
43. 日本道路協會 (2000), 落石對策便覽
44. 理工図書 (2002), 落石對策工設計マニュアル
45. GEO, CEDD (2000), Guide to retaining wall design
46. GEO, CEDD (2000), Guide to rock and soil descriptions
46. GEO, CEDD (2003), Guide to slope maintenance
47. GEO, CEDD (2008), Guide to soil nail design and construction
48. FHWA (2001), Mechanically stabilitzed earth walls and reinforced soil slopes design and construction guidelines

연 구 진

*** 총괄연구책임자** : 장 범 수(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 유지관리그룹장)

*** 주관 연구 기관** : 한 재 희(한국시설안전공단, 기술본부, 본부장)
류 근 준(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 연구소장)
방 돈 석(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 기술표준화그룹장)
신 주 열(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선진화그룹장)
오 광 진(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 수석연구원)
박 광 순(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 수석연구원)
김 용 수(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 책임연구원)
이 태 형(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선임연구원)
이 종 건(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선임연구원) 외

*** 위탁 연구 수행** : 백 용(한국건설기술연구원, 연구위원)
김 동 규(한국건설기술연구원, 연구위원)
신 휴 성(한국건설기술연구원, 연구위원)
이 성 원(한국건설기술연구원, 연구위원)
이 광 우(한국건설기술연구원, 수석연구원)
김 진 환(한국건설기술연구원, 전임연구원)
권 오 일(한국건설기술연구원, 전임연구원) 외

참 여 진

▣ 국토해양부

기술안전정책관 김 진 숙
기술기준과장 이 용 욱
사 무 관 윤 치 영
담 당 김 종 현

▣ 중앙건설기술심의위원회 심의위원

곽 동 주 한국도로공사, 지사장
김 재 권 경기철도주식회사, 사장
배 수 호 안동대학교, 교수
이 승 원 경복대학, 교수
한 명 식 태조Eng. 대표이사
김 상 환 호서대학교, 교수
남 열 우 신성엔지니어링, 부사장
안 영 기 한국건설품질연구원, 대표이사
정 병 률 서현기술단, 부사장

▣ 자문위원

제1장 총칙	김기석	희송지오텍	대표이사
제2장 설계일반	김낙영	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원
	노병돈	삼성물산	부장
제3장 지반조사	김종훈	희송지오텍	이사
제4장 쌓기비탈면	김종민	세종대학교	교수
	송평현	세일지오텍	대표이사
제5장 깎기비탈면	황영철	(주)유신	상무
제6장 앵커	김범주	동국대학교	교수
제7장 네일	최경집	지오텍코리아	이사
제8장 록볼트	남흥기	코리아에스이	대표이사
제9장 억지말뚝	박부성	쌍용건설	부장
제10장 콘크리트옹벽 제11장 보강토 옹벽	박종배	한국토지주택공사	책임연구원
제12장 돌망태 옹벽 제13장 기대기 옹벽	김상균	청석엔지니어링	이사
제14장 돌쌓기 옹벽	박종호	평화지오텍	대표이사
제15장 격자블록 및 돌(블록)붙이기	윤동덕	GS건설	부장
제16장 콘크리트 뿜어붙이기	강인규	브니엘컨설턴트	대표이사
제17장 비탈면 녹화	전기성	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원
	우상백	평화지오텍	전무
제18장 지표수 배수시설	유병옥	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원
제19장 지하수 배수시설	정찬규	도화엔지니어링	상무
제20장 낙석방지망	황영철	상지대학교	교수
제21장 낙석방지울타리	박상옥	신우엔지니어링	이사
제22장 낙석방지옹벽	김현기	한국철도기술연구원	책임연구원
제23장 피암터널	이홍규	두산건설	부장
제24장 토석류 대책시설	채병곤	한국지질자원연구원	책임연구원
	윤찬영	강릉원주대학교	교수
	최승일	지오브르그코리아	이사
	김경석	한국도로공사 도로교통연구원	수석연구원
제25장 비탈면 내진설계기준	박두희	한양대학교	교수

◈ 아름다운 나라, 행복한 미래를 만드는 국토해양부 ◈

국토해양부 부조리신고센터

국토해양부 공무원의 비위행위 또는 부실공사 현장을 알게 된 경우 지체없이 아래 방법으로 신고하여 주시기 바랍니다.

- **인터넷 신고 : 국토해양부 홈페이지(www.mltm.go.kr) 부조리신고센터**
- **우편신고 : 경기도 과천시 관문로 88번지 국토해양부 감찰팀**
- **전화상담 : ☎ 02) 2110-8045 FAX : 02)504-9146**